

## Лекция 5.

Тема: КОЖНЫЕ ПОКРОВЫ. МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА. ПОЛОСТЬ ТЕЛА. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ

1. Кожные покровы
2. Мышечная система
3. Полость тела
4. Тепловой режим

## 1.

Кожа насекомых состоит из трех основных слоев: кутикулы, гиподермы и базальной перепонки.

**Кутикула** - наружная часть кожи, не имеет клеточного строения. Это продукт выделения гиподермы. Кутикула образует наружный скелет, служит опорой для прикрепления мышц и выполняет механическую и защитную функцию. В своей основе кутикула эластична и гибка, но часто она подвергается уплотнению, или склеротизации.

Имеет два основных слоя:

1) Наружный слой - *эпикутикула*, очень тонка - 1-4 мк, но сама также слоиста; в ней различают до 2-5 слоев. У насекомых гидрофобна (непроницаема для воды и плохо смачивается водой), т.к. содержит воска и липоидов. У почвенных и водных насекомых эпикутикула или не выражена или лишена воскового слоя.

2) Внутренний слой - *прокутикула* во много раз толще эпикутикулы - несколько сот микронов. Часто наружная ее часть сильно склеротизируется, становится твердой и темной, образуя янтарного цвета **экзокутикулу**, тогда как внутренний слой сохраняет свои свойства неизменными и называется **эндокутикулой**.

Прокутикула состоит из хитина и белков. Хитин стоек к химическим воздействиям, нерастворим в щелочах и в органических растворителях - таких, как спирты, эфиры и пр.; слабые кислоты на него не действуют, но сильные кислоты растворяют.

Прокутикула пронизана поровыми канальцами, по которым происходит продвижение веществ из гиподермы к эпикутикуле и к поверхности экзокутикулы.

**Гиподерма** состоит из одного слоя клеток, образует кожный эпителий, подстилающий кутикулу. Функция - выделение и образование кутикулы, выделение линочной жидкости, которая растворяет старую эндокутикулу перед линькой насекомого.

**Базальная перепонка** подстилает гиподерму, очень тонка, не имеет клеточной структуры, происходит из кровяных клеток.

**Производные кожные покровы** образуют придатки, эндоскелетные образования и железы; окраска тела также связана с кожей.

Придатки кожи подразделяются на скульптурные и структурные образования.

**Скульптурные придатки** - это кутикулярные образования, без участия гиподермы - разнообразные шипики (хетоиды), а также бугорки, бороздки и вдавленные точки

на кутикуле. Характерны для насекомых. Многие виды насекомых хорошо различаются между собой по особенностям скульптуры поверхности тела.

*Структурные образования* являются производными кожи в целом (кутикулы и гиподермы): хеты - волоски и щетинки. Волоски более тонки и по всей длине одинаковой толщины, щетинки к основанию утолщены. По строению те и другие происходят из двух клеток гиподермы. Волоски могут образовывать на теле густой покров (ночные бабочки, шмели, у обитателей пустынь играет роль в регуляции температуры тела; в других случаях отдельные волоски или щетинки играют роль чувствительных придатков, т.к. к ним присоединяется нервная клетка. Шипы и шпоры - сильные выступы, это многоклеточные образования, причем одни из них фиксированы на теле неподвижно, другие же сочленены подвижно. Расположение образований используется в систематике насекомых. Отдельные волоски и щетинки становятся важным диагностическим признаком, например у гусениц бабочек, у многих мух и других насекомых; это используется в хетотаксии, т. е. номенклатуре и расположении волосков, щетинок и шипов на теле.

Видоизменение хет составляют чешуйки бабочек, покрывающие их крылья и отчасти тело. Это пластинчатые образования разнообразной, иногда причудливой формы; располагаются черепицеобразно. Чешуйки встречаются также и у других групп насекомых, на теле у жуков-долгоносиков, некоторых первичнобескрылых и др.

*Эндоскелет* представляет собой серию внутренних выростов кутикулы, служащих для прикрепления мышц и поддержки внутренних органов. Образуют внутренний каркас тела; отдельные его элементы называются аподемами. Сильно эндоскелет развит в голове и в груди, обеспечивая прочность этих отделов тела и надежную фиксацию ротовых органов и крыльев. Эндоскелет головы обозначается общим понятием **тенторий**.

*Кожные железы* у насекомых - восковые, пахучие, ядовитые, лаковые, отпугивающие и пр. Они могут быть одно-, дву- или многоклеточными. Восковые железы у тлей и кокцид расположены по всему телу, а у пчел - на некоторых стернитах брюшка. Некоторые тропические червецы выделяют лак, используемый как ценное техническое сырье. Пахучие железы характерны для клопов, располагаются у них на груди или брюшке. Ядовитые кожные железы свойственны, например, гусеницам некоторых бабочек и располагаются у основания волосков. Отпугивающие железы известны например, у жуков-бомбандиров. Шелкоотделительные, или прядильные, железы у личинок чешуекрылых, ручейников и перепончатокрылых представляют собой видоизменение слюнных желез, но их выделения служат как бы дополнительным покровом. У некоторых насекомых есть специальные прядильные кожные железы, например на передних лапках у эмбий.

**Окраска тела** подразделяется на два типа:

1) *Пигментная* (химическая) окраска зависит от наличия соответствующего пигмента, т.е. красящего вещества, которое может располагаться в кутикуле, в гипо-

дерме или в крови и жировом теле. Кутикулярная окраска отличается стойкостью и практически не меняется после смерти насекомого, ввиду того что при этом кутикула сама по себе почти не изменяется; и, наоборот, гиподермальная окраска посмертно очень изменяется вследствие разложения гиподермы. Основной пигмент насекомых - меланины - сложные вещества белкового характера; меланины принадлежат к кутикулярным пигментам, отличаются многообразием оттенков - от желтых и светло-бурых до черных и представляют собой продукт обмена веществ. Они поглощают солнечные лучи и в связи с этим имеют значение в образовании температуры тела и в изменении активности насекомых.

Распространены каротиноиды (желтый и красный), инсектовердин (травянисто-зеленый), птерины (белый, желтый до оранжевого и красного).

2) *Структурная* (физическая) *окраска* возникает вследствие особенностей строения кутикулы и расположения на ней чешуек. Она связана с особенностями разложения и отражения света. Отсюда переливчатые и металлические окраски тела жуков, крыльев бабочек и др. насекомых.

Действительная окраска насекомого оказывается комбинированной, т.е. результатом соединения пигментной и структурной окраски.

## 2

**Мышечная система** состоит из соматических (скелетных) и внутренностных (висцеральных) мышц. Сложная и сильно дифференцированная. В теле насчитываются многие сотни мышц, а у гусениц бабочек число их достигает 2 тыс.; количество и распределение мышц весьма неодинаково у разных видов.

Скелетно-мышечная система состоит из 4 групп - головной, грудной, крыловой и брюшной. Скелетные мышцы обслуживают движение тела, ходильных конечностей, ротовых органов, усиков и других придатков, а у взрослых насекомых - и крыловых органов. Начало мышцы фиксировано на относительно неподвижной части скелета, а вершина - на подвижной его части; сокращение мышцы вызывает смещение одного склерита по отношению к другому. Прикрепление мышц к кутикуле обеспечивается особыми тонкими волокнами, отходящими от конца мышцы - тонофибриллами.

Относительная сила мышц велика. Насекомые могут передвигать груз, во много раз превышающий вес их собственного тела, например в 14-25 раз; с помощью прыжка прыгающие насекомые (саранчовые, цикады, блохи и др.) могут поднять и перенести свое тело на расстояние, в сотни и тысячи раз превышающее длину их тела.

У высших групп насекомых - пчел и мух - крыловые мышцы сокращаются с невероятной частотой - до 250-300, а у некоторых двукрылых даже до 1000 раз в секунду; такие мышцы получили название быстрых. Это обеспечивается двумя основными обстоятельствами: большой скоростью химических процессов в мышце и умноженным ответом быстрых мышц на раздражение.

Подача газообразного кислорода у насекомых происходит непосредственно к каждой клетке тела; вследствие этого в клетках и тканях возникают интенсивные окислительные и другие биохимические процессы. Накапливающаяся в мышцах при работе молочная кислота быстро убирается окислительным путем, а это обеспечивает интенсивное восстановление необходимого для работы фосфагена, именно аргининфосфорной кислоты. Сущность же умноженного ответа быстрых мышц на раздражение заключается в том, что эти мышцы отвечают несколькими сокращениями на один нервный стимул; при этом у пчел показатель умножения равен 2-3, а у мух даже 6-7. Но у насекомых с невысокой частотой крылового ритма, например 10-50 в секунду (стрекозы, саранчовые, бабочки и пр.), умноженного ответа нет.

## 3

Полость тела насекомых заполнена внутренними органами и подразделена двумя тонкостенными перегородками - диафрагмами - на три расположенные друг под другом отдела, или синуса. Верхняя диафрагма отделяет верхний, или перикардальный (т.е. околосоудный), отдел; в нем располагается орган кровообращения - спинной сосуд. Нижняя диафрагма отделяет лежащий под ней нижний, или перинеуральный (околонервный), отдел; в нем расположена часть центральной нервной системы — брюшная нервная цепочка. Между верхней и нижней диафрагмами расположен наиболее обширный средний, или висцеральный (внутренностный), отдел; в нем заключены органы обмена, именно пищеварительная и выделительная системы и жировое тело, а также органы размножения. Дыхательная система представлена большим числом воздухоносных трубок - трахей и трахеол, пронизывающих стенки всех внутренних органов, и не связана с каким-либо отделом полости тела.

## 4

Насекомые не имеют постоянной температуры тела - пойкилотермные организмы.

Соотношение между теплопродукцией и теплоотдачей и определяет уровень тепла в организме, т.е. температуру тела.

Виды теплопродукции:

**1. Эндогенная (внутренняя) теплопродукция** - обмен веществ в организме и связанные с ним окислительные процессы, которые сопровождаются выделением тепловой энергии.

**2. Экзогенная теплопродукция** внешнего происхождения - внешняя среда, именно лучистая энергия солнца или нагретый им воздух, либо искусственно созданное тепло закрытых помещений, в которых живут те или иные насекомые.

Температура тела насекомых, находящихся в покое и не подвергающихся облучению солнцем, примерно равна температуре окружающей воздушной среды. Тело насекомых энергично поглощает внешнее тепло и лучистую энергию солнца; вместе с

тем телу насекомых свойственна и очень интенсивная теплоотдача. Тепловые свойства насекомого определяются следующими причинами:

- малыми размерами их тела; благодаря этому поверхность тела сильно увеличена по отношению к массе тела, это сильно увеличивает поверхность нагрева, с одной стороны, и лучеиспускания - с другой.

- пигменты кутикулы и ее теплопроводность; установлено, что богатая меланинами темноокрашенная кутикула способствует более быстрому и сильному нагреванию тела солнечными лучами и вместе с тем темноокрашенные насекомые быстрее остывают в темноте.

Большинство насекомых лишено на теле термоизолирующего покрова в виде волосков эндогенной теплопродукции, то она соизмерима с теплопродукцией млекопитающих. Так, медоносная пчела в покое при температуре воздуха  $11^{\circ}\text{C}$  расходует в минуту 20 кал на 1 кг собственного веса, т.е. примерно как и человек. Однако малые размеры тела и теплопроводность кутикулы способствуют быстрой растрате возникающей теплопродукции, поэтому насекомое в покое при отсутствии солнечной радиации имеет температуру тела, равную температуре окружающей среды.

При интенсивной мышечной работе температура тела насекомого значительно увеличивается за счет одной эндогенной теплопродукции. Так, у летящей пчелы поглощение кислорода увеличивается в 500 и более раз по сравнению с покоем, что соответственно создает и огромную теплопродукцию. Создается значительное превышение теплопродукции над теплоотдачей и температура тела сильно увеличивается; расчеты показывают, что при этом могло бы быть сильное перегревание тела и даже гибель насекомого. Этого не происходит вследствие охлаждающей роли трахейной системы; она осуществляет вентиляцию тела, а воздушные мешки играют роль аппарата внутреннего охлаждения. Так, перелетная саранча после 2 х мин полета повысила температуру тела на  $10^{\circ}\text{C}$ , тогда как в воздушных мешках температура оставалась почти на прежнем уровне. Рассмотренный механизм ограничивает подъем температуры тела при полете уровнем  $40-45^{\circ}\text{C}$  не более.

При прекращении мышечной работы температура тела насекомого в тени быстро опускается до температуры окружающей среды.

Температурные границы активности насекомых находятся примерно в пределах  $10-45^{\circ}\text{C}$ , тогда как физиологический оптимум ограничен более узкими пределами  $25-38^{\circ}\text{C}$ .

Способы регуляции температуры тела:

1. Терморегуляция через поведение, т.е. путем изменения активности и местоположения, а иногда и позы самого насекомого. При перегревании тела насекомые переходят с освещенных солнцем или сильно нагретых мест в затененные или более прохладные места, где температура тела снижается до более приемлемого уровня; и, наоборот, при недостатке тепла происходит передвижение на освещенные солнцем или в более теплые места. Так, некоторые виды в жаркие часы дня забираются под различные укрытия - под камни, кучи травы и пр.; этой особенностью поведения пользуются

при сборе и учете численности таких насекомых и разработке мер борьбы с ними. Очень характерное поведение свойственно стадным саранчовым. Личинки перелетной и мароккской саранчи в жаркие дни активно передвигаются по почве, но в более прохладное предвечернее время прекращают передвижения и собираются группами на освещенной солнцем поверхности почвы; с дальнейшим понижением температуры они взбираются на освещаемые солнцем верхушки растений, располагают свое тело с солнечной стороны и тем самым максимально используют лучи заходящего солнца.

2. Изменение мышечной активности. Так, ночные насекомые, благодаря интенсивному лёту, имеют более высокую температуру тела, нежели температура воздуха; благодаря этому активная жизнедеятельность ночных насекомых возможна и при таких температурах, когда неактивные особи находятся в состоянии холодового оцепенения. То же самое наблюдается и при активном полете дневных насекомых в условиях прохладной погоды.

Интенсивный лёт насекомых обеспечивает повышение их температуры тела до 30-40°C и более и делает их в это время в сущности теплокровными организмами. Медоносная пчела может регулировать температуру воздуха в ульях; пчелы поднимают ее при холодной погоде путем усиленных движений крыльев.

Значение в регуляции температуры тела имеет испарение воды; таким путем возможно снижение температуры тела в жаркой среде.