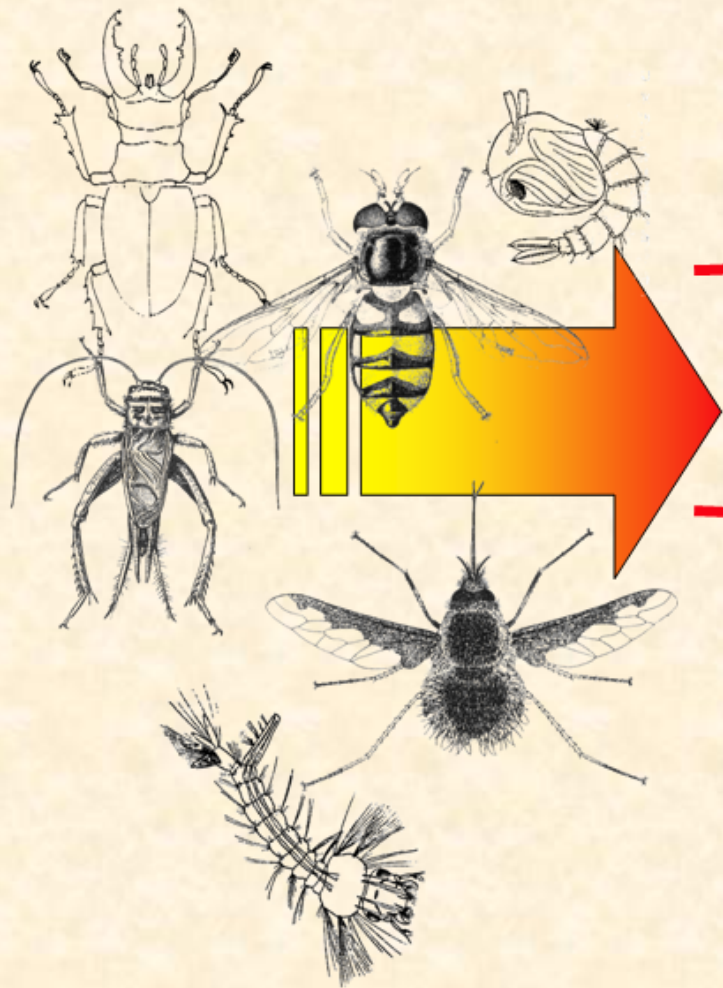


**АДАПТАЦИИ НАСЕКОМЫХ К РАЗЛИЧНЫМ
УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ
(морфо- физиологические аспекты)**



Распространение насекомых



До 5000 м
над уровнем моря

Воздушная среда:
от нескольких метров
до нескольких
километров

Пустыни,
Степи,
Леса,
Пещеры и т.д.

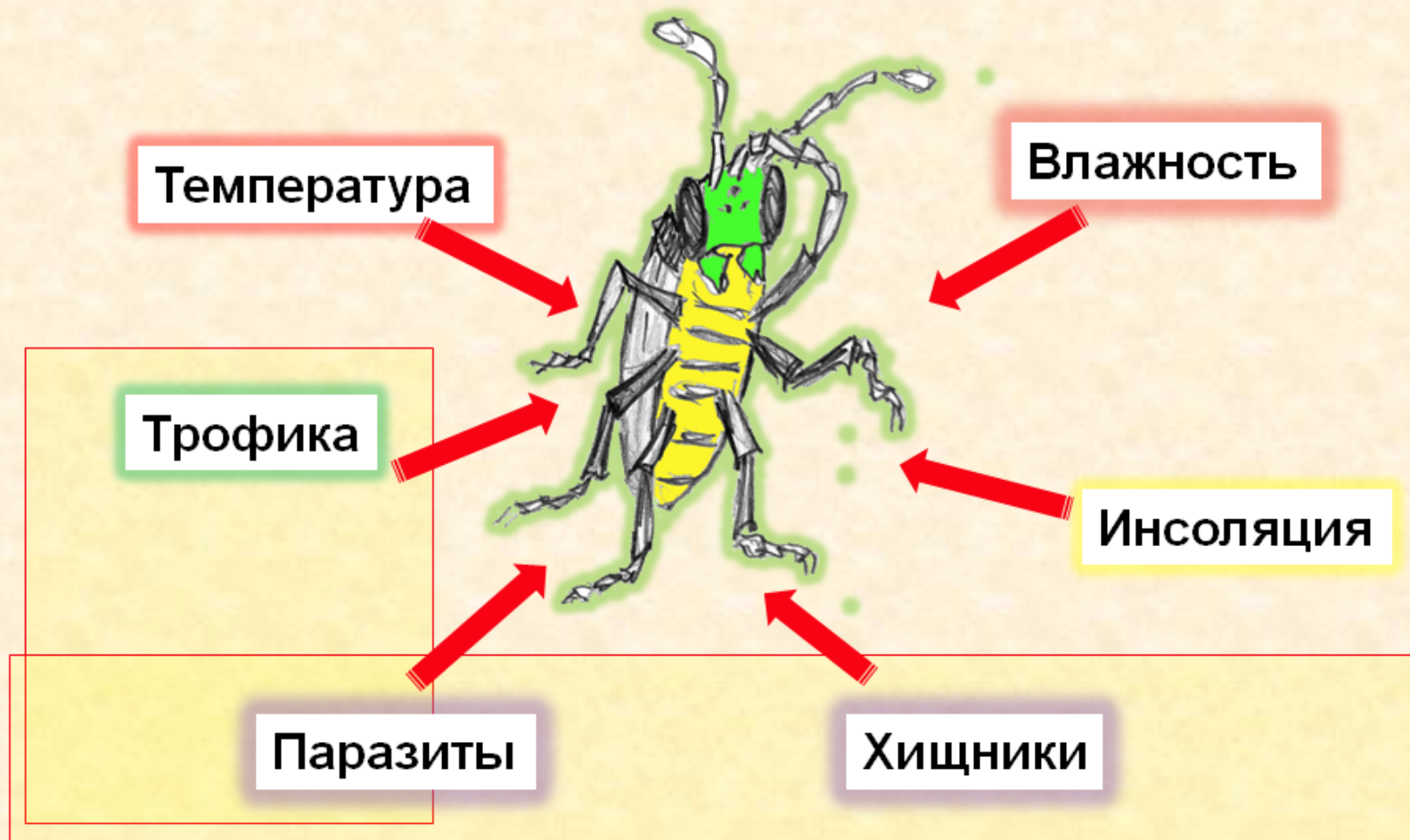


Реки, озёра, моря

Горячие и соляные источники,

На суше до десятков
метров в глубину

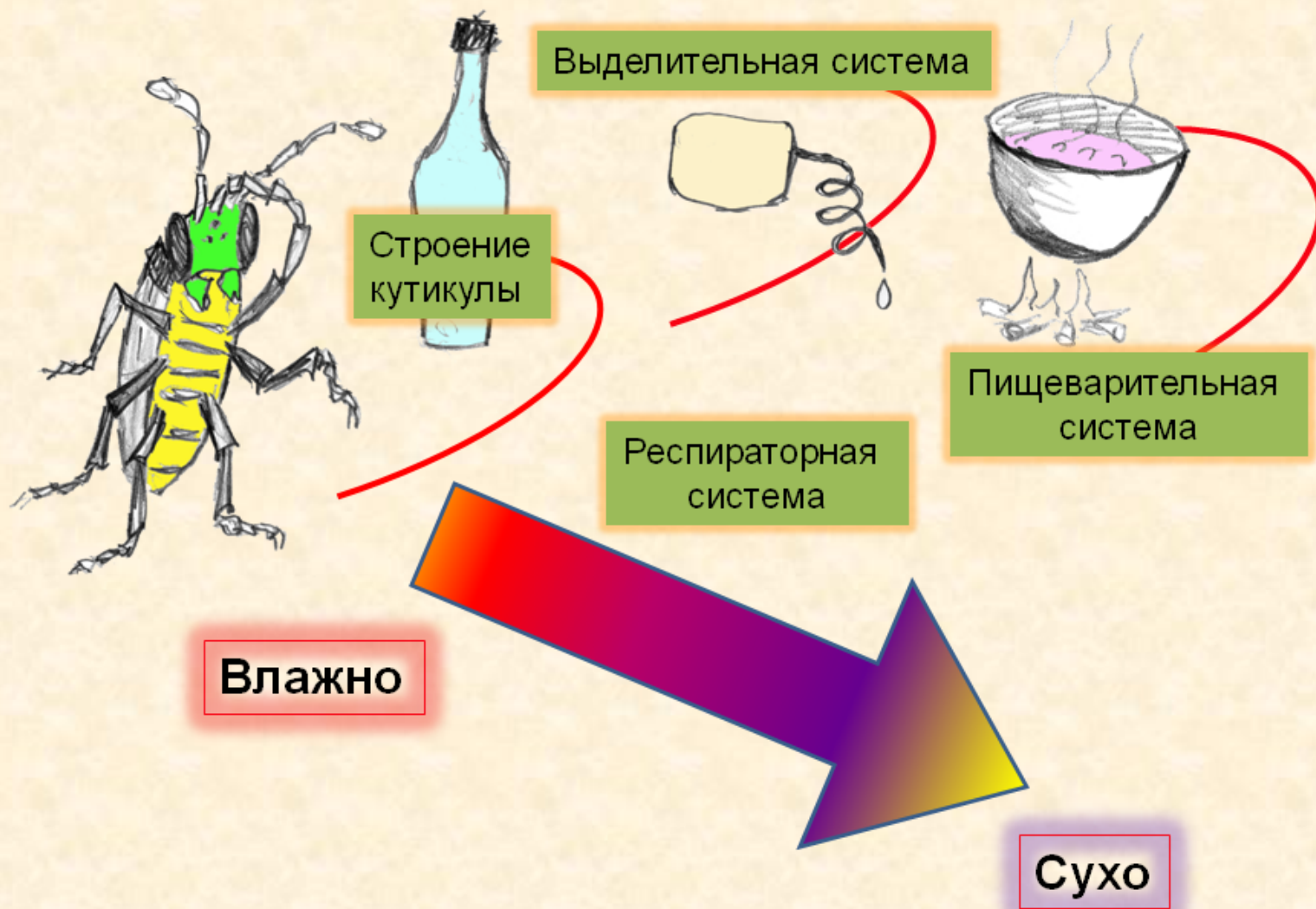
ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАСЕКОМЫХ

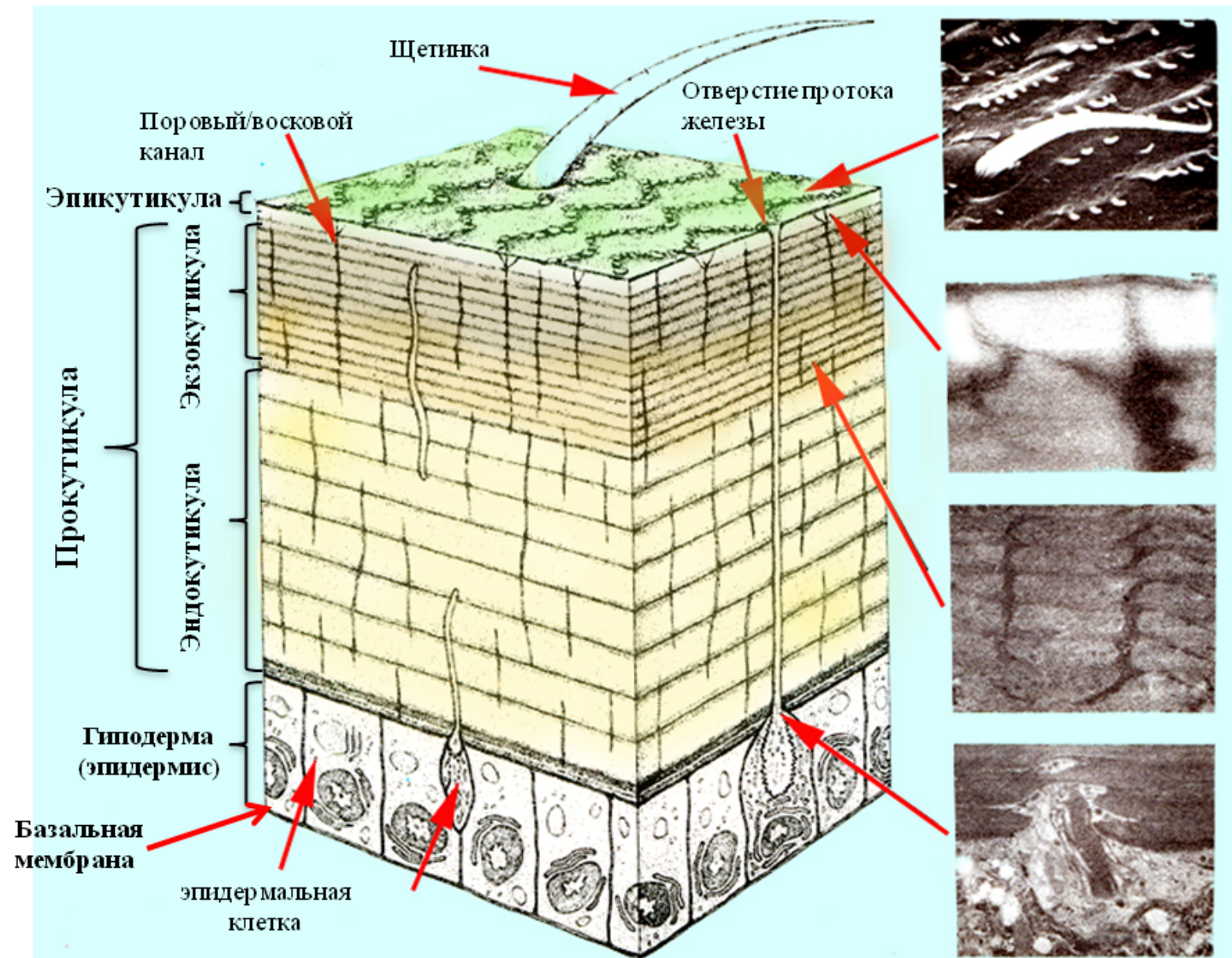


Насекомые возникли, вероятно, от каких-то многоногих членистоногих, которые перешли к наземному образу жизни, используя такие промежуточные субстраты, как береговые выбросы растительных остатков, скопления растительных остатков наземного происхождения, полости в неорганическом субстрате и другие среды, исключая **дефицит влаги**. Возникновение полета, вероятно, связано с дендрофилией и питанием генеративными органами растений.



Реконструкция по Расницын А.П. и Пономаренко А.Г.





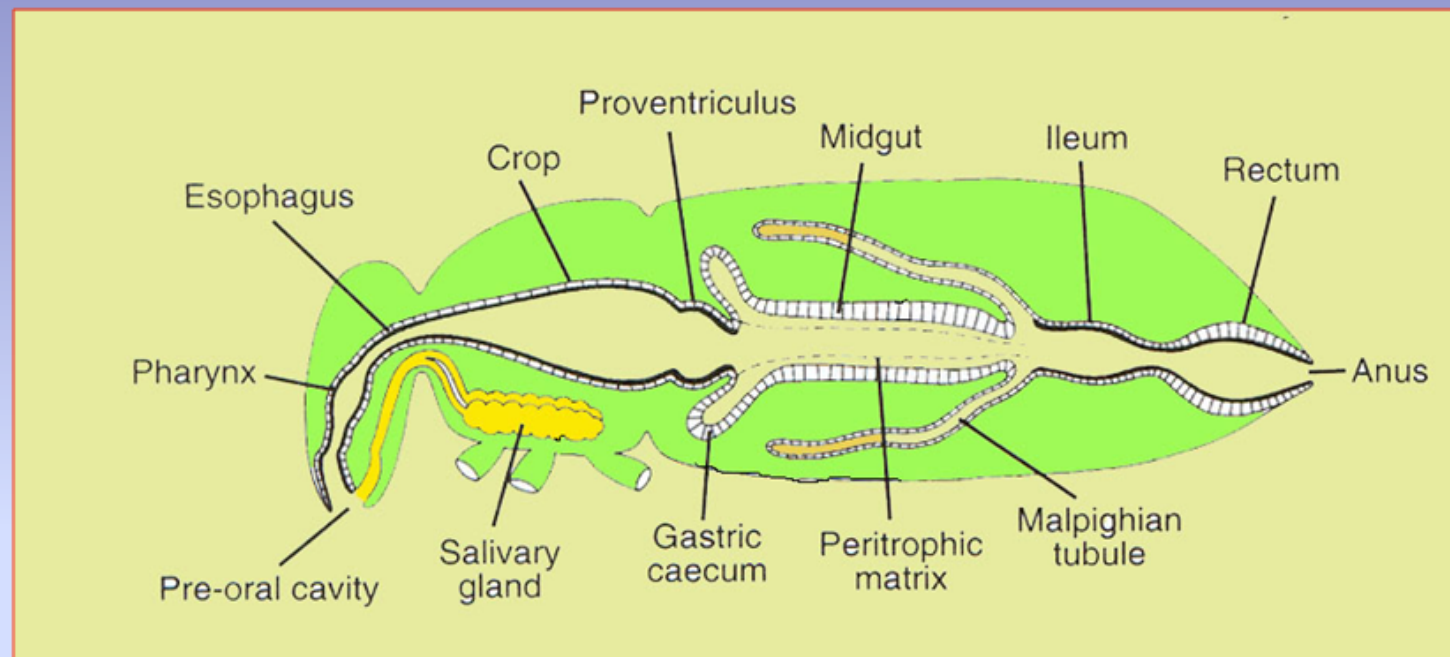
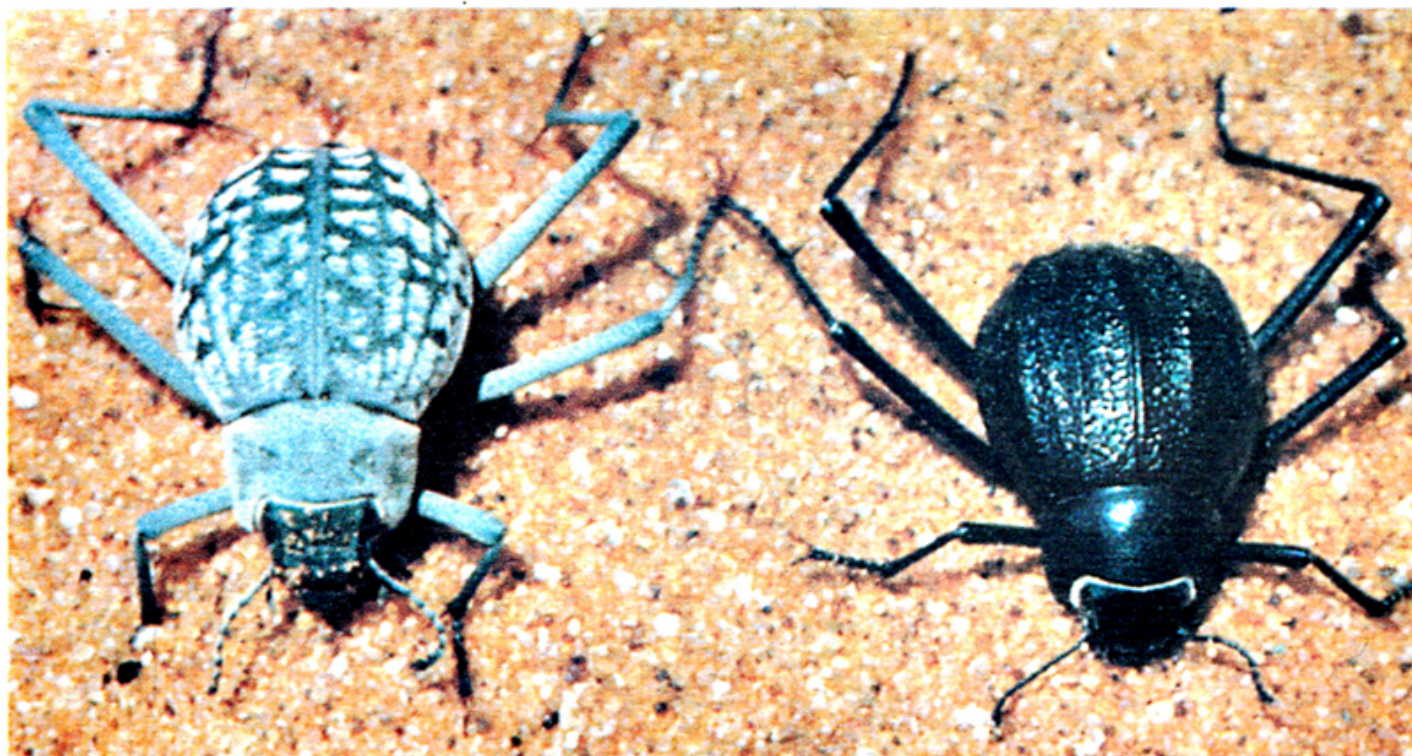
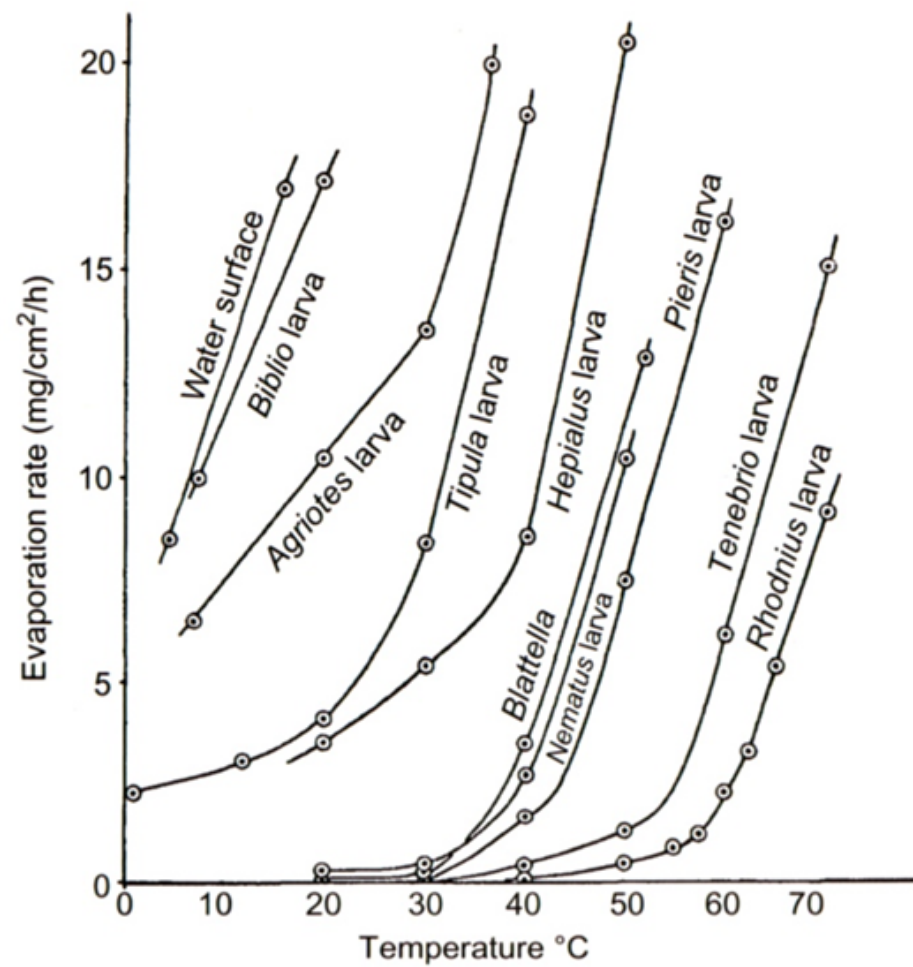


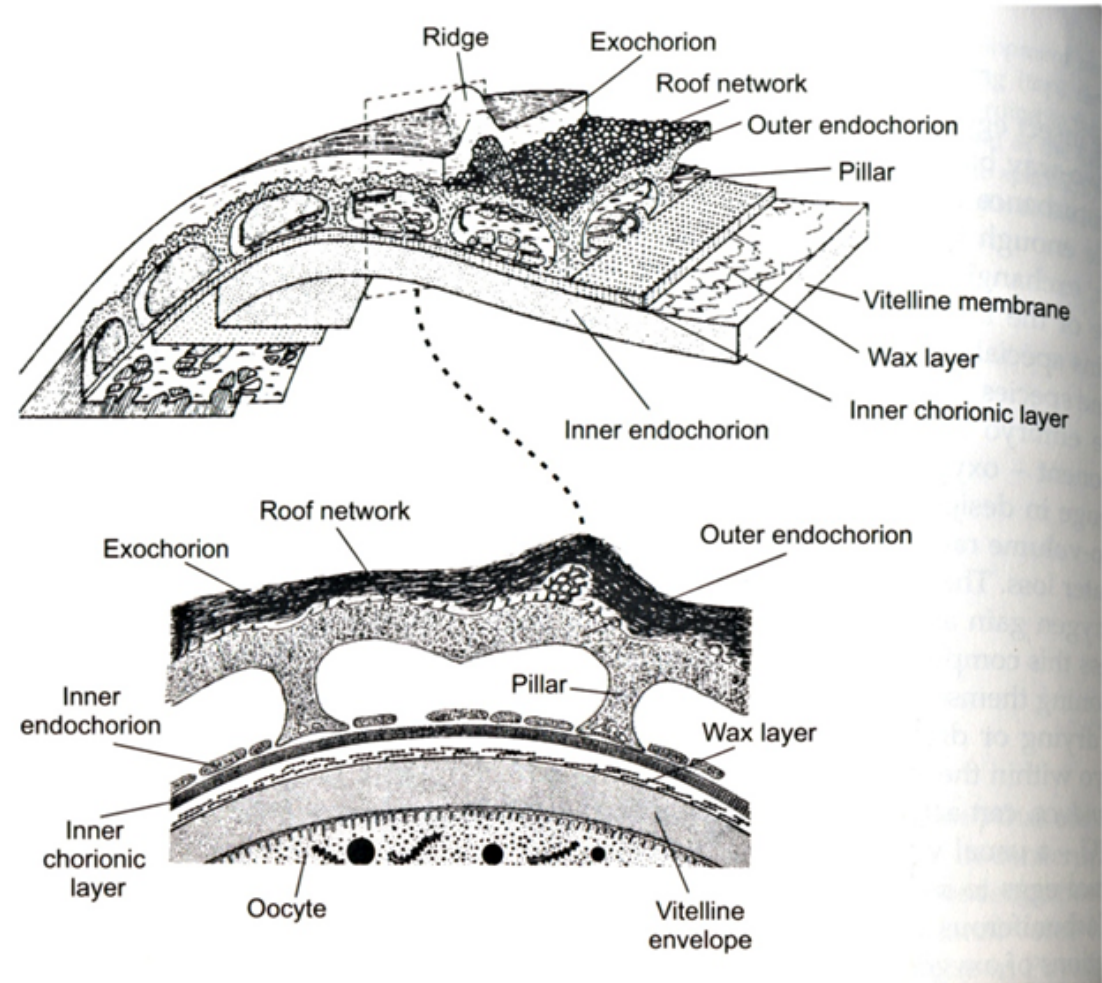
Схема строения пищеварительной системы насекомых



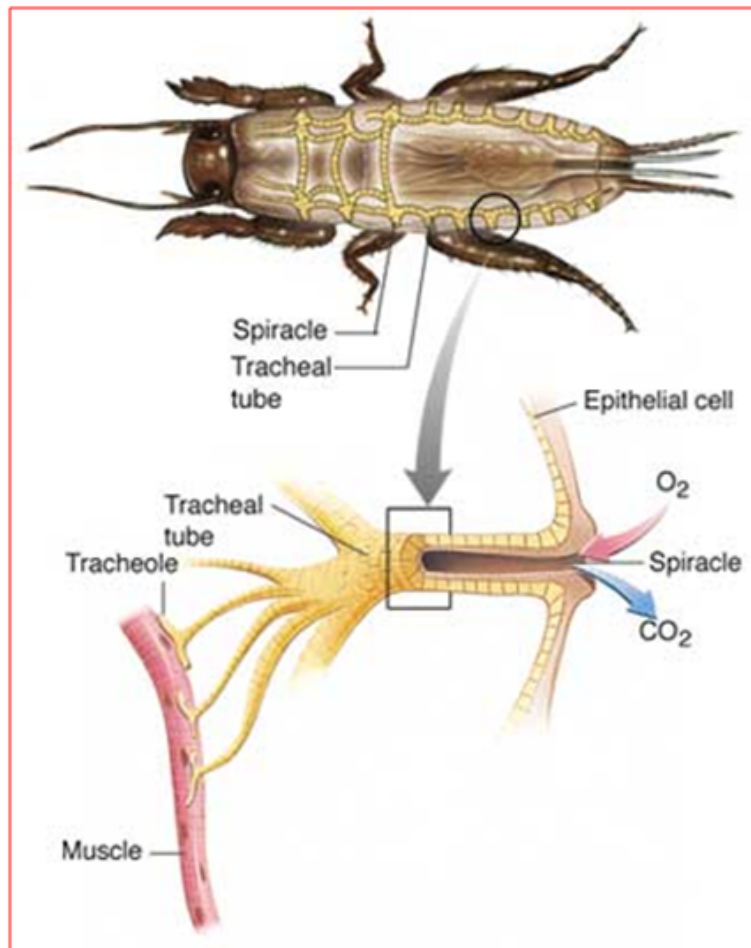
ПУСТЫННЫЙ ЖУК-ЧЕРНОТЕЛКА (*Onymacris rugatipennis*), изображенный слева, покрыт восковым налетом; жук того же вида справа не имеет такого налета. Восковой налет представляет собой массивные отложения липидов (восков) на поверхности кутикулы. Это покрытие препятствует потере воды, а также обеспечивает маскировку животного.



Скорость испарения воды в зависимости от температуры



Строение хориона



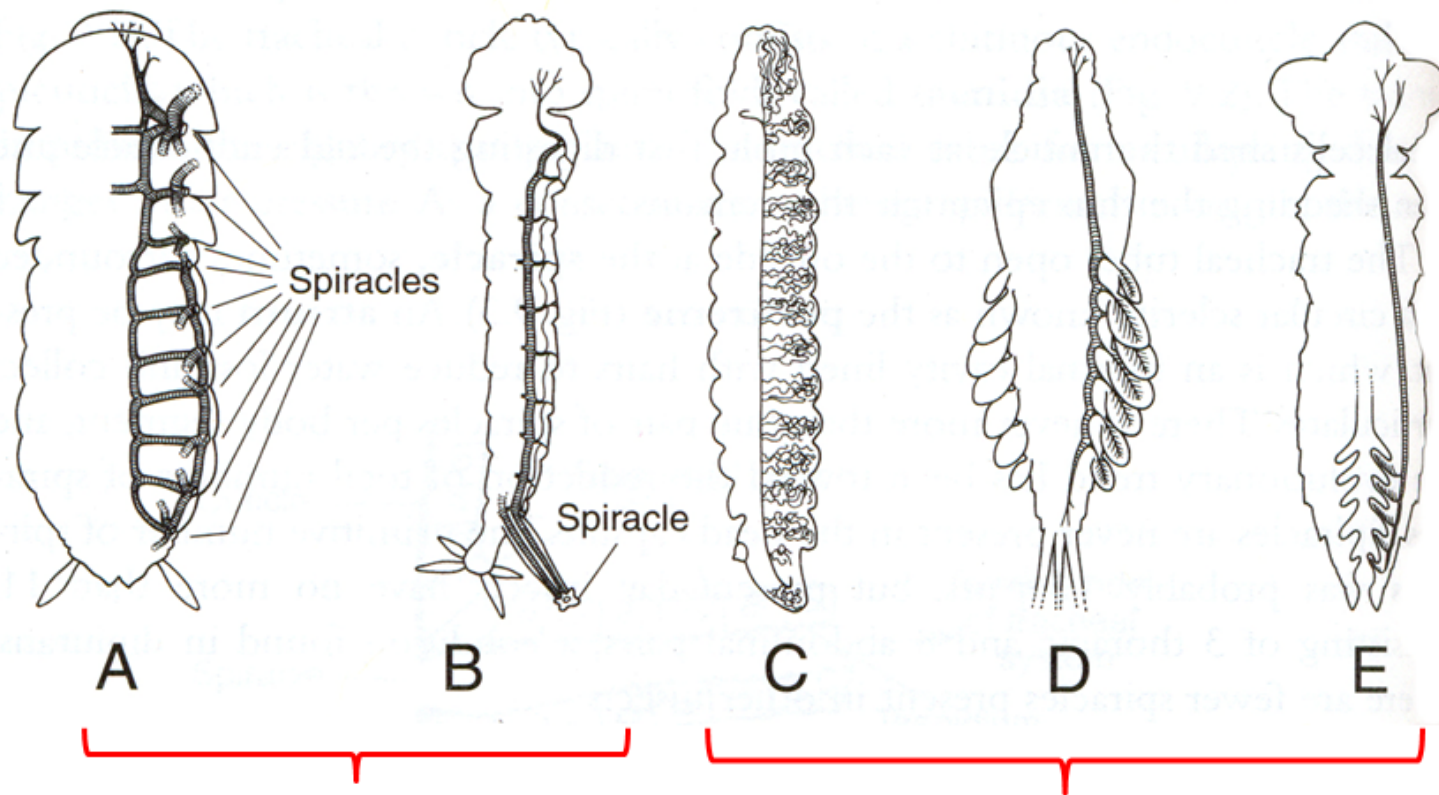
Для большинства насекомых органами дыхания служат *трахеи*, открывающиеся наружу с помощью *дыхалец* (стигм).

Открытая трахейная система

(полипнейстическая) типична для многих наземных видов или для водных насекомых, дышащих атмосферным кислородом.

Насекомых с **замкнутой трахейной системой** (апнейстические), трахеи имеются, но дыхальца отсутствуют. Такая замкнутая трахейная система характерна для водных или эндопаразитических насекомых, дышащих кислородом, растворенным в воде или в полостной жидкости хозяина.

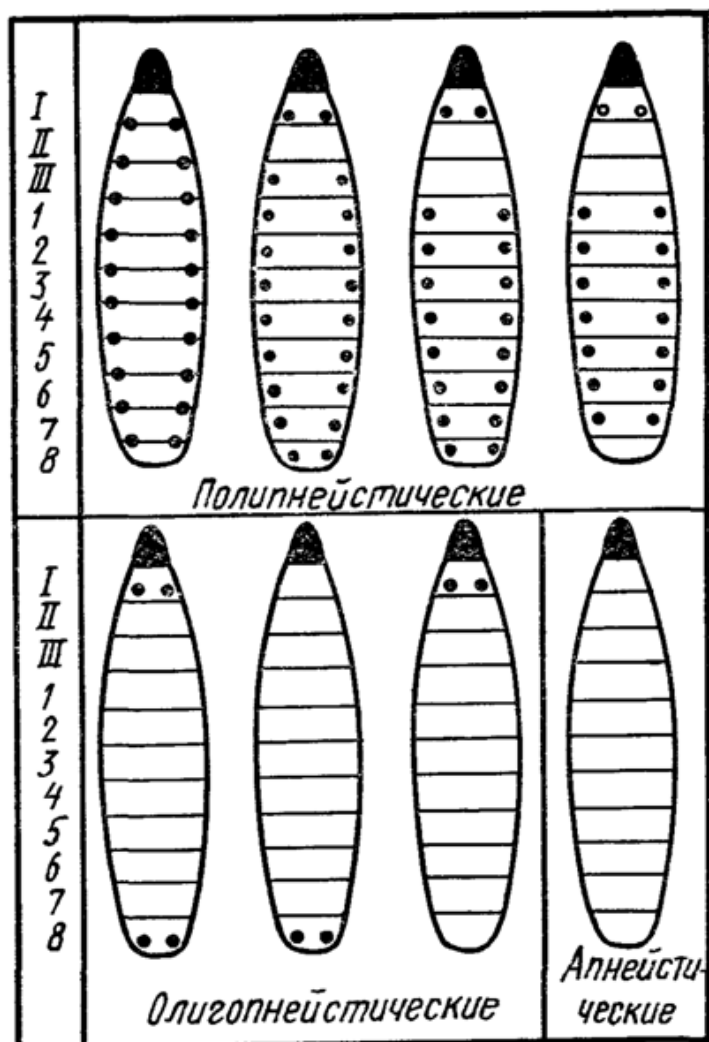
Некоторые мелкие насекомые, например протуры из семейства Acerentomidae и все ногохвостки, за исключением семейства Sminthuridae, вообще лишены трахей и дыхалец. Газообмен у них осуществляется только через всю поверхность тела, т. е. на основе **общего кожного дыхания**. Этот способ дыхания широко распространен у почвенных насекомых.



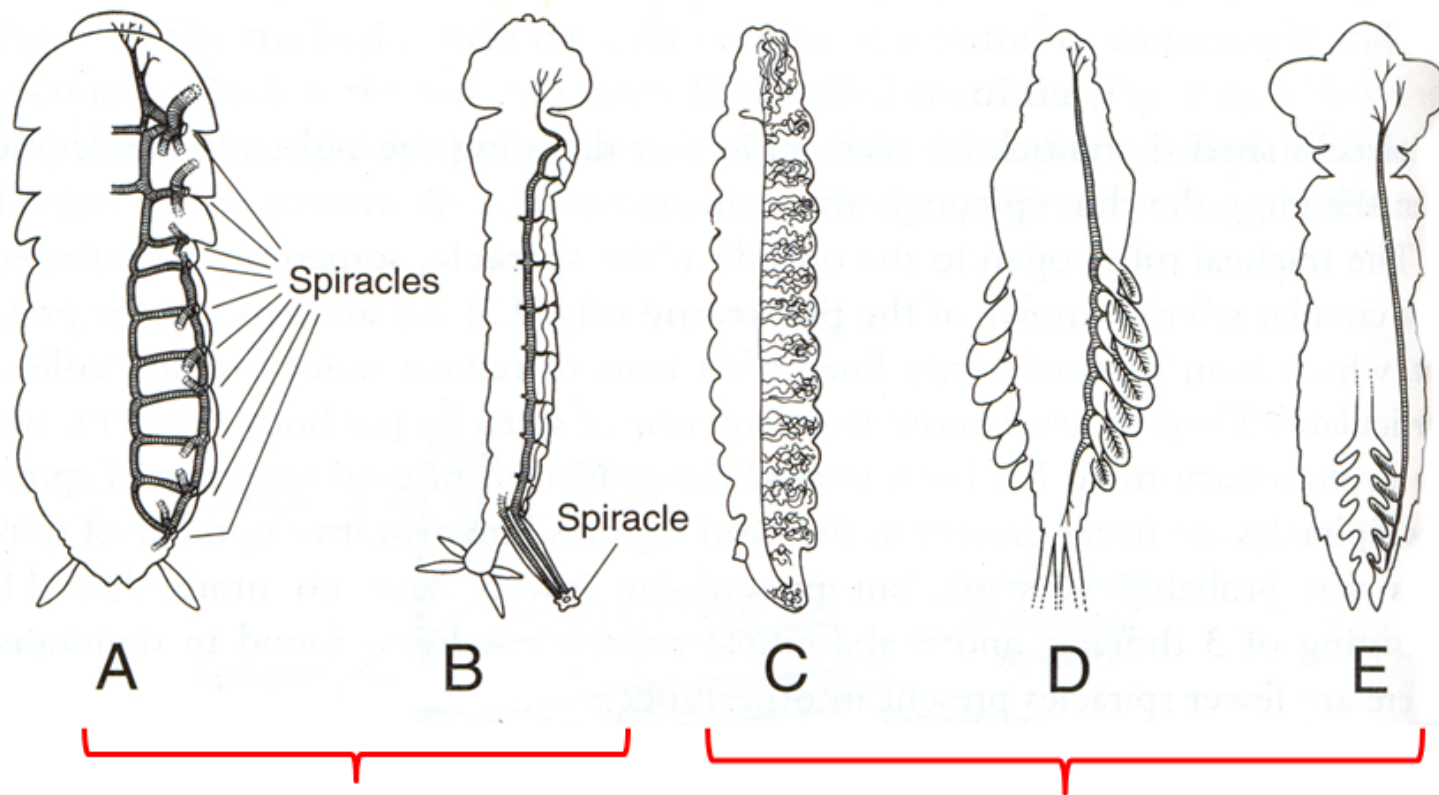
**Открытая трахейная система
(полипнейстическая)**

**Замкнутая трахейная система
(апнейстическая),**

Gullan, Cranston, 2000



Различные варианты
расположения дыхалец у личинок
двукрылых (по Keilin, 1944):
I—III — грудные сегменты, 1—8
— брюшные сегменты (по
Тыщенко, 1986)



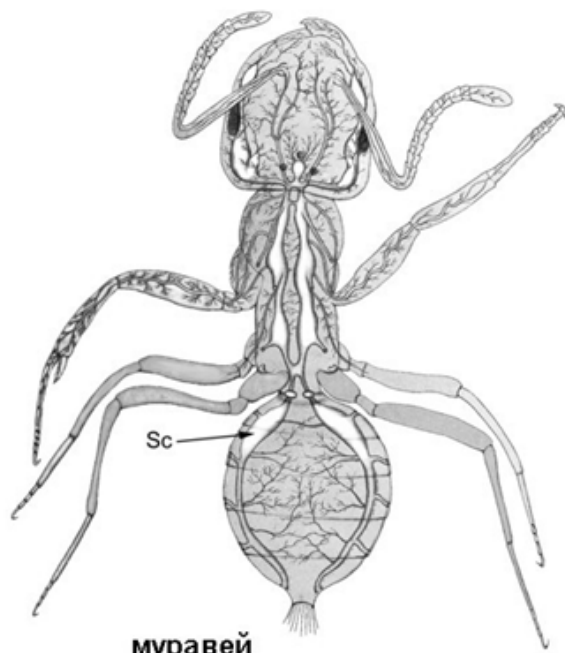
**Открытая трахейная система
(полипнейстическая)**

**Замкнутая трахейная система
(апнейстическая),**

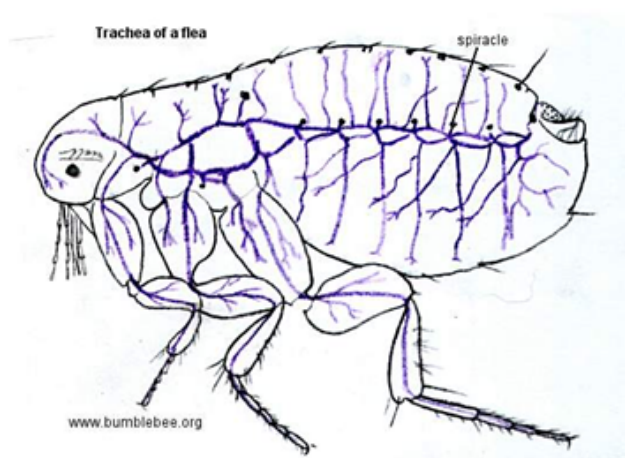
Gullan, Cranston, 2000



пчела



муравей



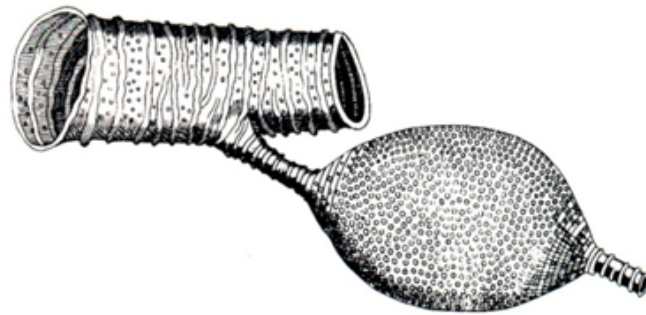


Figure 1. A tracheal trunk and an air-sac of the horned beetle as seen by Swammerdam (1737). The variable pattern of the taenidial fold and the punctate ornamentation of the air sac are shown.

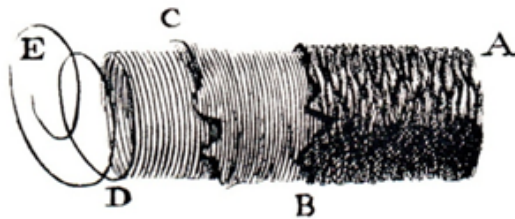
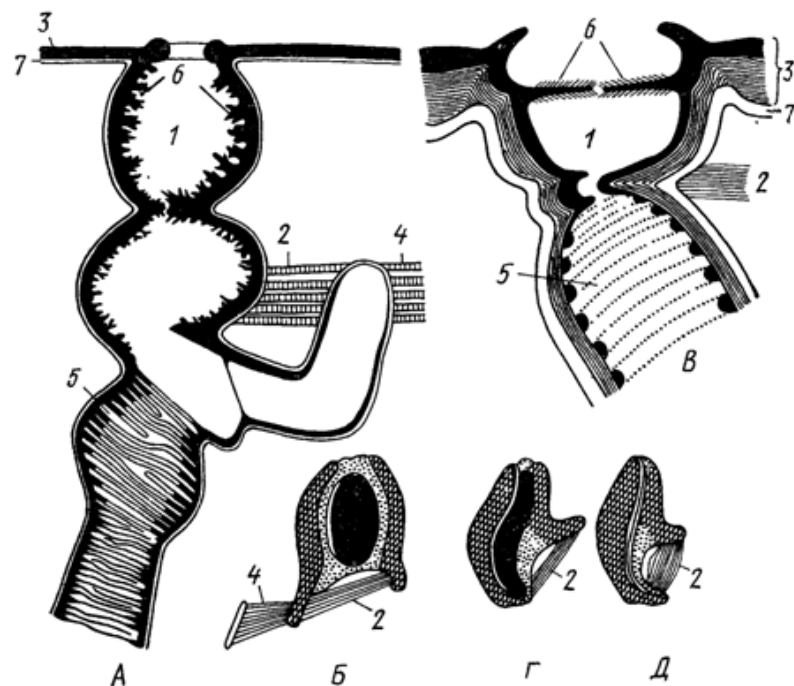


Figure 2. The components of a trachea of the willow caterpillar, as observed by Lyonet (1760). From the description given by Lyonet, AB can be interpreted as the connective sheath, BC as the tracheal epithelium, and CD as the intima, with the taenidium uncoiled in DE.

Трахеи были идентифицированы и описаны как респираторная система насекомых Malpighi (1669), Swammerdam (1737), Reaumur (1737), **Lyonet (1760)**

Lyonet впервые описал кутикулярную интиму с их тенидиями. Однако трахеолы удалось описать только с использованием электронного микроскопа – классические работы Richards в 1951 году.

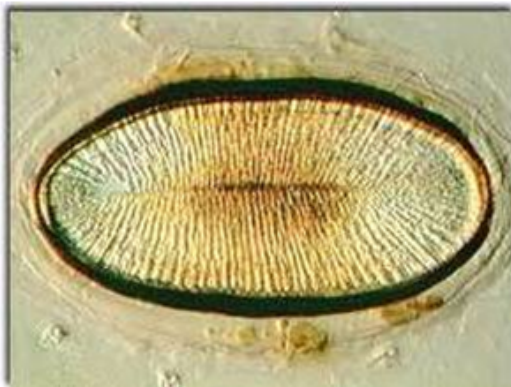


Каждое функционирующее дыхальце ведет в атриальную полость (атриум). За счет стенок этой полости образуются замыкательный аппарат и специальная система фильтрации воздуха. Замыкательные аппараты могут быть наружными или внутренними. *Наружный замыкательный аппарат* представлен двумя вальвами, закрывающими вход в трахею. *Внутренние замыкательные аппараты* представлены различными структурами, расположенными в глубине атриума.

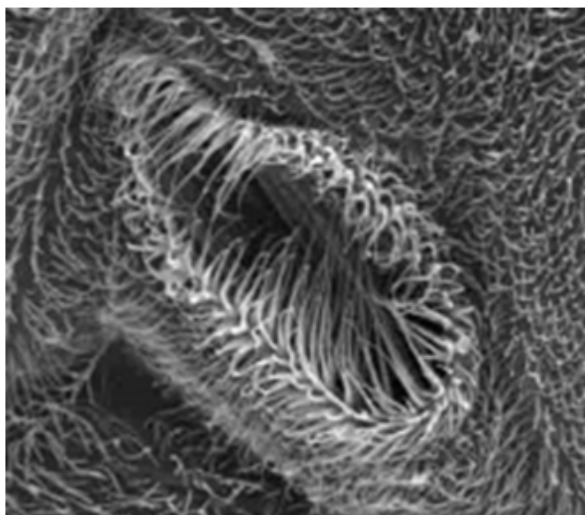
Схема замыкательных аппаратов дыхалец (по Obenberger, 1952):

А — продольный и *Б* — поперечный (дыхальце открыто) срезы через дыхальце, обслуживаемое двумя мышцами, *В* — продольный и *Г—Д* — поперечные (*Г* — дыхальце открыто, *Д* — дыхальце закрыто) срезы через дыхальце, обслуживаемое одной мышцей;

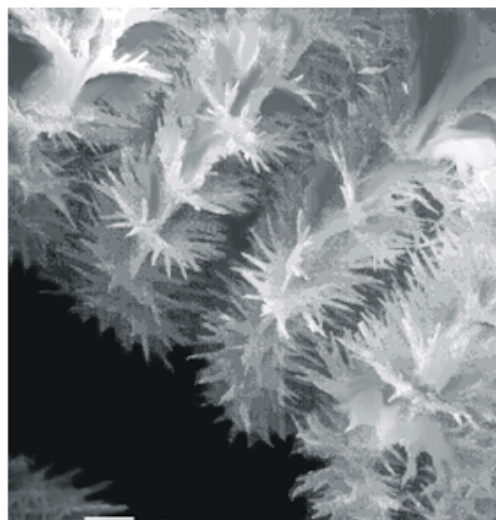
1 — атриальная полость, 2 — мышца-закрыватель дыхальца, 3 — кутикула, 4 — мышца-открыватель дыхальца, 5 — трахеи, 6 — структуры, образующие фильтрующий аппарат дыхалец, 7 — эпителий (по Тыщенко, 1986)



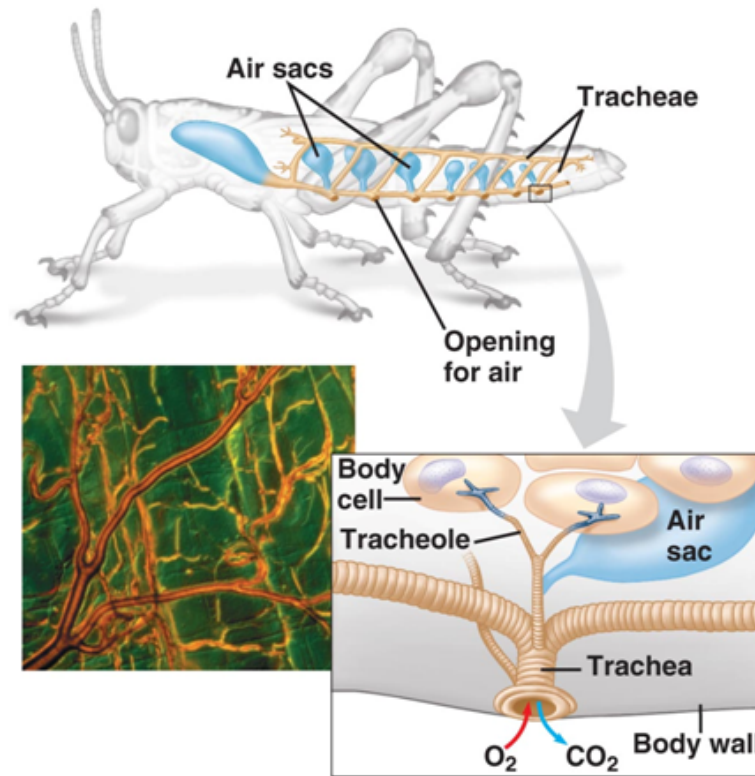
Различные типы дыхалец (стигм)



*Наружный замыкательный
аппарат*



*Внутренний замыкательный
аппарат*



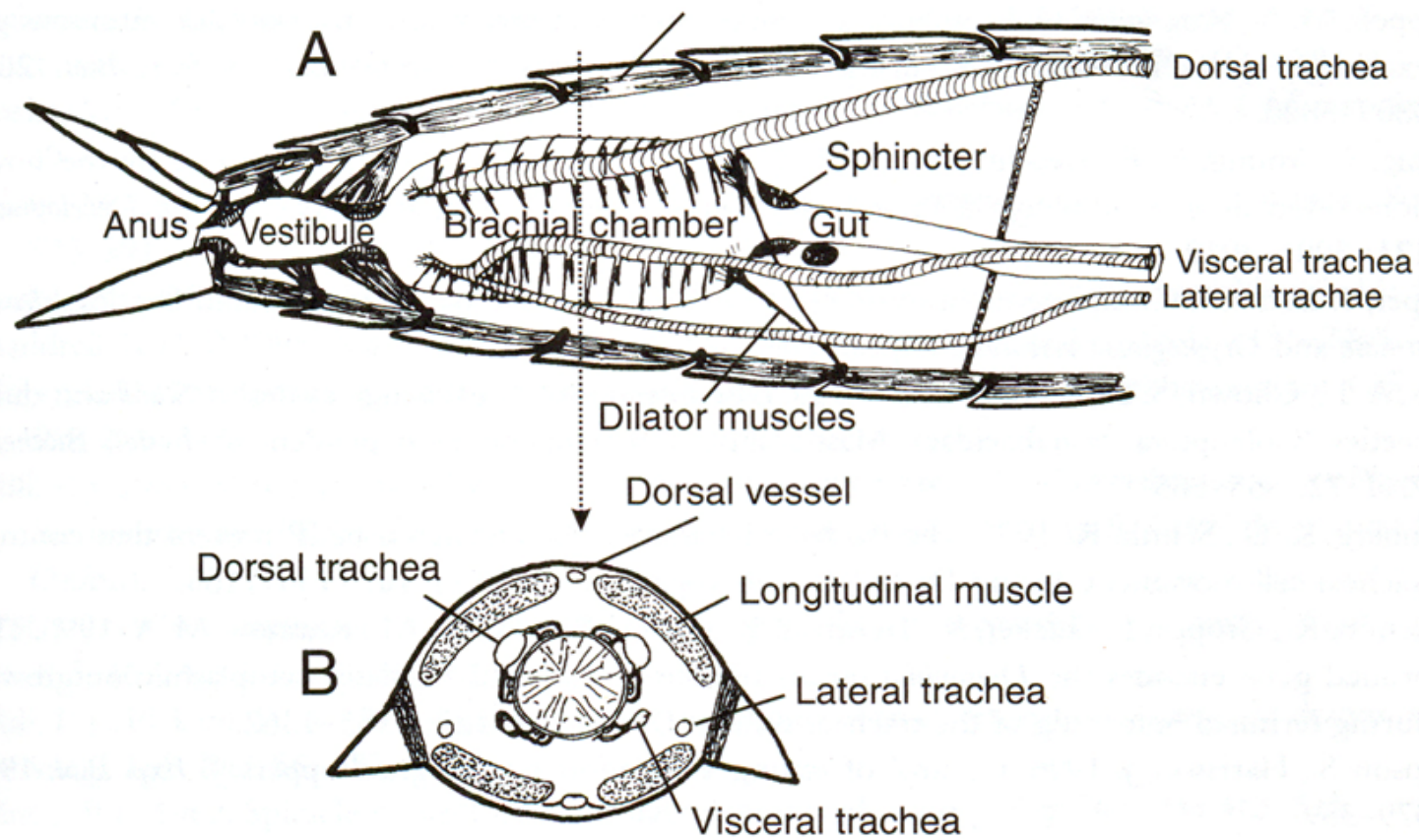
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

У многих хорошо летающих насекомых на продольных трахейных стволах образуются местные расширения — **воздушные мешки**. В отличие от обычных трахей они лишены тенидиев, поэтому их полость не постоянна и может спадаться при выходе воздуха. Воздушные мешки участвуют в вентиляции крыловой мускулатуры, но выполняют и аэростатическую функцию, способствуя уменьшению удельного веса летающих насекомых.

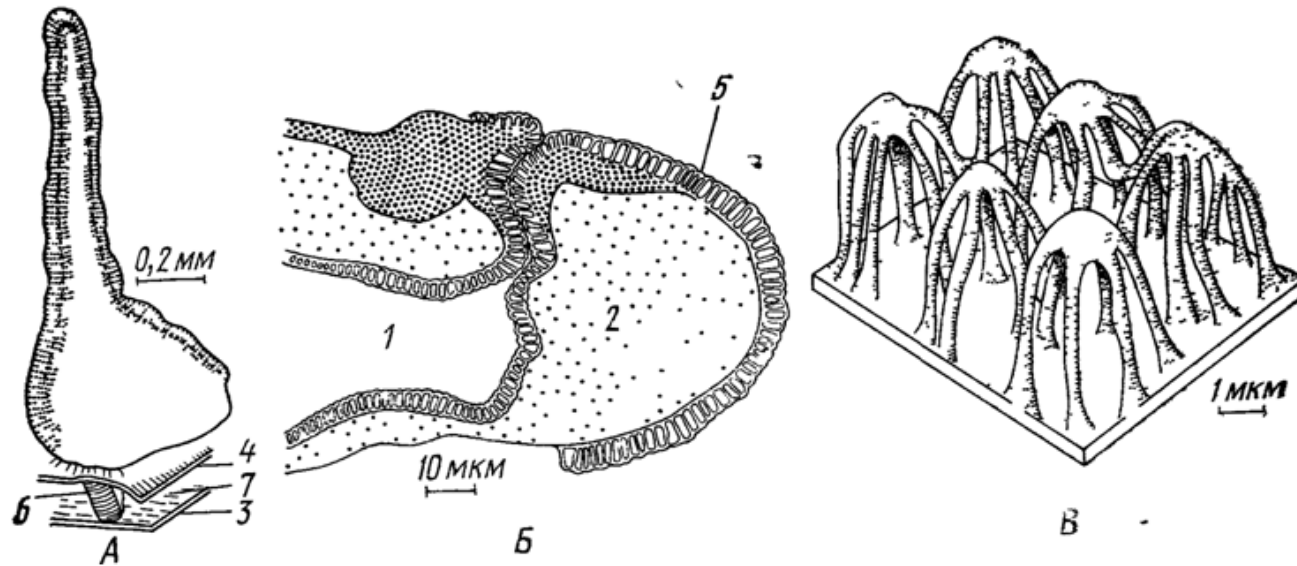


Регуляция воздушного потока в трахейной системе (Wasserthal, 1986)

Ректальные жабры

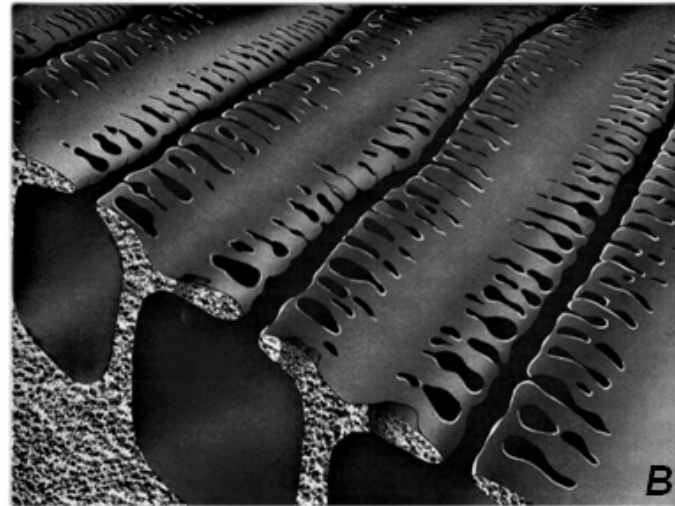
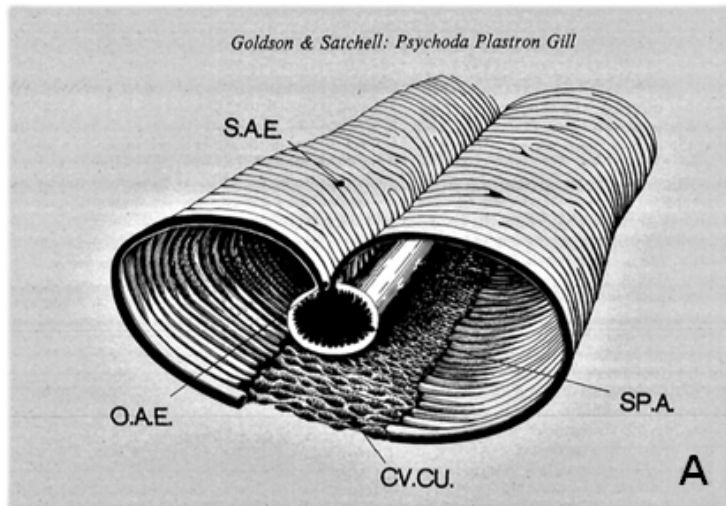


Дыхательная поверхность кутикулярных жабр образует пластрон — тонкую пленку воздуха на гидрофобной сеточке, создаваемой микроструктурными особенностями наружной кутикулы (рис). Обычно пластрон формируется на вертикальных стойках, соединенных горизонтальными веточками. Капиллярные промежутки между стойками и их ответвлениями заполнены воздухом; через эти воздушные прослойки осуществляется диффузия кислорода, проникающего в атриальную полость дыхальца.



Строение кутикулярной жабры и пластрона у куколки комара-долгоножки *Geraomyia unicolor* (по Hinton, 1968):

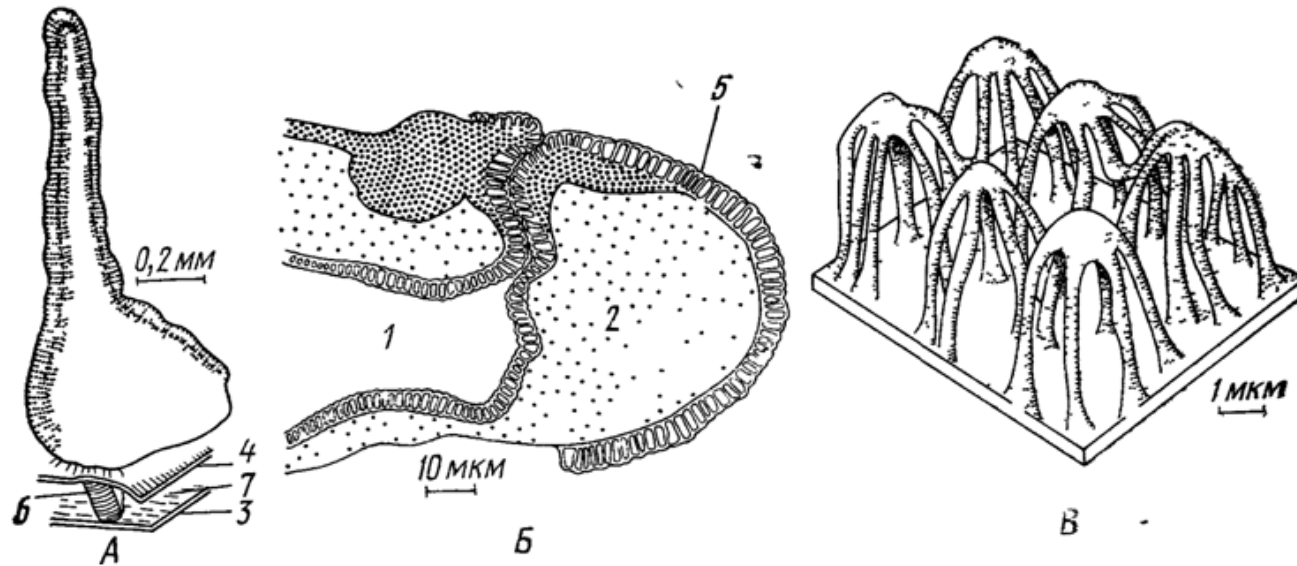
А — общая форма кутикулярной жабры; Б — продольный срез через вершину жабры; В — микроструктура пластрона (реконструкция по микрофотографиям, полученным в растровом электронном микроскопе); 1 — атриальная полость, 2 — гемолимфа, 3 — кутикула имаго, 4 — куколочная кутикула, 5 — пластрон, 6 — трахея, 7 — экзувиальная щель (по Тыщенко, 1986)



A. Diagrammatic representation of T.S. through plastron gill of *Psychoda tridens*, showing overall structure (C.V.C.U., convoluted cuticle on ventral face; O.A.E., openings of aeropyles from spiracular atrium; S.A.E., short aeropyles not reaching convoluted cuticle; S.P.A., spiracular atrium).

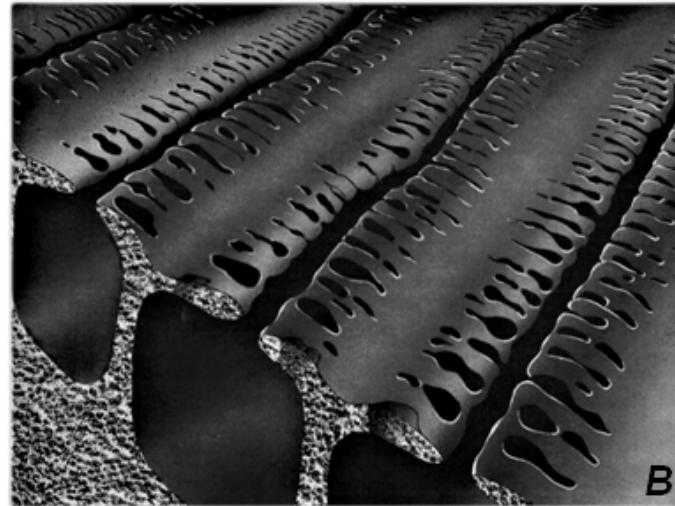
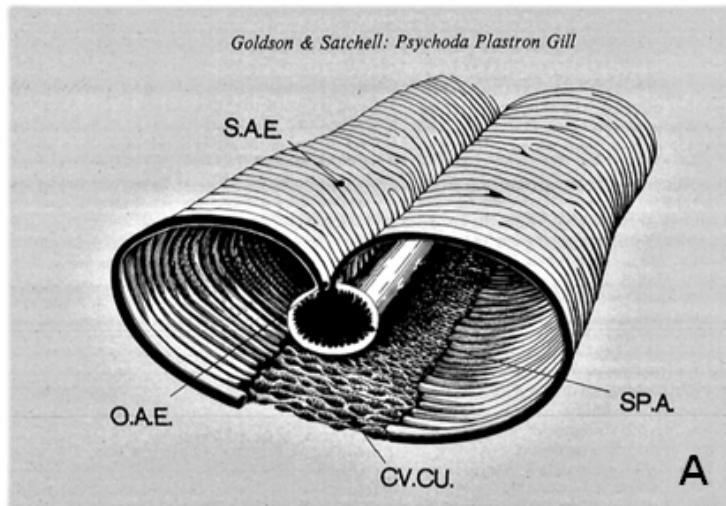
B. Reconstruction of fine structure of plastron layer of *Psychoda tridens*, showing parallel aeropyles and their openings. (by Goldson & Satchell, 1977)

Дыхательная поверхность кутикулярных жабр образует пластрон — тонкую пленку воздуха на гидрофобной сеточке, создаваемой микроструктурными особенностями наружной кутикулы (рис). Обычно пластрон формируется на вертикальных стойках, соединенных горизонтальными веточками. Капиллярные промежутки между стойками и их ответвлениями заполнены воздухом; через эти воздушные прослойки осуществляется диффузия кислорода, проникающего в атриальную полость дыхальца.



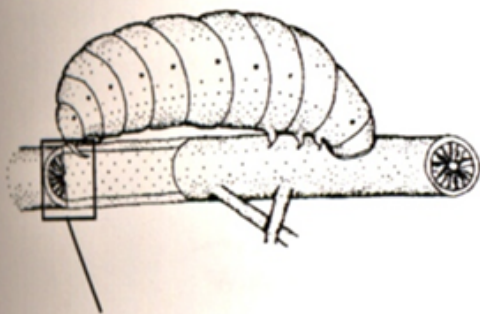
Строение кутикулярной жабры и пластрона у куколки комара-долгоножки *Geraomyia unicolor* (по Hinton, 1968):

А — общая форма кутикулярной жабры; Б — продольный срез через вершину жабры; В — микроструктура пластрона (реконструкция по микрофотографиям, полученным в растровом электронном микроскопе); 1 — атриальная полость, 2 — гемолимфа, 3 — кутикула имаго, 4 — куколочная кутикула, 5 — пластрон, 6 — трахея, 7 — экзувиальная щель (по Тыщенко, 1986)

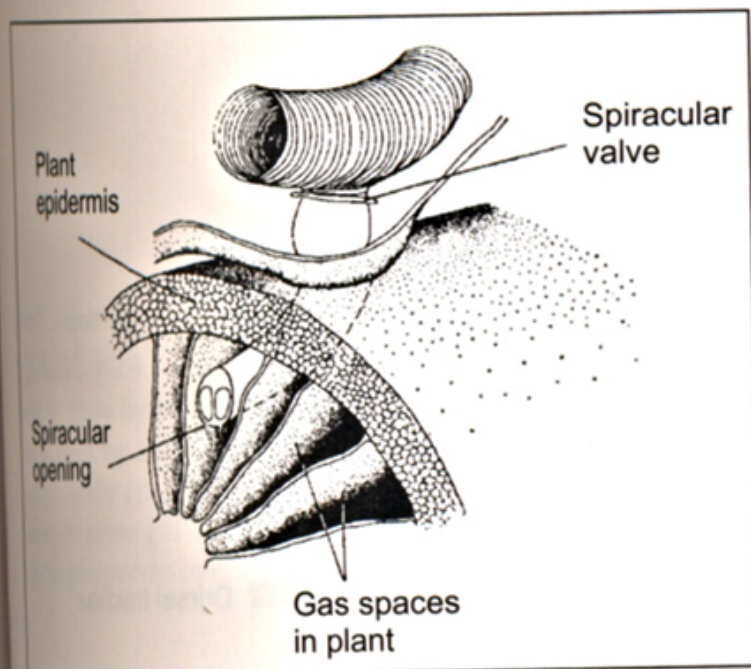


A. Diagrammatic representation of T.S. through plastron gill of *Psychoda tridens*, showing overall structure (C.V.C.U., convoluted cuticle on ventral face; O.A.E., openings of aeropyles from spiracular atrium; S.A.E., short aeropyles not reaching convoluted cuticle; S.P.A., spiracular atrium).

B. Reconstruction of fine structure of plastron layer of *Psychoda tridens*, showing parallel aeropyles and their openings. (by Goldson & Satchell, 1977)



Последний возраст личинки Donacia

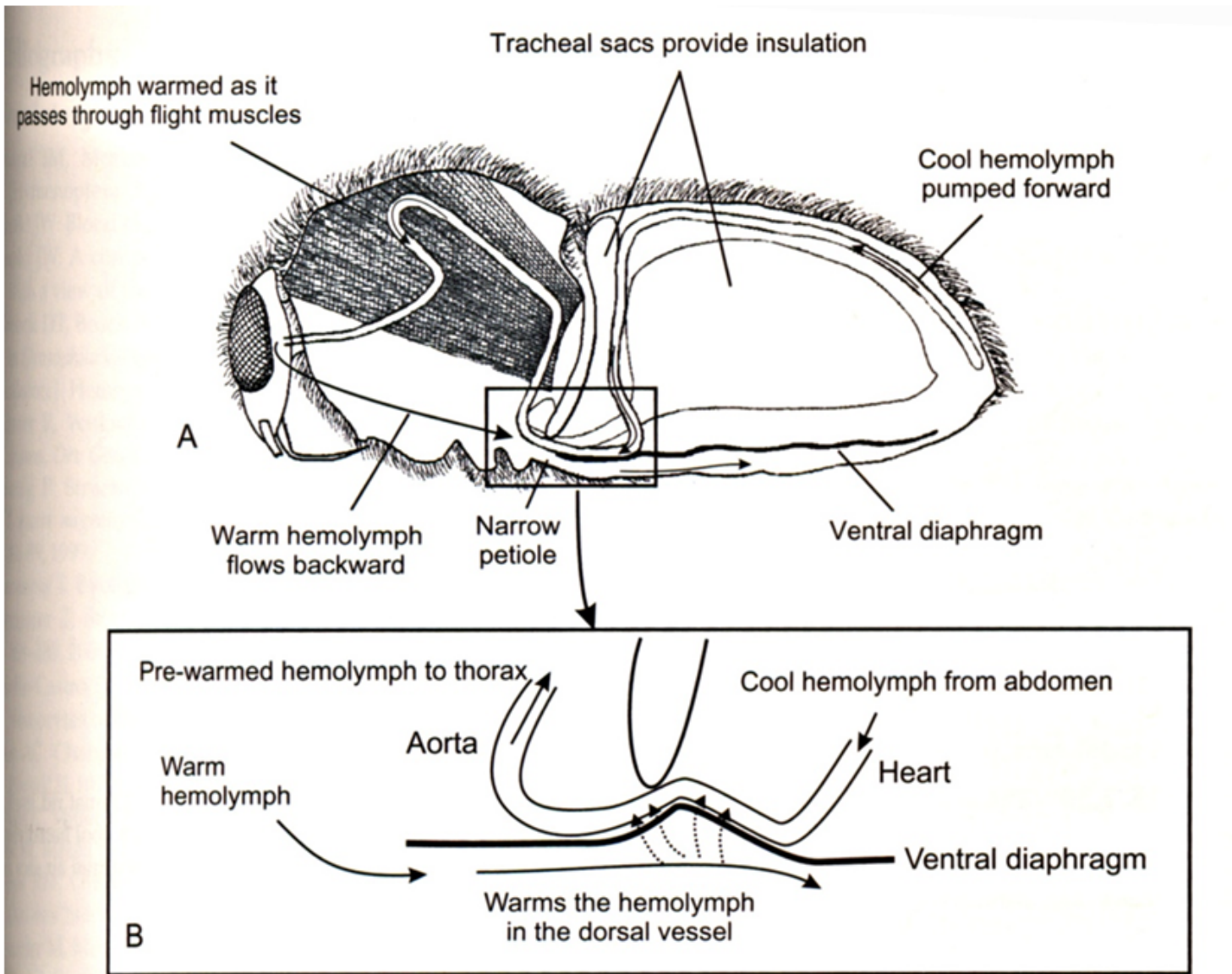


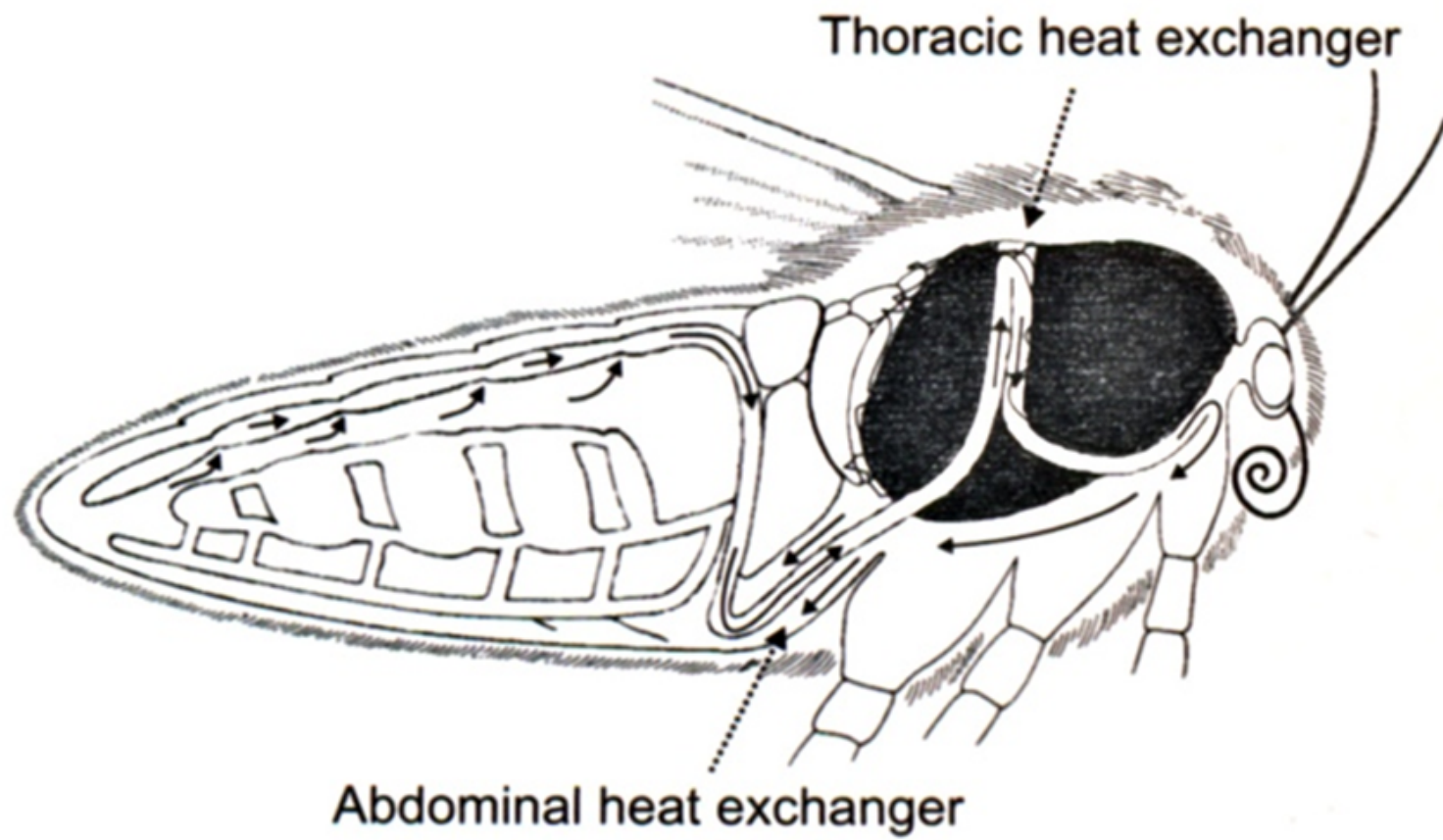
Дыхательные движения создают *вентиляционный цикл*, охватывающий *вдох — инспирацию, выход — экспирацию и паузу между двумя последовательными фазами вдоха и выдоха*. Направления токов воздуха в трахеях во время вентиляционного цикла определяются замыкательными аппаратами дыхалец. У большинства полипнейстических насекомых существует четкое подразделение дыхалец на инспираторные и экспираторные дыхательные отверстия.

При вдохе инспираторные дыхальца открываются, а экспираторные закрываются; при выдохе, наоборот, открываются экспираторные дыхальца, но закрываются инспираторные. Во время паузы закрываются все дыхальца.

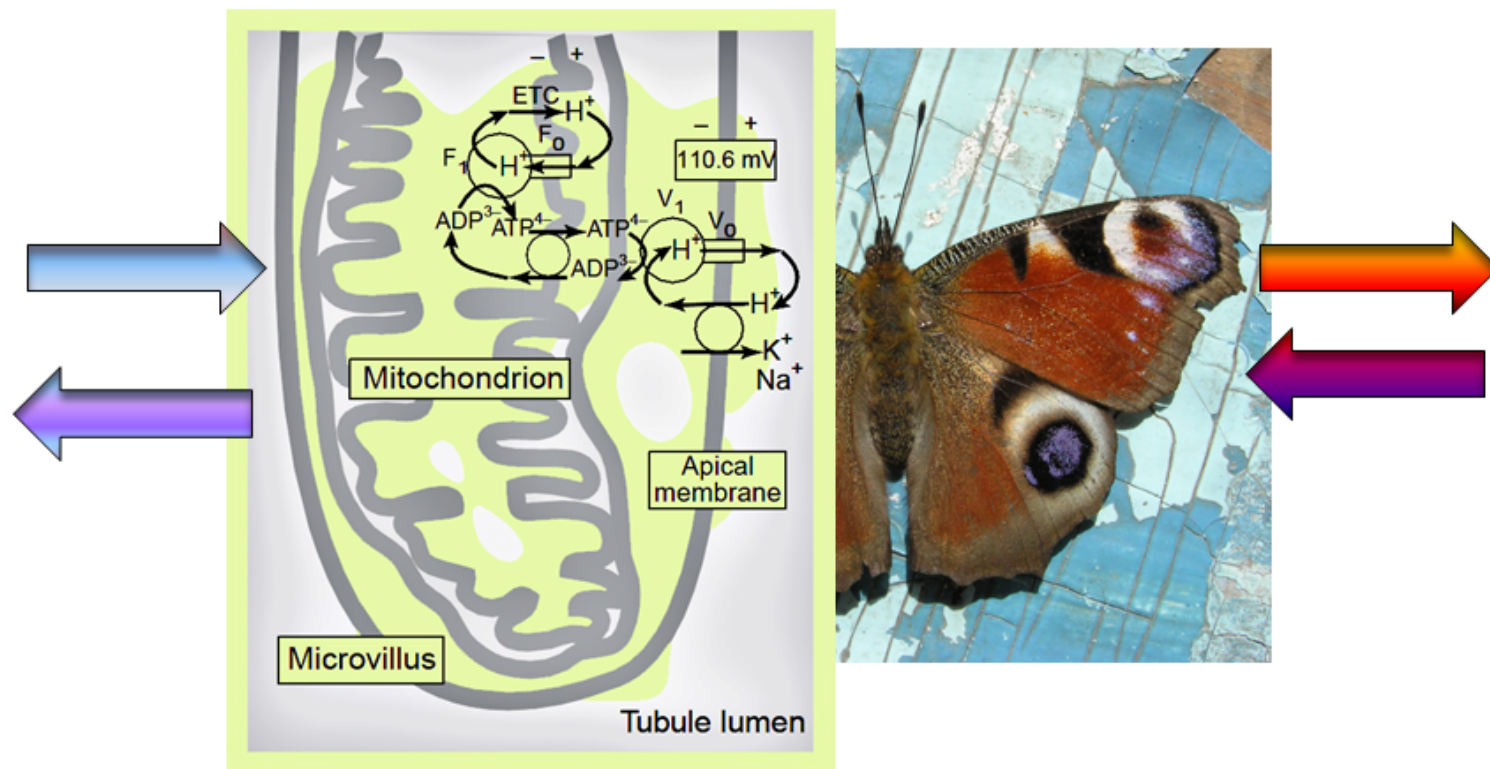
Пигменты – гемоцианин и гемоглобин, (ФО)

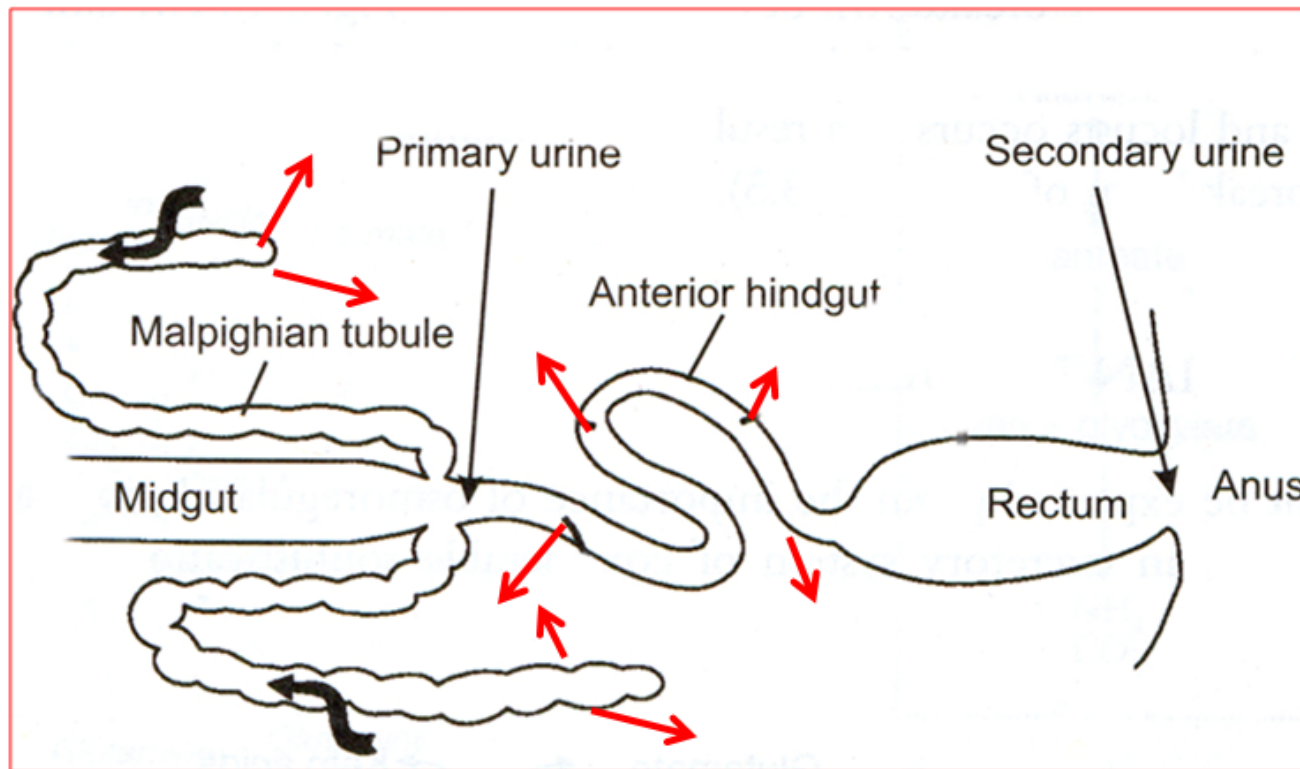




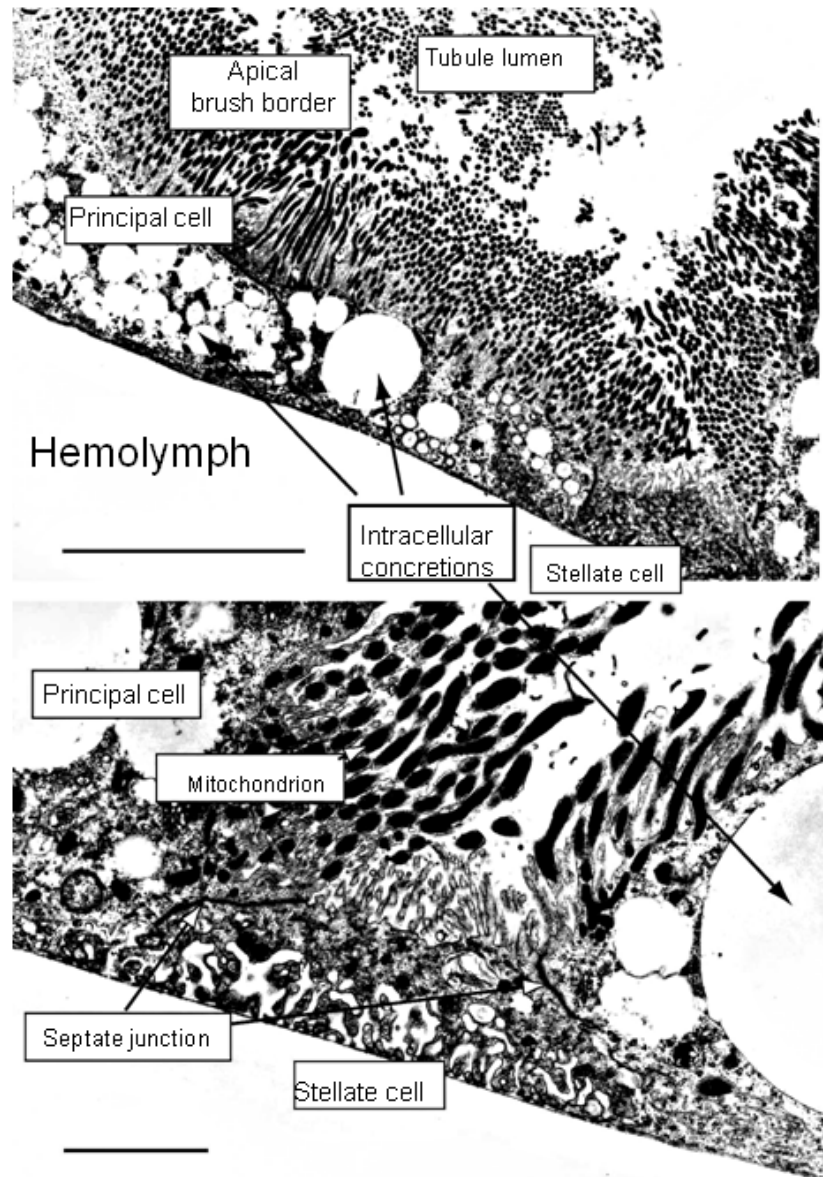


ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НАСЕКОМЫХ

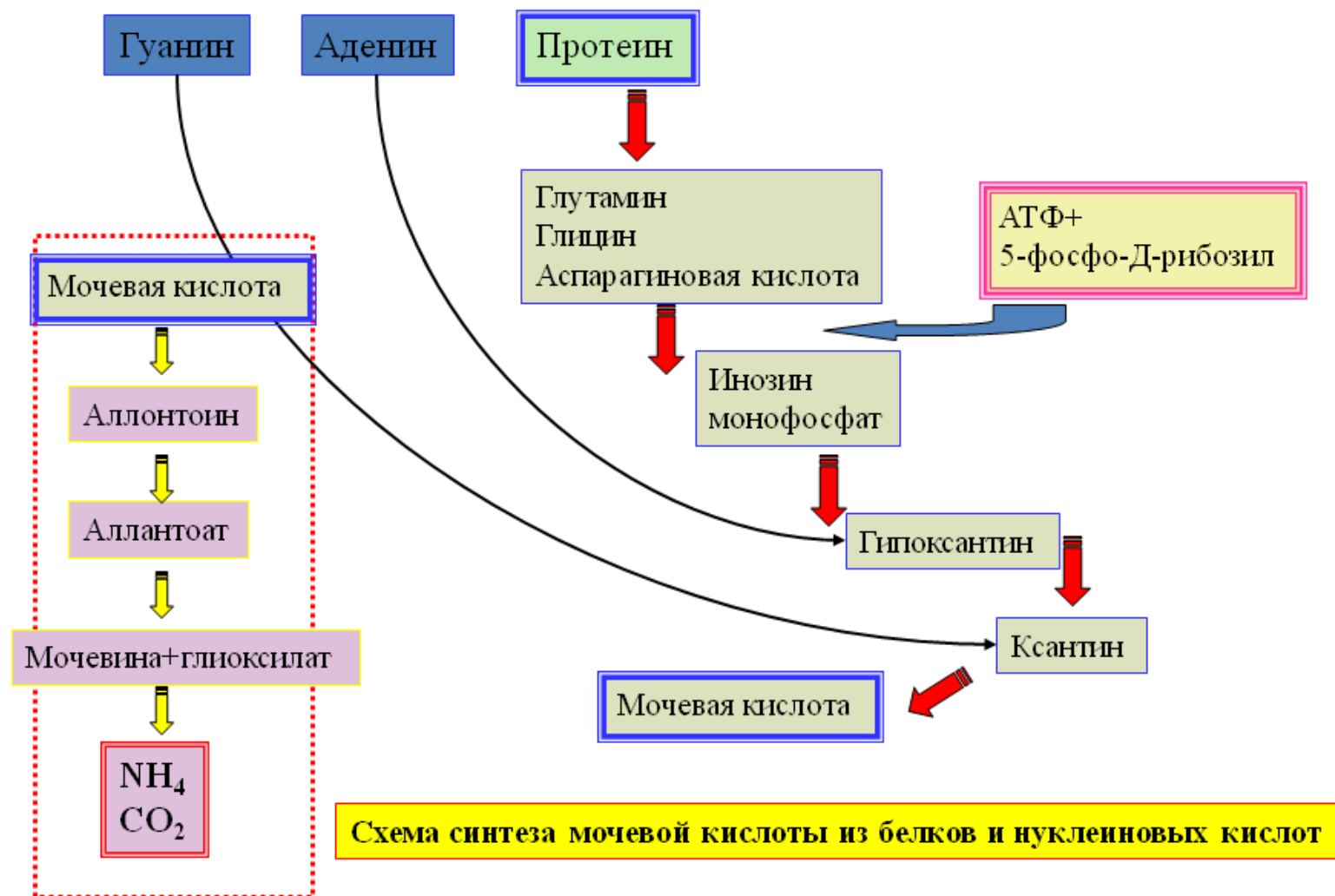


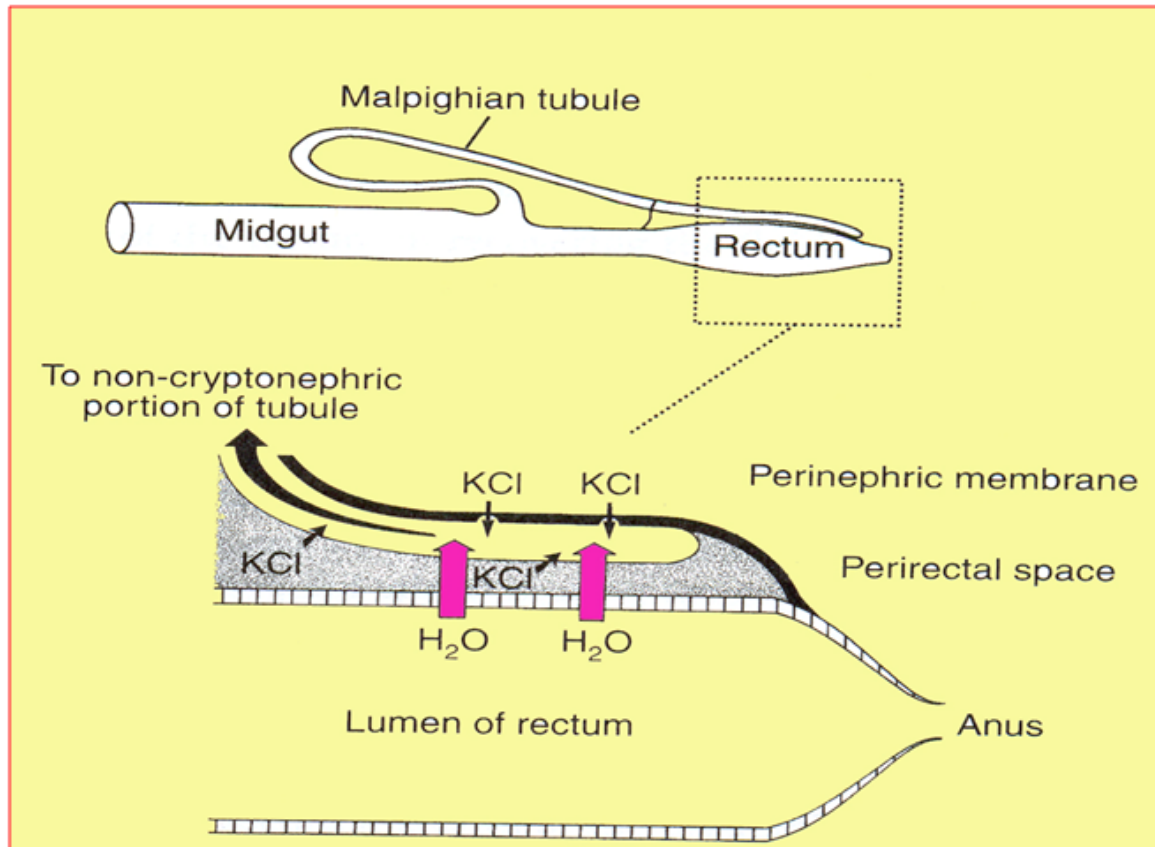


Образование первичной и вторичной мочевины в экскреторной системе.
Чёрные стрелки поглощение органических соединений и воды.
Красные стрелки показывают секрецию электролитов, органических соединений и воды.

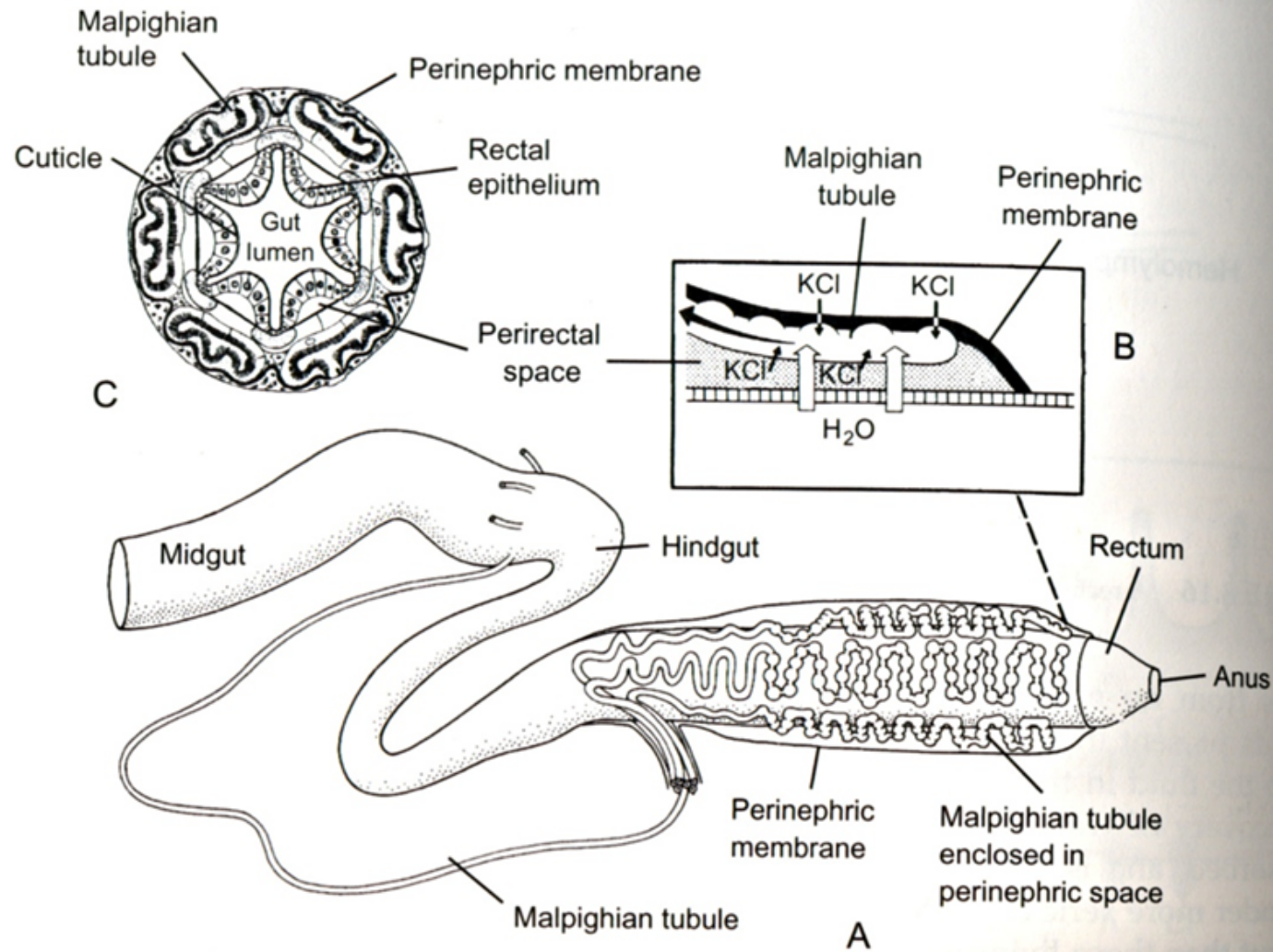


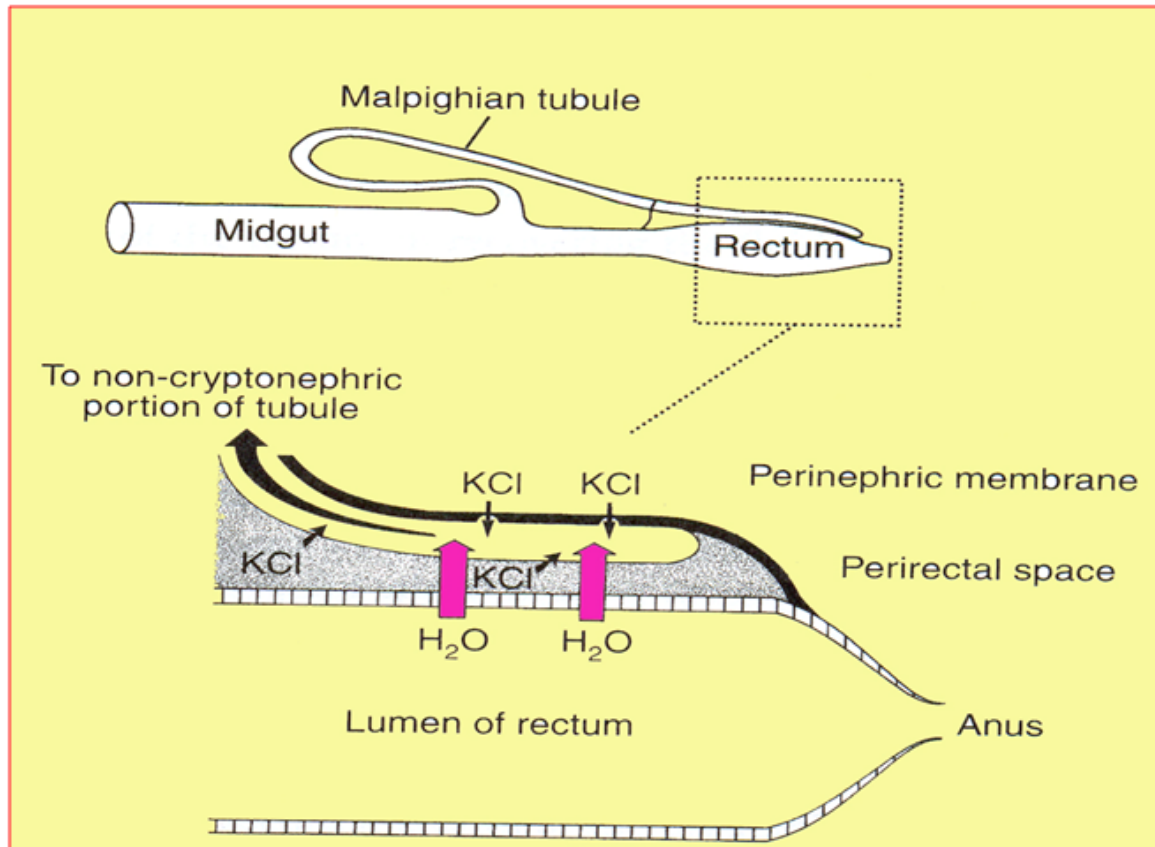
Malpighian tubules of the yellow fever mosquito *Aedes aegypti*. The tubule presents two types of cells, principal cells and stellate cells, in a ratio of 5:1. (A) Principal cells are characterized by large intracellular concretions (spherites) of organo-metallo complexes of Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^{+} and by long slender microvilli containing mitochondria. (B) Stellate cell bracketed by principal cells. Stellate cells do not contain intracellular concretions and their brush borders are short and devoid of mitochondria. The basolateral membrane facing the hemolymph shows extensive infoldings. Septate junctions define the lateral border with principal cells.





Криптонефредиаальный комплекс.
Ассоциация Мальпигиевых сосудов с ректумом,
обеспечивающая более эффективный механизм резорбции воды





Криптонефредиаальный комплекс.
Ассоциация Мальпигиевых сосудов с ректумом,
обеспечивающая более эффективный механизм ресорбции воды

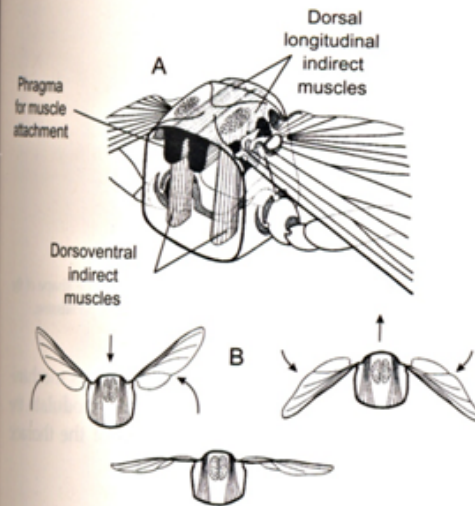


FIGURE 10.30 The mechanism of wing movement. (A) The indirect dorsal longitudinal muscles attach to the phragmata at either end of the segment, causing it to shorten and move the wings downwards. The indirect dorsoventral muscles move the tergum downward with contraction, causing the wings to move upwards. (B) Wing movements as a result of changes in thoracic conformation. From Brodsky (1994). Reprinted with permission.

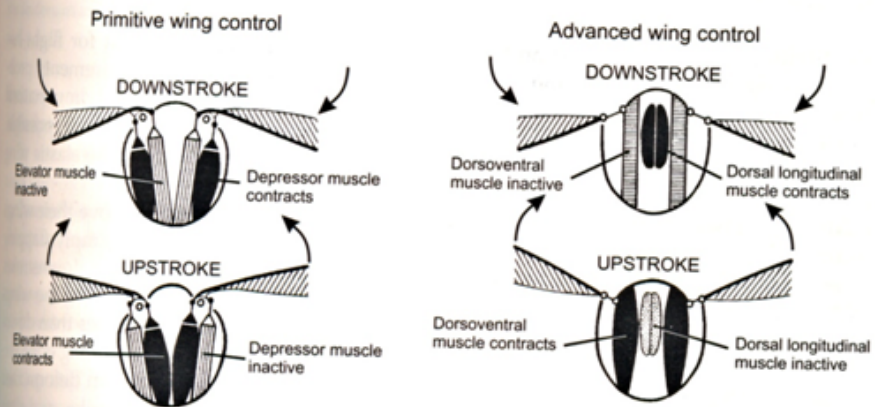
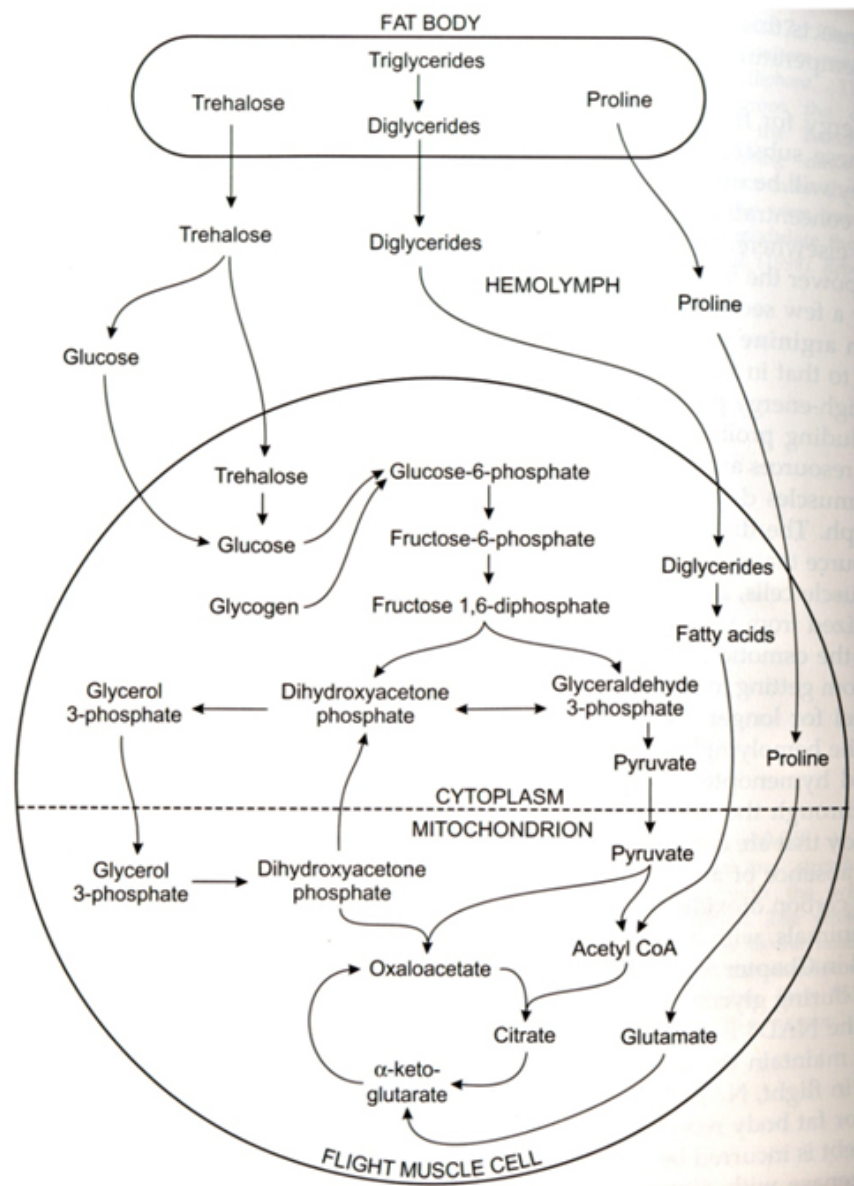
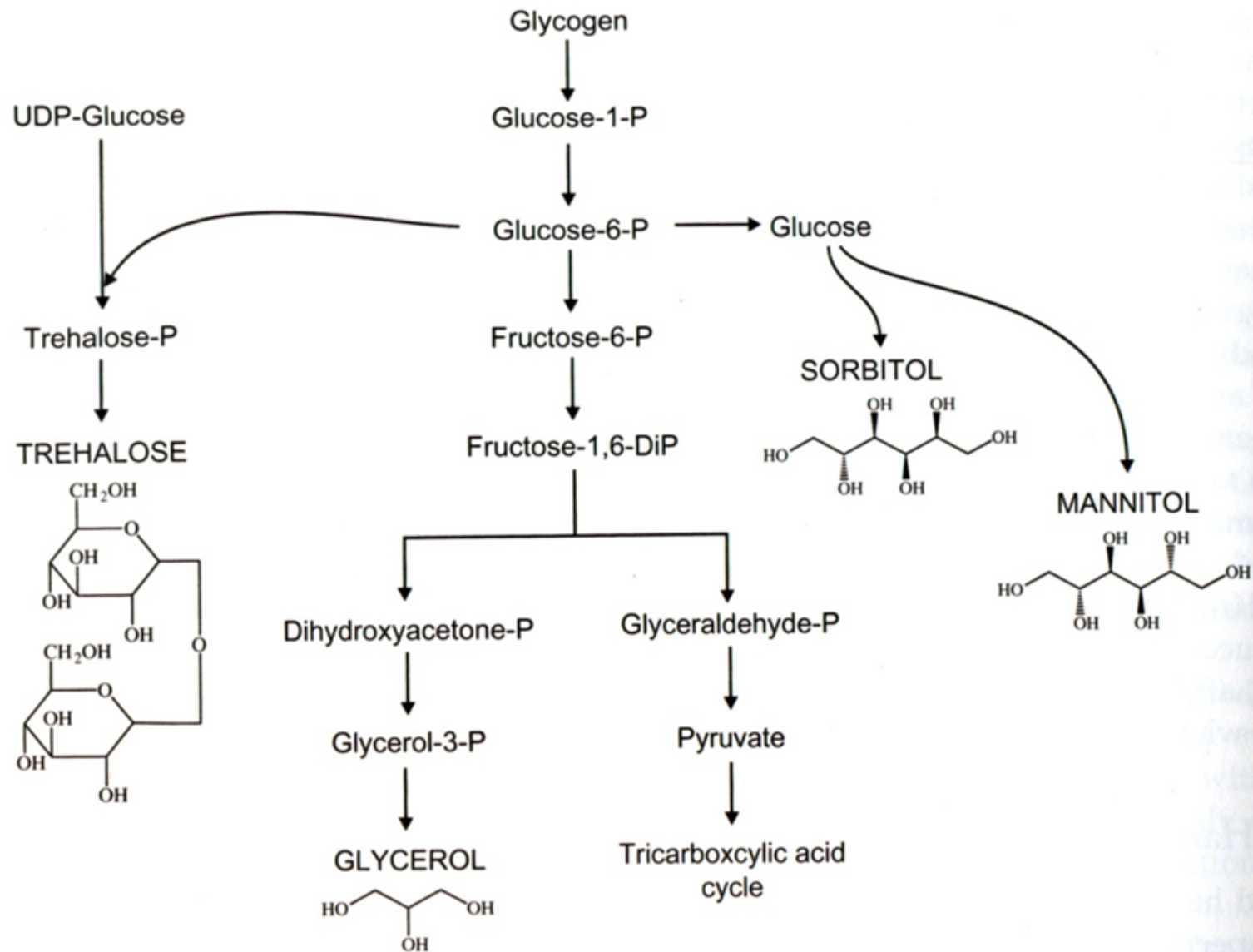


FIGURE 10.31 The differences between the more primitive wing control by direct flight muscles (left) and the more advanced wing control by indirect flight muscles (right). From Nachtigall (1989). Reprinted with permission.



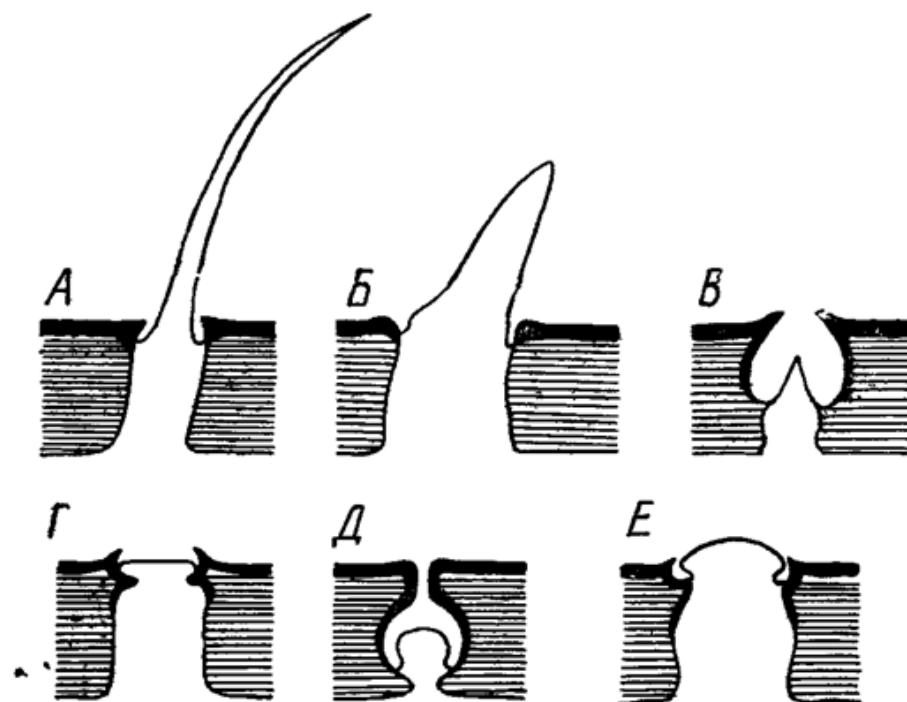


ОРГАНЫ ЧУВСТВ НАСЕКОМЫХ

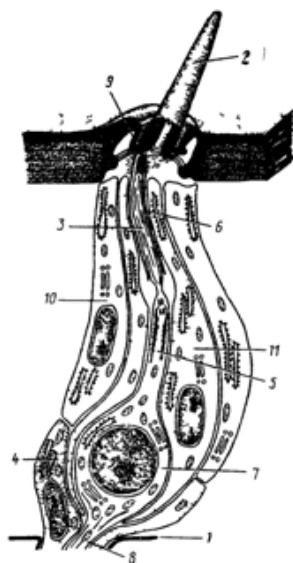


A male *Antheraea polyphemus* moth



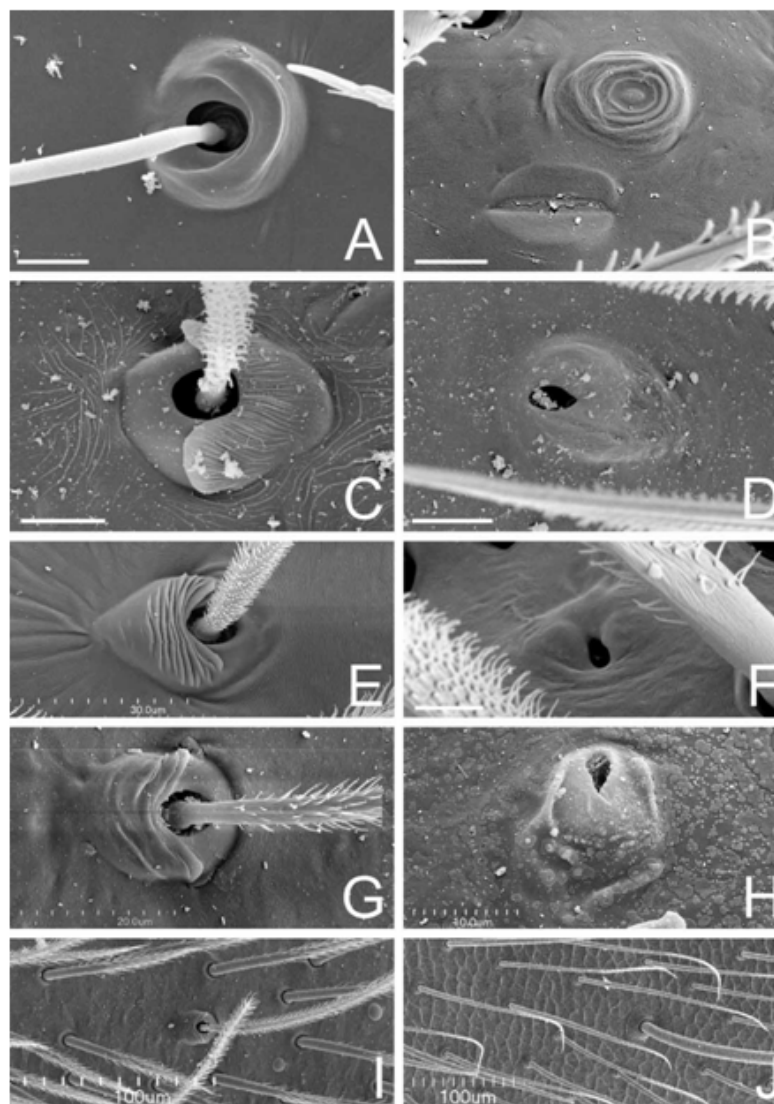


Кутикулярные структуры некоторых сенсилл: А — трихоидная сенсилла; Б — базиконическая; В — целоконическая; Г — плакоидная; Д — колоколовидная погруженная; Е — колоколовидная поверхностная (Тыщенко, 1980)



Ультраструктурная организация трихонидной механорецепторной сенсиллы, расположенной на ножке антенны у личинки стрекозы (по В. П. Иванову, 1978):

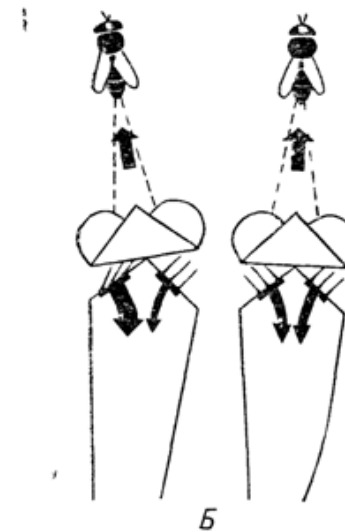
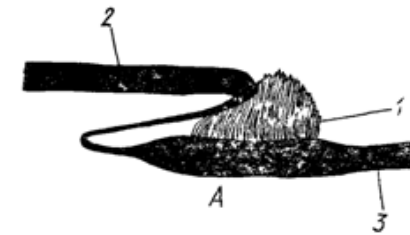
1 — базальная мембрана, 2 — волосок, 3 — видоизмененная ресничка, 4 — глиальная клетка, 5 — дистальный отросток нейрона, 6 — кутикулярная оболочка, 7 — нейрон, 8 — проксимальный отросток нейрона, 9 — сочленовная мембрана, 10 — тормогенная клетка, 11 — трихогенная клетка



Волосковые пластинки

представляют собой скопления механорецепторных трихоидных сенсилл, вполне сходных с тактильными рецепторами

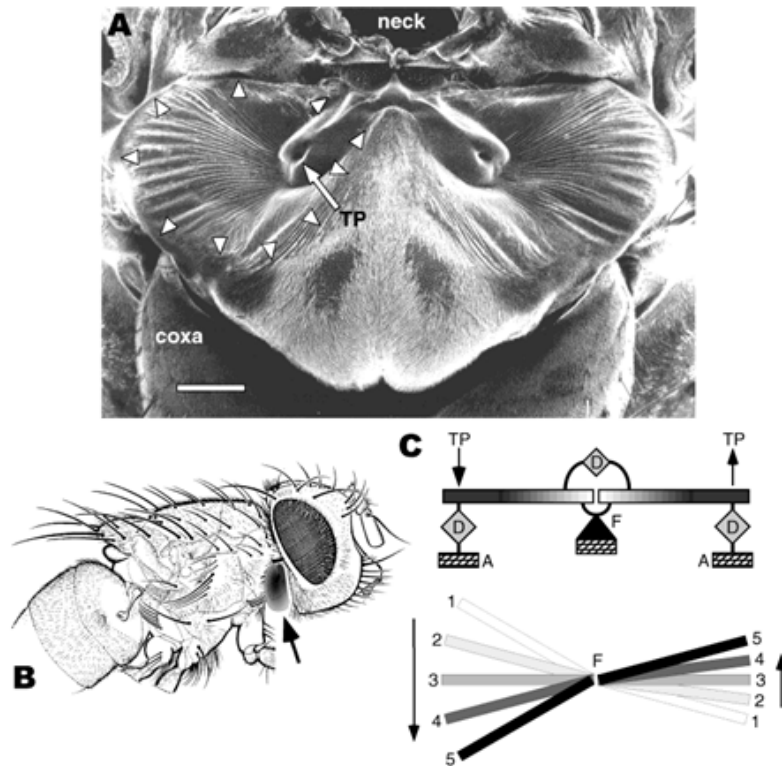
Колоколовидные сенсиллы служат проприоцепторами, реагирующими на деформацию кутикулы во время мышечных сокращений. Они встречаются на всех участках тела насекомого, подверженных таким деформациям, но особенно их много на крыльях, ногах, яйцекладе и мандибулах.



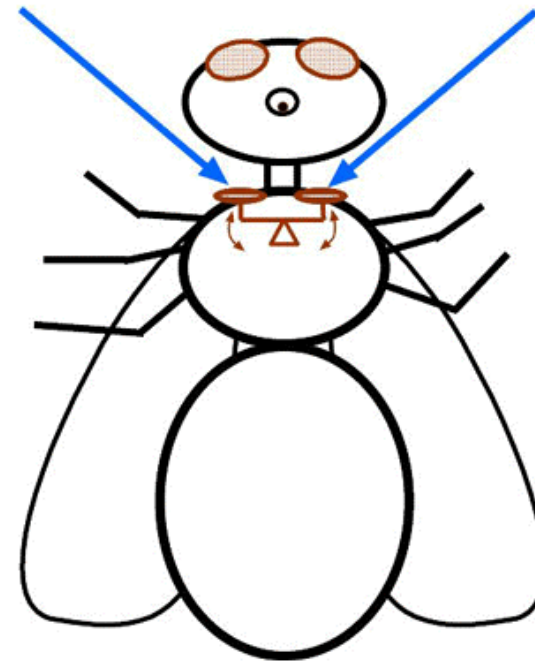
Tympanum

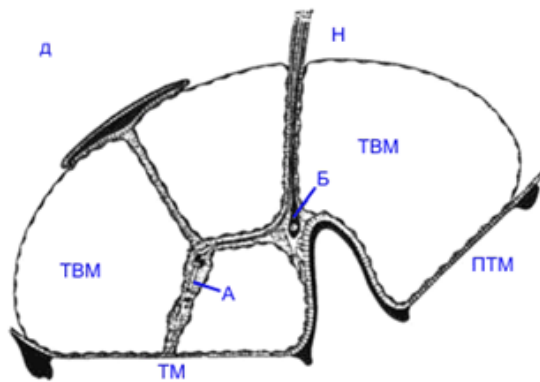
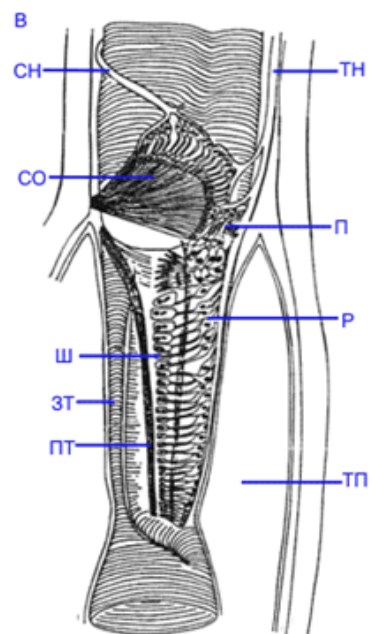
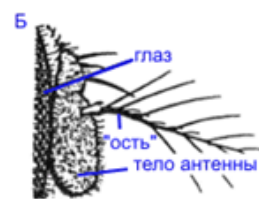
These are used to detect sound at a longer distance than can be picked up by chordotonal organs
Consist of a thin membrane over a tracheal tube This may be a respiratory trachea or a modified, non-respiratory trachea

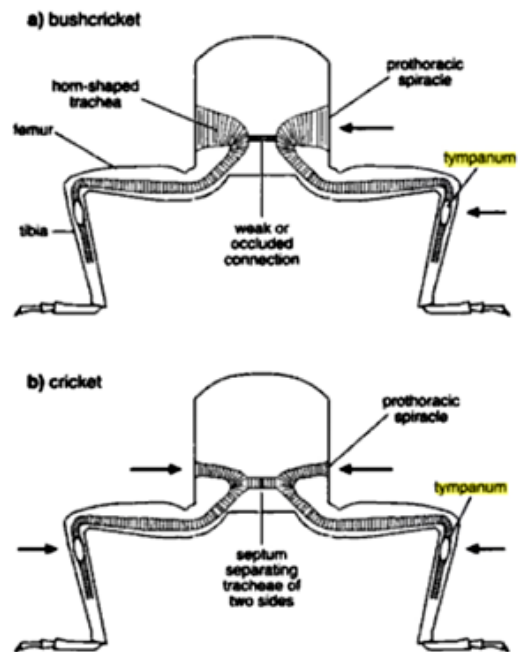
Can be located on the abdomen, legs, metathorax, ventral thorax, wing base, prosternum, or cervix



Scanning electron micrograph of the prothoracic ear of the tachinid fly *Ormia chracea*.







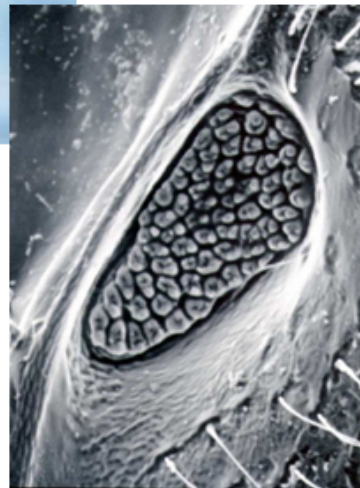
Thermoreceptors

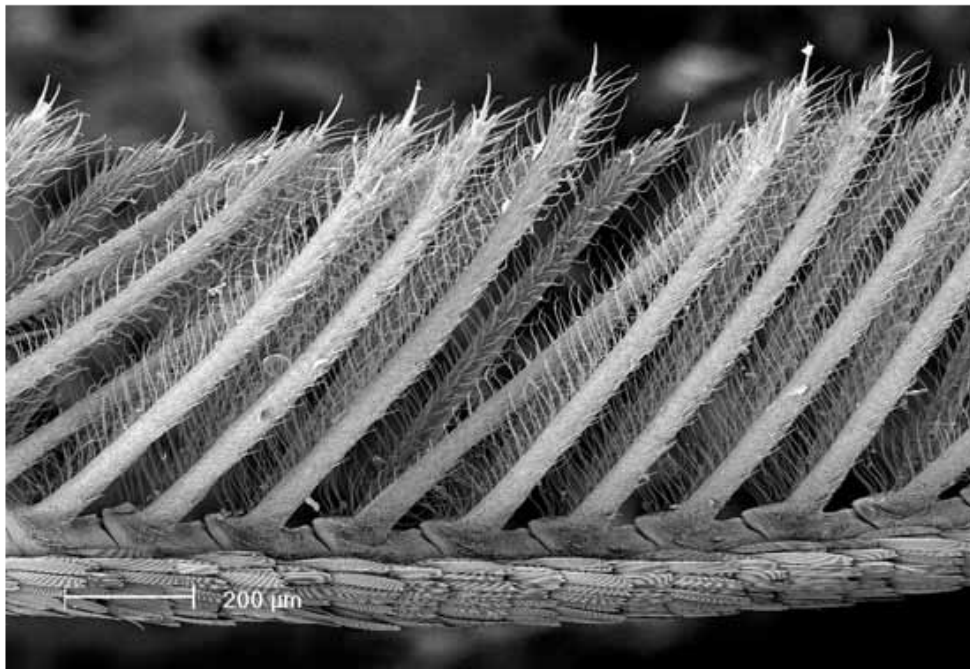
These detect heat (or changes in temperature). If present, usually found in antennae, but can also occur in legs (ex: American cockroach) or mesothorax (Melanophila beetles)

An example...

The beetle *Melanophila acuminata* uses thermoreceptors to detect forest fires

Once the infrared heat from a fire is detected, females fly towards the fire to lay eggs in the recently burned wood





A magnified view of a pair of antennae of the Emperor Gum Moth. The hair-like extensions are sense cells, called **sensilla**. They can detect the scent of female moths kilometres away.

Photographer: Ken Walker Source: Museum Victoria

