

## *Лабораторная работа №7*

# **Выделительная и нервная системы**

**Цель занятия:** *изучить строение нервной и выделительной систем насекомых.*

### **Задание:**

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Составить схему выделительной системы.
3. Зарисовать строение мальпигиевых сосудов и схему эндокринной системы насекомых.
4. Зарисовать строение стоматогастрического отдела симпатической нервной системы насекомых.

## **Выделительная система**

**Выделительная система** насекомых выделяет наружу или внутрь тела насекомого разнообразные вещества. В зависимости от функций выделительная система подразделяется на экскреторную и секреторную системы.

**Экскреторная система** обеспечивает относительное биохимическое постоянство в организме, выводя из него вредные или бесполезные вещества, образующиеся в процессе метаболизма. Часть веществ (углекислый газ) выводятся через покровы тела и стенки трахей, часть (азотсодержащие метаболиты) накапливаются в уратных клетках жирового тела и нефроцитах, большая часть токсичных веществ выводится с помощью специализированных органов – *мальпигиевых сосудов*. Мальпигиевые сосуды представляют собой длинные тонкие трубочки, впадающие в кишечник на уровне пилорического клапана. У одних насекомых они открываются в среднюю кишку впереди клапана (жуки, червецы, цикадки), у большинства гусениц они открываются в заднюю кишку. У жука листоеда *Galerucella* два из шести мальпигиевых сосудов открываются в среднюю, а четыре – в заднюю кишку. Слепые концы мальпигиевых сосудов заканчиваются в полости тела и как бы плавают в гемолимфе. Стенки сосудов образованы однослойным эпителием и мышечными волокнами, но лишены нервов. Количество мальпигиевых сосудов колеблется от 2 у червецов до 150 у пчелиных, у тлей мальпигиевые сосуды отсутствуют.

В простейшем случае мальпигиевые сосуды однообразны по всей длине и высасывают плазму с содержащимися в ней азотистыми веществами и различными неорганическими ионами из гемолимфы (рис. 36). Затем «первичная моча» проникает в полость задней кишки и здесь подвергается

ресорбции. Все метаболически ценные вещества (вода, ионы хлора, натрия, калия и др.) возвращаются в гемолимфу. Азотистые вещества преимущественно находятся в форме солей мочевой кислоты - *уратов*. Ураты в мальпигиевых сосудах превращаются в мочевую кислоту, которая накапливается в виде кристаллов и удаляется с экскрементами через анальное отверстие.

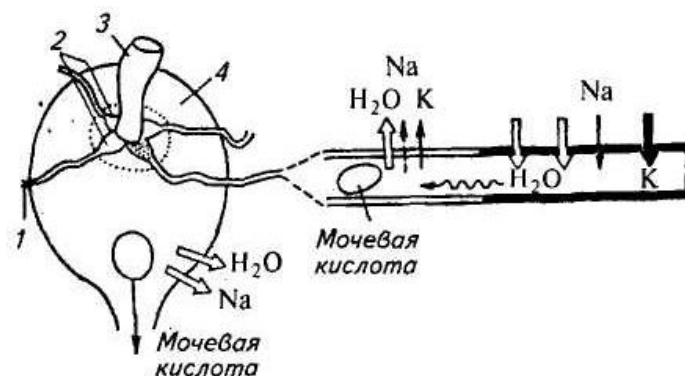


Рис. 36. Строение и принципы работы мальпигиевых сосудов палочника (по Тыщенко, 1976)

У некоторых жуков свободные концы врастают в стенку задней кишки – *криптонефрия*. Высасывая из полости задней кишки воду, они энергично проводят первичную мочу, но не способны к ее ресорбции.

У клопов и двукрылых мальпигиевые сосуды подразделяются на 2 и 4 отдела, соответственно, которые выполняют различные функции.

**Секреторная система** выделяет вещества, используемые организмом – *секреты*. В зависимости от типа секреции различают экзокринную и эндокринную системы.

**Экзокринная система** представлены железами, снабженными выводными протоками. Они весьма разнообразны по строению и происхождению. К ним относятся слюнные железы и железы средней кишки, участвующие в пищеварении; восковые, лаковые, шелкоотделительные железы, выделяющие вещества механической защиты; железы, образующие биологически активные вещества, служащие для химического воздействия на представителей своего вида и на других животных.

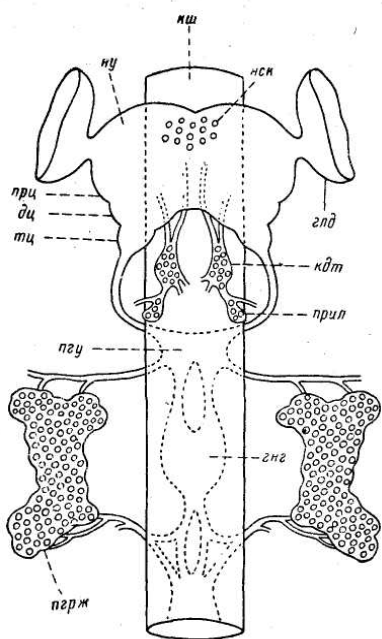
**Эндокринная система** образована железами, лишенными выводных протоков. Вещества, выделяемые эндокринными железами называются *гормоны*, или *инкреты*. Гормоны выделяются непосредственно в гемолимфу насекомого и переносятся ею во все части тела. Гормоны являются действуют в очень слабых концентрациях и оказывают влияние на физиологические и поведенческие реакции насекомого. По характеру влияния на поведение насекомых гормоны могут быть разделены на три группы:

- гормоны, обладающие модифицирующим действием (модификаторы);

- гормоны, обладающие «запускающим» действием (релизеры);
- гормоны, обладающие и тем и другим действием.

Эндокринная система участвует в управлении метаболическими процессами, координирует и интегрирует деятельность разных систем организма, управляет ходом развития и размножения насекомых. Наряду с многими физиологическими процессами эндокринная система регулирует и поведенческие реакции. В свою очередь эндокринная система контролируется головным мозгом насекомого.

Наиболее хорошо и полно изучены *нейросекреторные клетки, прилежащие тела, кардиальные тела и переднегрудные, или проторактальные личиночные железы* (рис. 37).



киш – кишечник,  
 ну – надглоточный узел,  
 нск – нейросекреторные клетки  
 головного мозга,  
 прц – протоцеребрум,  
 дц – дейтоцеребрум,  
 тц – тритоцеребрум,  
 глд – глазные доли,  
 пгу – подглоточный узел,  
 квт – кардиальные тела,  
 прил – прилежащие тела,  
 пгрж – переднегрудная железа,  
 гнч – ганглии брюшной нервной  
 цепочки

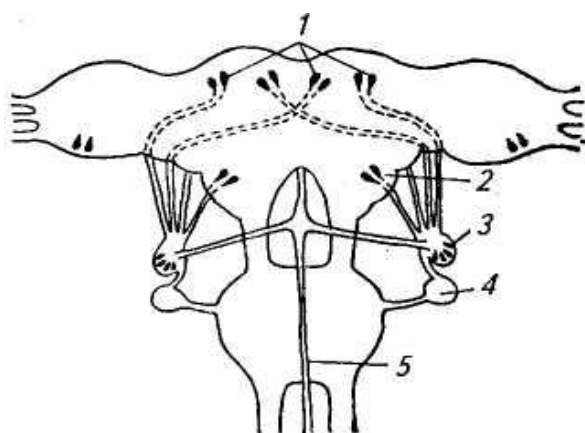
Рис. 37. Схема эндокринной системы насекомых и переднего отдела центральной нервной системы (по Бей-Биенко, 1971)

*Нейросекреторные клетки* рассредоточены по всем ганглиям нервной цепочки, образуя в головном мозге две парные группы нейросекреторных клеток (медиальная и латеральная). Гормоны синтезируются в клетках и транспортируются по аксонам в прилежащие и кардиальные тела, там накапливаются и затем выделяются в гемолимфу. Совместно с кардиальными и прилежащими телами нейросекреторные клетки образуют нейросекреторную систему головного мозга насекомых (рис. 38).

*Прилежащие тела (corpora allata)* располагаются над передней кишкой позади головного мозга, обычно в виде пары округлых образований. У личинок прилежащие тела секретируют *ювенильный*

*гормон*, или *неотенин*. Неотенин способствует развитию личиночных органов и препятствует превращению в имаго, линяющие насекомые испытывают лишь ограниченные преобразования. У имаго неотенин воздействует на половую систему самок, стимулируя оогенез.

*Кардиальные тела (corpora cardiaca)* располагаются впереди прилежащих тел, связаны непвами с головным мозгом, имеют собственные нейросекреторные элементы и нейроны. У мух кардиальные тела формируют вместе с прилежащими телами и проторактальной железой кольцевую железу. Кардиальные тела выделяют *активационный гормон*, синтезированный нейросекреторными клетками мозга, гипергликемический гормон, нейрогормон D, стимулирующий работу сердца, и вещество, влияющее на проведение нервного импульса.



- 1 – медиальные и латеральные нейросекреторные клетки;
- 2 – тритоцеребрум,
- 3 – кардиальное тело,
- 4 – прилежащее тело,
- 5 – возвратный нерв.

Рис. 38. Нейросекреторная система головного мозга насекомых (по Тыщенко, 1977)

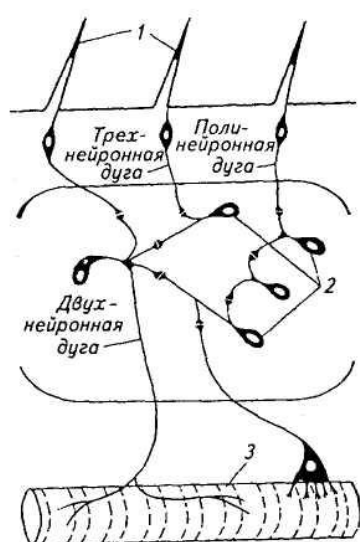
*Переднегрудные*, или *проторактальные железы* расположены в брюшной полости переднегруди по бокам переднегрудного ганглия у личинок. Под воздействием активационного гормона переднегрудные железы выделяют личиночный гормон, или *экдизон*, который обуславливает наступление и прохождение линьки.

## ***Нервная система***

Нервная система насекомых регулирует все функции организма, обеспечивает связь между органами чувств и другими органами. Структурной единицей нервной системой является нервная клетка – *нейрон*, снабженная двумя типами отростков. Древоподобные отростки, или *дендриты*, короткие и ветвятся; длинный осевой отросток – *аксон*, не ветвится и лишь на конце имеет концевое разветвление. Обычно нейрон имеет несколько дендритов и один аксон. Дендриты получают нервные импульсы от других

нейронов, переводят их на аксон, по которому возбуждение распространяется без затухания на другие нейроны или эффекторы.

В зависимости от выполняемых функций нервные клетки подразделяются на чувствительные (сенсорные), ассоциативные и моторные (двигательные). У чувствительных нейронов дендриты связаны с органами чувств (рецепторами), по аксону возбуждение проводится в ганглии. Ассоциативные нейроны входят в состав ганглиев, перерабатывают поступающую информацию и передают возбуждение к моторным нейронам. Моторные нейроны также входят в состав нервных центров, их аксоны формируют нервы, заканчивающиеся в эффекторах (органах, способных реагировать на нервное возбуждение движением или другим действием). Таким образом, возникает простая рефлекторная дуга (рис. 39).



- 1 – рецепторы,
- 2 – ассоциативные нейроны,
- 3 – эффектор

Рис. 39. Рефлекторные дуги насекомых  
(по Тыщенко, 1977)

Нервная система насекомых дифференцирована на *центральную, периферическую и симпатическую системы*.

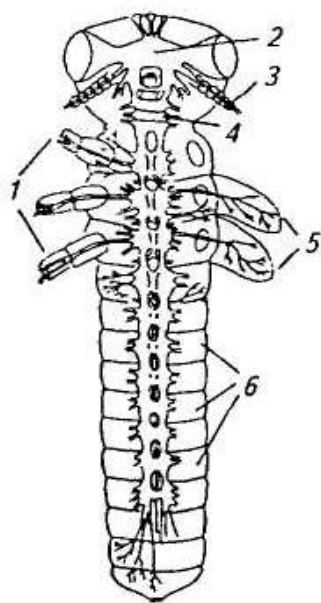
**Центральная нервная система** образована двойной цепью ганглиев, связанных между собой продольными тяжами - *коннективами* и поперечными – *комиссурами*. Она подразделяется на два отдела: головной и брюшной. Головной отдел состоит из *надглоточного* и *подглоточного ганглиев*, соединенных между собой тяжами; брюшной отдел – из серии ганглиев, лежащих под кишечником – *брюшной нервной цепочки* (рис. 40).

Передний отдел центральной нервной системы – *надглоточный ганглий*, или головной мозг, происходит из трех слившихся ганглиев (*протоцеребрум, дейтоцеребрум и тритоцетербрум*), лежит над кишечником. Он содержит небольшое количество двигательных нейронов, состоит, преимущественно, из ассоциативных клеток, и координирует активные действия, определяемые работой зрительных и обонятельных рецепторов головы.

Наиболее сложное строение имеет *протоцеребрум*, который состоит из ассоциативных нейронов. Нейроны располагаются преимущественно в наружных слоях протоцеребрума, а их отростки образуют внутри его несколько волокнистых *нейропилярных масс*. Нейропилярные массы соединяют симметрические доли протоцеребрума. С обеих сторон к долям протоцеребрума примыкают парные *стебельчатые (грибовидные) тела*, которые являются высшим ассоциативным центром где замыкаются условно-рефлекторные связи. Разрушение стебельчатых тел приводит к утрате приобретенных навыков. Кроме грибовидных тел, с протоцеребрумом связаны пара достаточно крупных *зрительных, или оптических долей*, связанных со сложными глазами. Степень развития зрительных долей находится в корреляции с развитием глаз.

*Дейтоцеребрум* образован парными антеннальными долями, связанными с сенсорными и моторными нейронами усиков.

*Протоцеребрум* иннервирует нижнюю губу, соединен с рото-желудочной (стоматогастрической) симпатической нервной системой.



- 1 – ноги,
- 2 – надглоточный ганглий,
- 3 – усики,
- 4 – подглоточный ганглий,
- 5 – крылья,
- 6 – ганглии брюшной нервной цепочки.

Рис. 40. Строение центральной нервной системы  
(по Шванвичу, 1949)

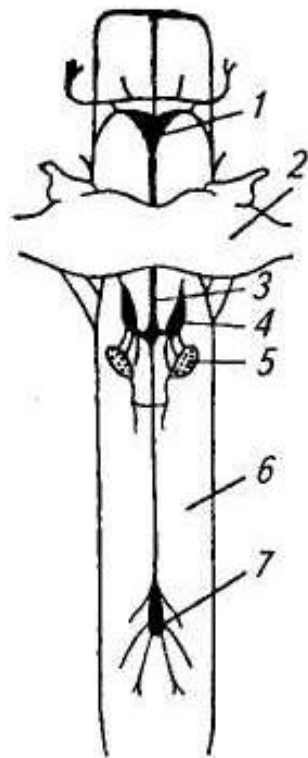
*Подглоточный ганглий* расположен под пищеводом, иннервирует ротовые органы, содействует поддержанию двигательной активности насекомого.

*Брюшная (вентральная) нервная цепочка* у более примитивных насекомых (прямокрылые, таракановые) состоит из трех грудных и восьми брюшных ганглиев, у наиболее развитых насекомых (высшие двукрылые и некоторые жесткокрылые) брюшные ганглии сливаются в два-три или один узел. Грудные ганглии иннервируют крылья и ноги, последний ганглий

брюшной цепочки контролирует спаривание и откладку яиц. Брюшная нервная цепочка соединяется с подглоточным ганглием посредством коннективов.

**Симпатическая (стомодеальная, висцеральная, вегетативная) нервная система** регулирует работу внутренних органов и мышечной системы насекомых. Она подразделяется на три отдела: рото-желудочный (стоматогастрический), брюшной (вентральный, система непарного нерва) и хвостовой (каудальный).

Наиболее сложное строение имеет рото-желудочный отдел, располагающийся над пищеводом впереди головного мозга. Высшим нервным центром является *тритоцеребрум*, от которого отходят два коннектива к непарному *фронтальному (лобному) ганглию*. От фронтального ганглия назад отходит *возвратный нерв*, проходящий над головным мозгом и заканчивающийся позади него одним или двумя *желудочными (вентрикулярными) ганглиями* (рис. 41). В ганглии стоматогастрической нервной системы входят не только моторные и ассоциативные, но и сенсорные нейроны. Рото-желудочный отдел иннервирует наличник, верхнюю губу, область передней кишки, спинной сосуд.



- 1- фронтальный ганглий,
- 2- надглоточный узел,
- 3- возвратный нерв,
- 4- затылочный ганглий,
- 5- прилежащие тела,
- 6- пищевод,
- 7- вентрикулярный ганглий.

Рис. 41. Строение рото-желудочного отдела симпатической нервной системы (по Шванвичу, 1949)

Брюшной отдел представлен *непарным нервом*, который простирается в виде тонкого тяжа между коннективами брюшной нервной цепочки с парой боковых отростков в каждом сегменте. Непарный нерв регулирует работу

крыловых мышц. При разрушении непарного нерва резко возрастает утомляемость крыльев.

Хвостовой отдел представлен двумя нервами, отходящими от последнего ганглия брюшка, иннервирует заднюю кишку и органы размножения.

*Периферическая нервная система* образована из нервов, отходящих от ганглиев центральной и симпатической нервных систем, и сенсорных нейронов органов чувств насекомых (рецепторов).

### **Контрольные вопросы:**

1. Функции выделительной системы
2. Строение и функции экскреторной системы
3. Строение и функции эндокринной системы. Основные гормоны насекомых.
4. Строение нейрона, виды нейронов.
5. На какие виды подразделяется нервная система насекомых.
6. Строение центральной нервной системы
7. Строение симпатической нервной системы.