

# Γενική Εντομολογία

Νικόλαος Παπαδόπουλος

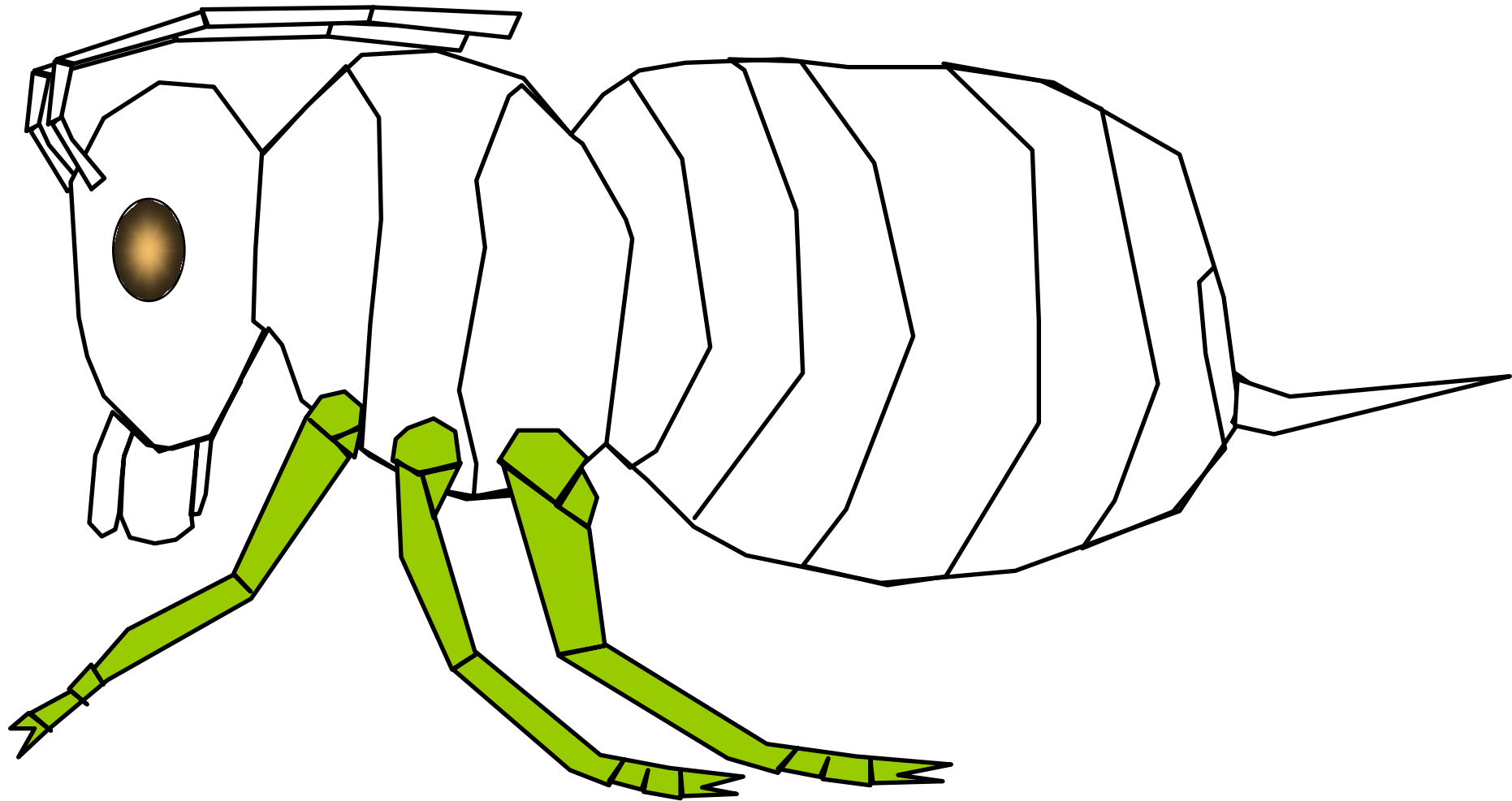
Καθηγητής, Εργαστήριο Εντομολογίας & Γεωργικής  
Ζωολογίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα  
Φυτικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τηλ.: 24210 93285

E-mail: [nikopap@uth.gr](mailto:nikopap@uth.gr)

# Σύνοψη της σημερινής διάλεξης

- Τροφικές συνήθειες – μορφολογία και λειτουργία του πεπτικού συστήματος
- Βασικά τμήματα του πεπτικού συστήματος
- Τύποι κυττάρων του μέσου εντέρου
- Glycocalyx
- Περιτροφική μεμβράνη
- Ένζυμα πεπτικού συστήματος
- Ορμονική λειτουργία του μέσου εντέρου
- Φυσιολογία και μορφολογία του πεπτικού συστήματος στις κύριες τάξεις των εντόμων
- Θρέψη
  - Ισορροπία θρεπτικών συστατικών
  - Απαιτήσεις για συγκεκριμένα στοιχεία
  - Τεχνικές και δίαιτες
  - Μετρήσεις της κατανάλωσης τροφής
  - Εκτροφή εντόμων
- Συμπεράσματα



Εσωτερικές δομές και όργανα

# Μορφολογία

## Κεφαλή

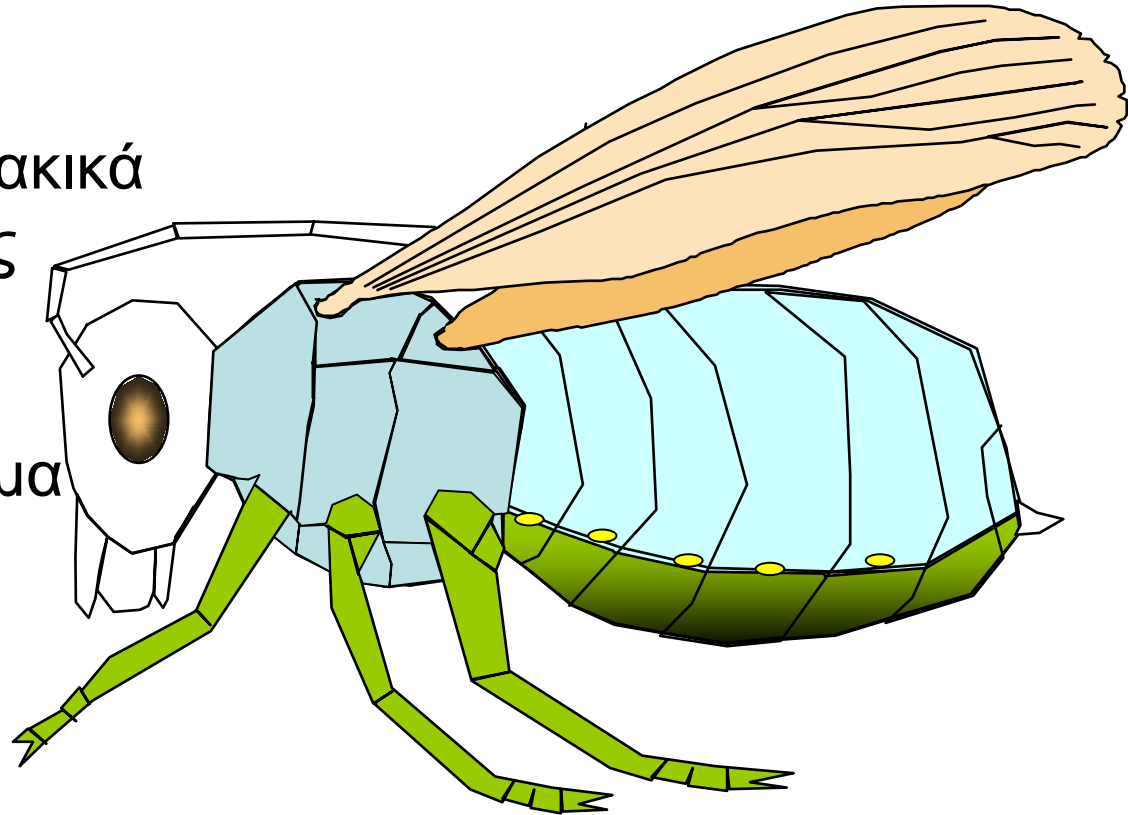
Κεραίες, στόμα, αισθητήρια,  
σύνθετοι οφθαλμοί...

## Θώρακας

Προ-, Μέσο-, Μεταθωρακικά  
τμήματα, πόδια, κεραίες

## Κοιλιά

Αναπαραγωγικό σύστημα  
Γενετικός οπλισμός



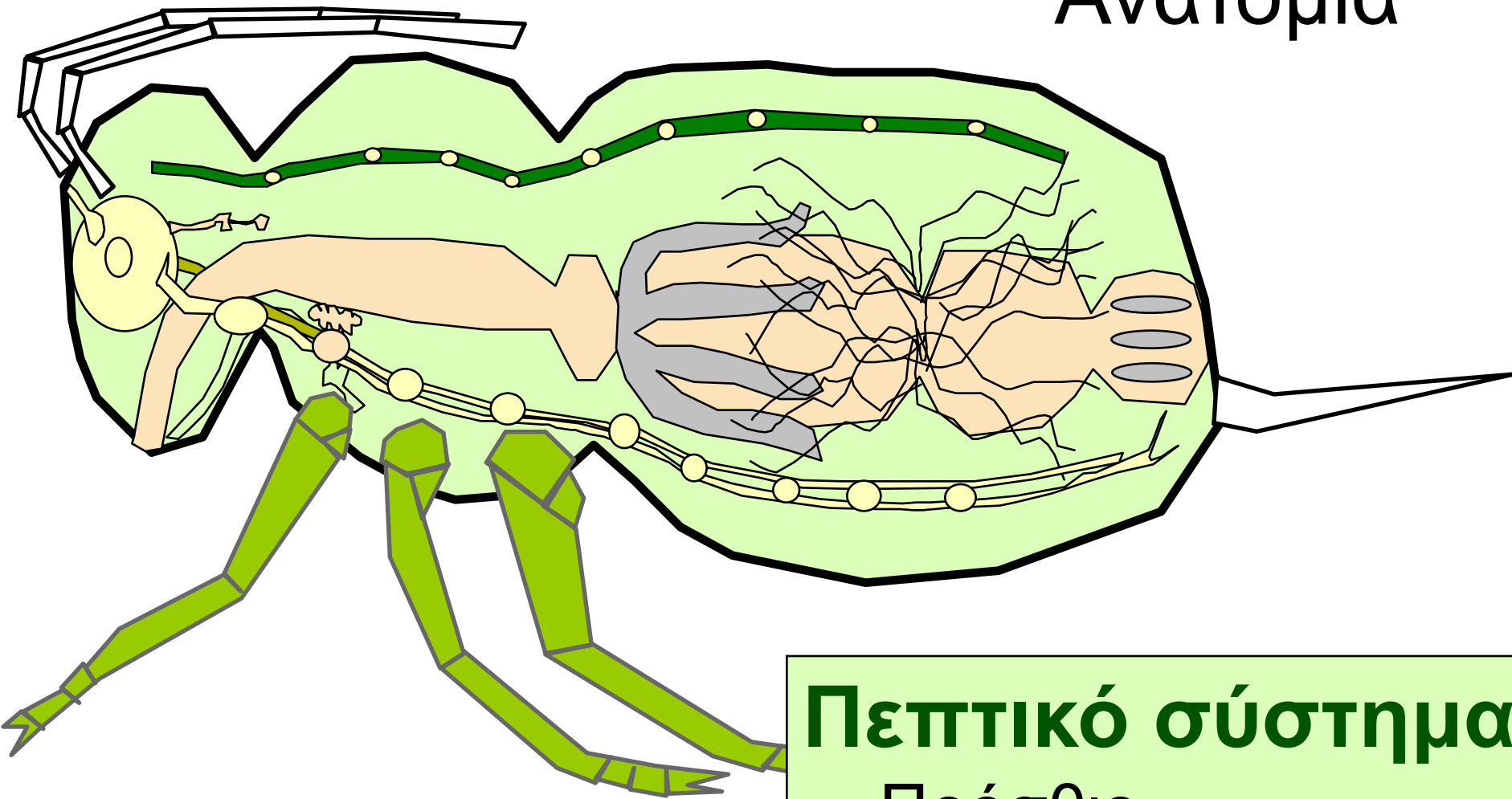
**Anterior--posterior**

**Dorsal -- ventral**

**Basal -- apical**

**Proximal -- distal**

# Ανατομία



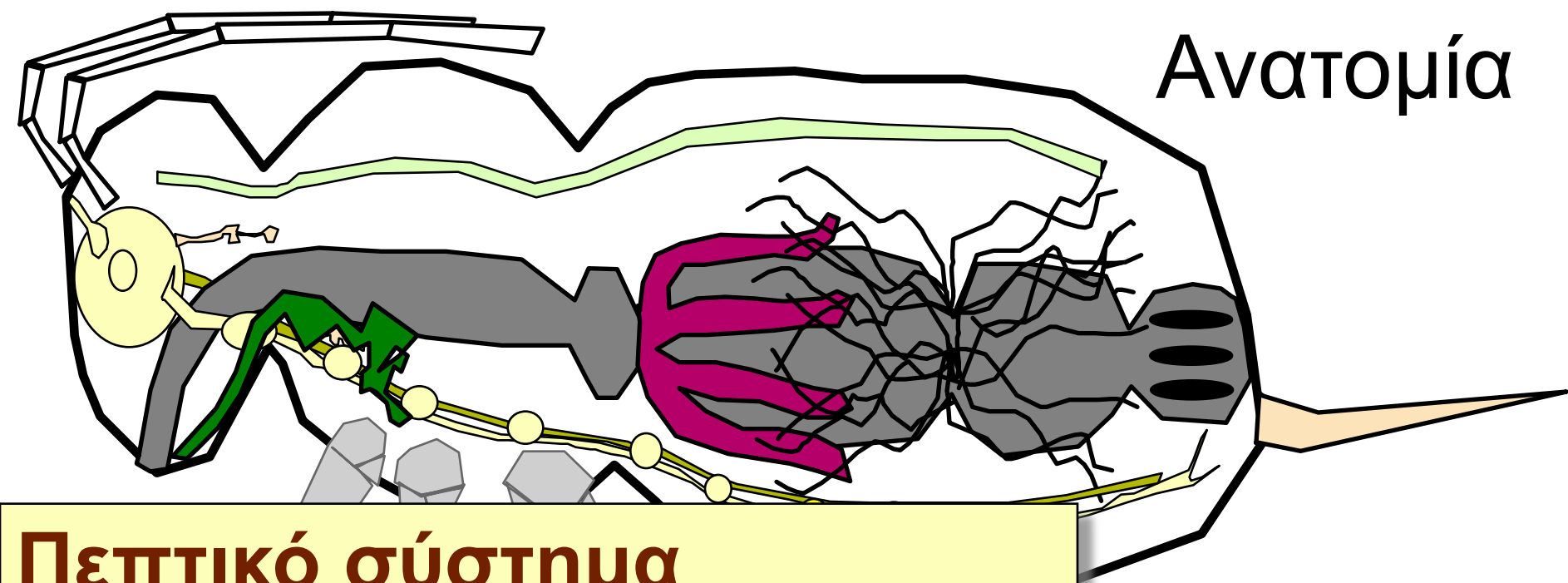
## Πεπτικό σύστημα

Πρόσθιο

Μέσο

Οπίσθιο

# Ανατομία



## Πεπτικό σύστημα

### Σιελογόνοι αδένες

Πρόσθιο, μέσο και οπίσθιο έντερο

Πρόλοβος

Βαλβίδες

Γαστρικά θυλάκια

Ορθό

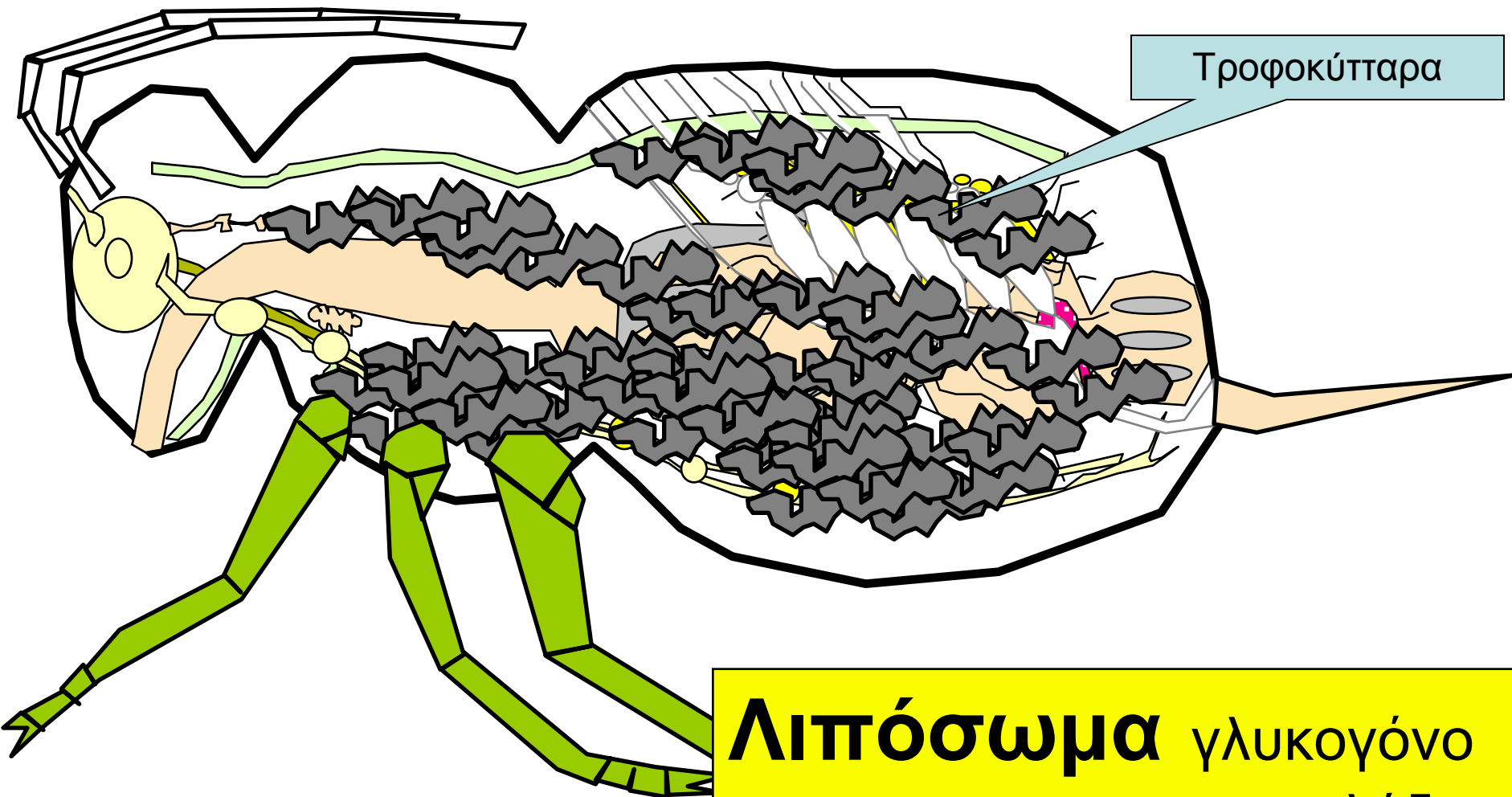
## Απεκκριτικό σύστημα

Μαλπιγγειανοί σωλήνες

Επιθήλιο οπίσθιου εντέρου

Έδρα

# Ανατομία



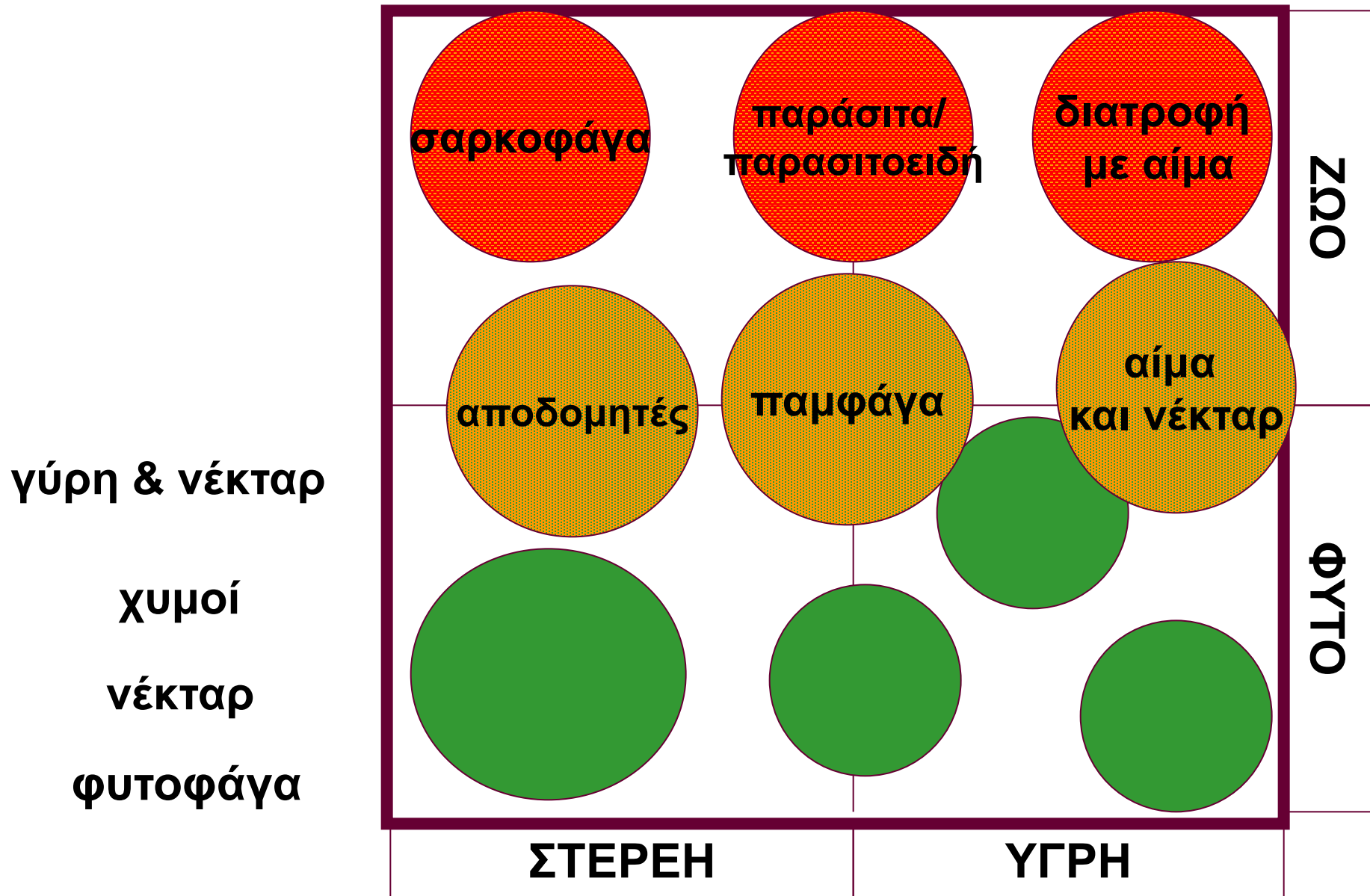
Τροφοκύτταρα

**Λιπόσωμα** γλυκογόνο  
τρεχαλόζη  
πρωτεΐνες

# Σημασία του πεπτικού συστήματος και της πέψης

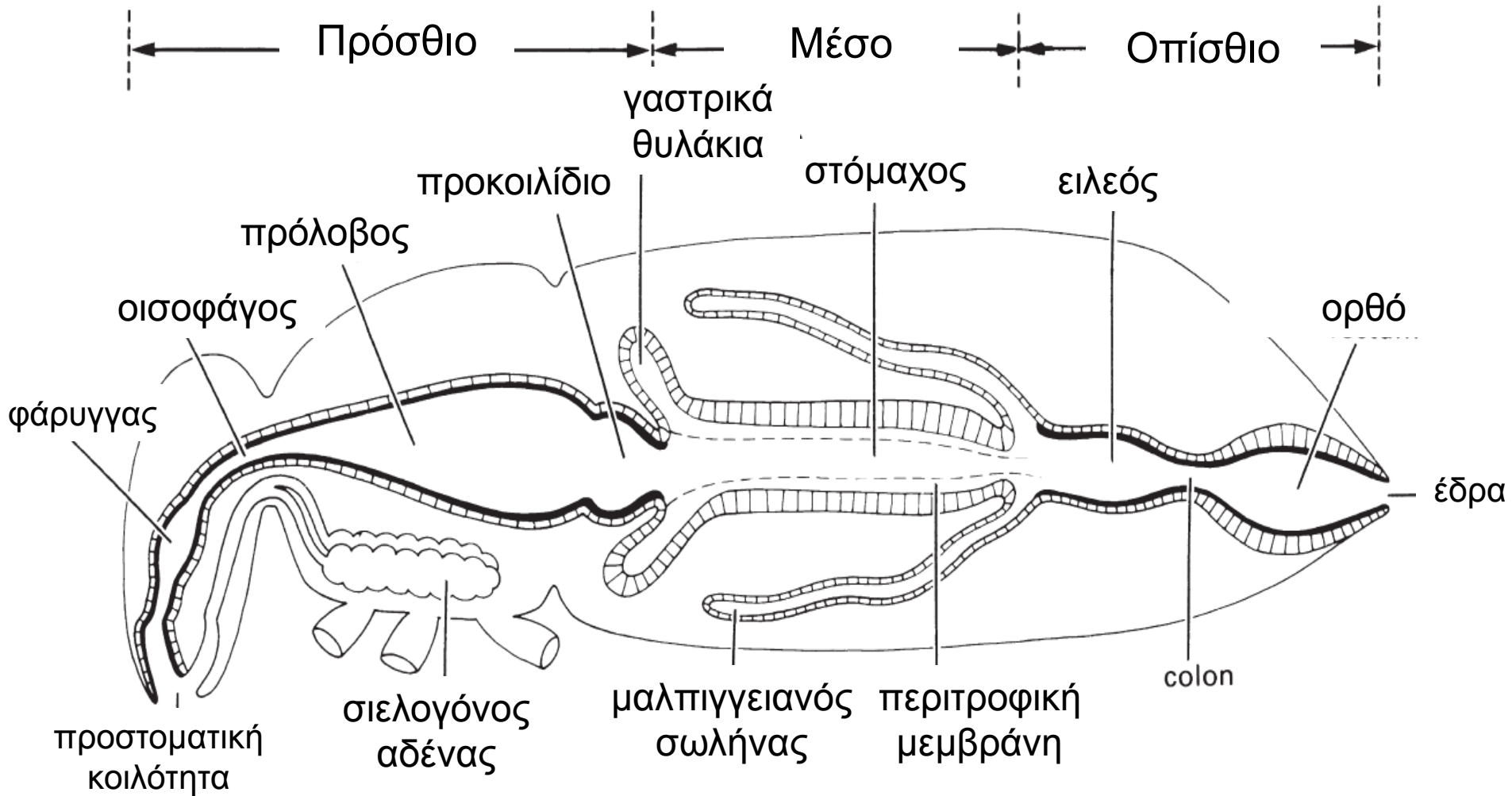
- Είδη τροφής των εντόμων
  - Στερεή
  - Υγρή
  - Φυτικής η ζωικής προέλευσης
  - Αποσυντιθέμενες ύλες
- Κατηγορίες εντόμων σε σχέση με τη διατροφή τους
  - Φυτοφάγα
  - Σαρκοφάγα
    - Αρπακτικά
    - Παρασιτοειδή
    - Παράσιτα
  - Πτωματοφάγα – αποδομητές
- Εξελικτική σημασία





# ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΕΙΣ ΕΝΤΟΜΩΝ

# Δομή πεπτικού συστήματος

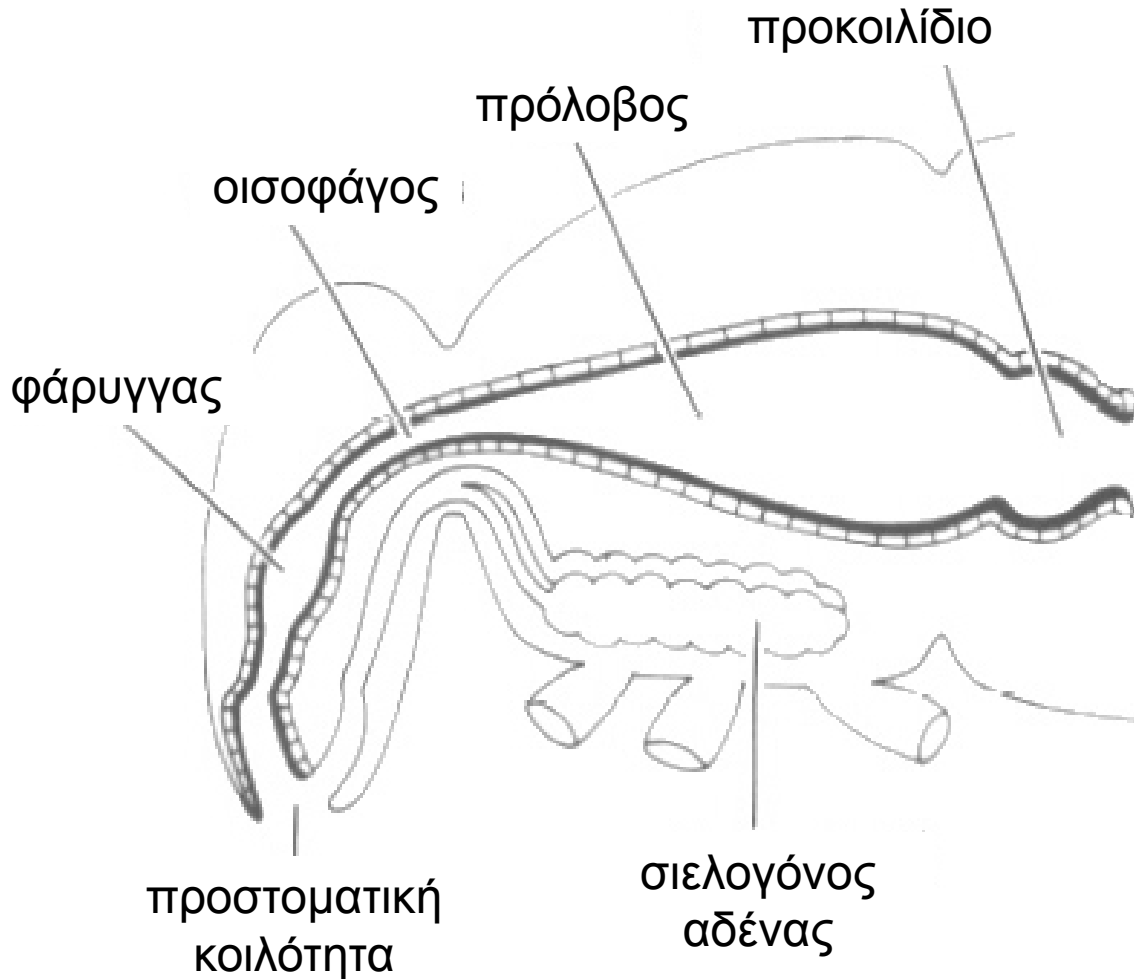


# Πεπτικό σύστημα εντόμων

Ενδέχεται να:

- είναι επενδυμένο με δερμάτιο
- έχει σκληρωτισμένες και μη σκληρωτισμένες περιοχές
- είναι εκτοδερμικής και ενδοδερμικής προέλευσης

# Πρόσθιο έντερο



- Εκτοδερμικής προέλευσης
- Επενδυμένο με δερμάτιο
- Περιέχει χιτίνη και πρωτεΐνες
- Σκληρωτισμένο

## • Βασικά τμήματα

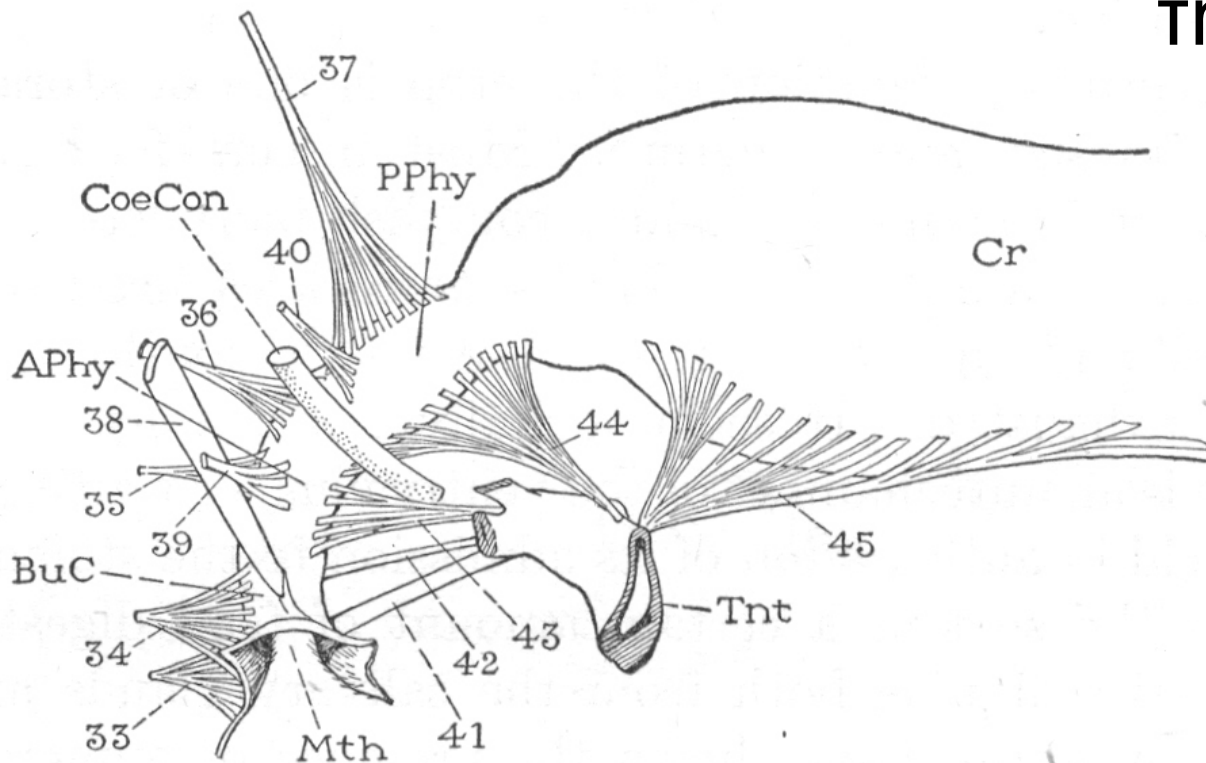
- Φάρυγγας, οισοφάγος, πρόλοβος, προκοιλίδιο (καρδιακή ή στομοδαϊκή βαλβίδα)

## • Προσαρτημένοι αδένες

- Σιελογόνοι – ένζυμα (πέψη υδατανθράκων – αμυλάσες)

# Φάρυγγας και πρόλοβος

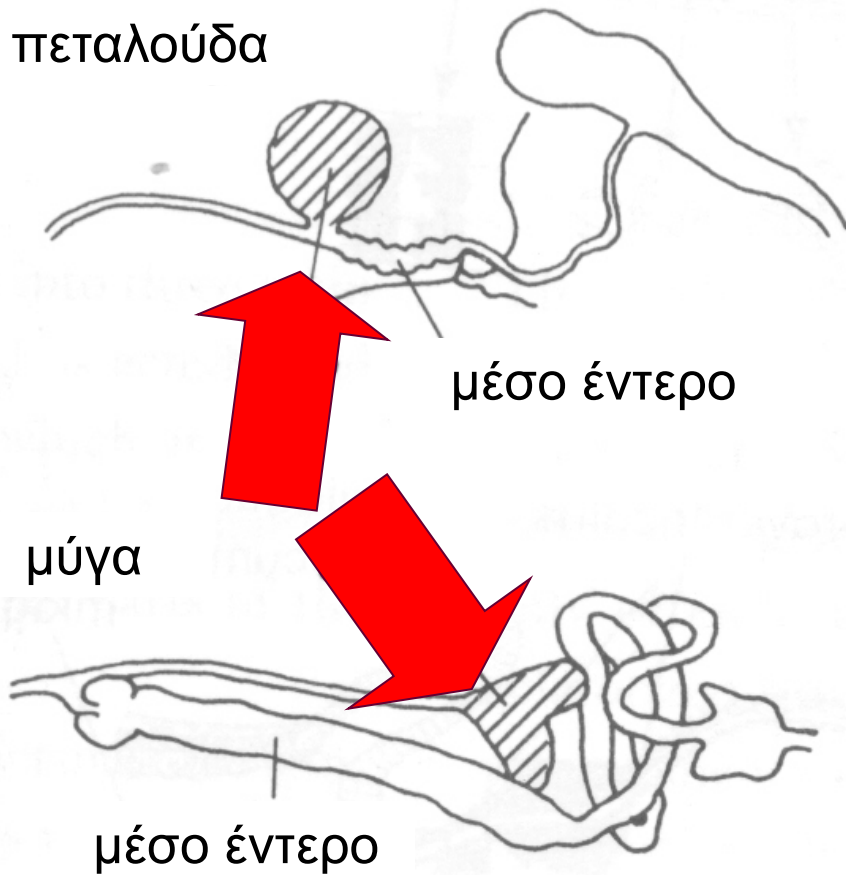
- Πολλοί προσαρτημένοι μύες προωθούν την τροφή



# Πρόσθιο έντερο

- Σε ορισμένα έντομα τμήμα της πέψης γίνεται στον πρόλοβο με ένζυμα που προέρχονται από το μέσο έντερο.
- Δεν γίνεται απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων
- Εξω-στοματική πέψη
- Το προκοιλίδιο μπορεί να είναι πολύ μυώδες και να περιέχει σειρές με αιχμηρές εξοχές

# Πρόλοβος

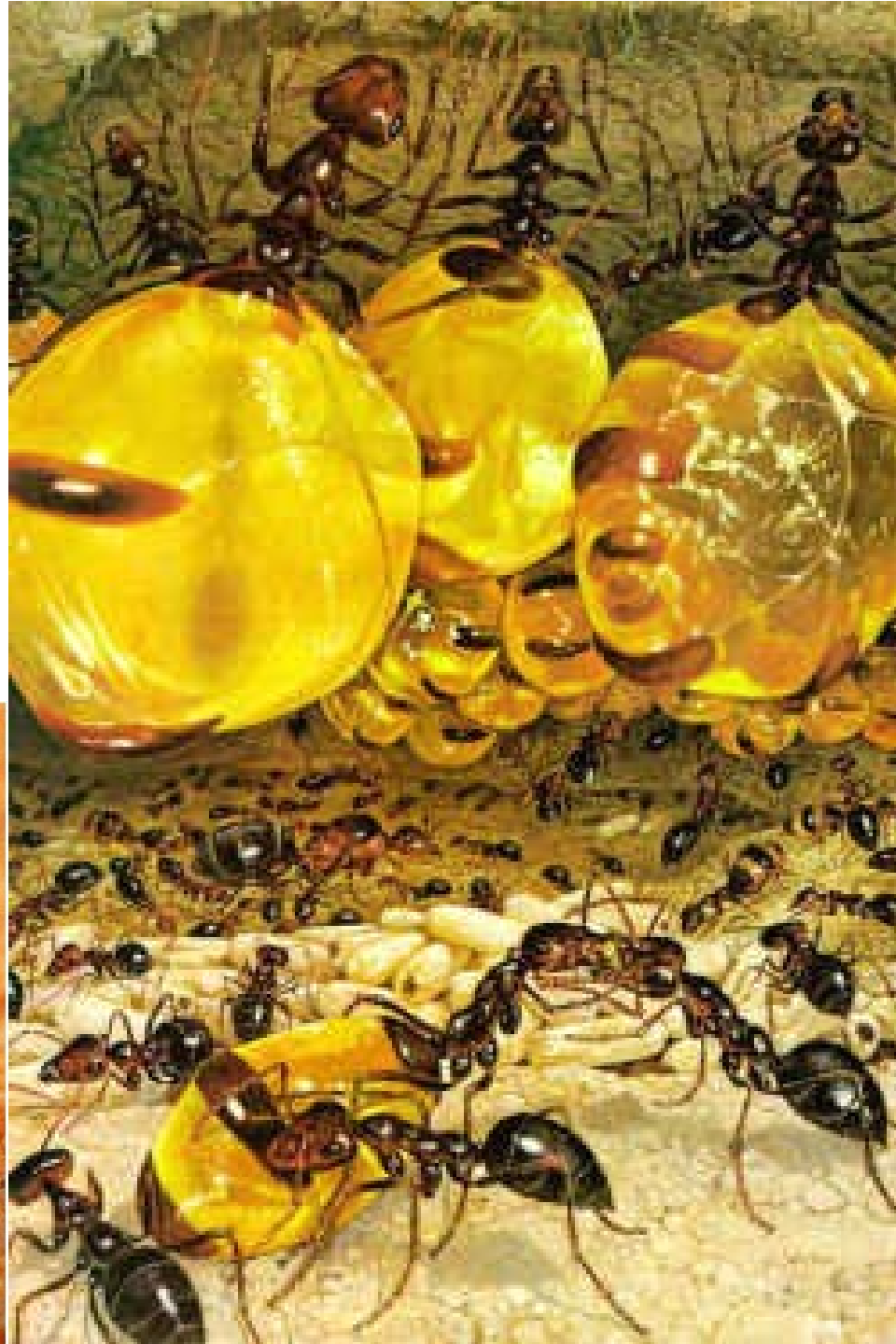


Μόνιμος σάκος σε  
Λεπιδόπτερα και  
Δίπτερα

Αποθήκευση τροφής ή  
συγκεκριμένων  
συστατικών

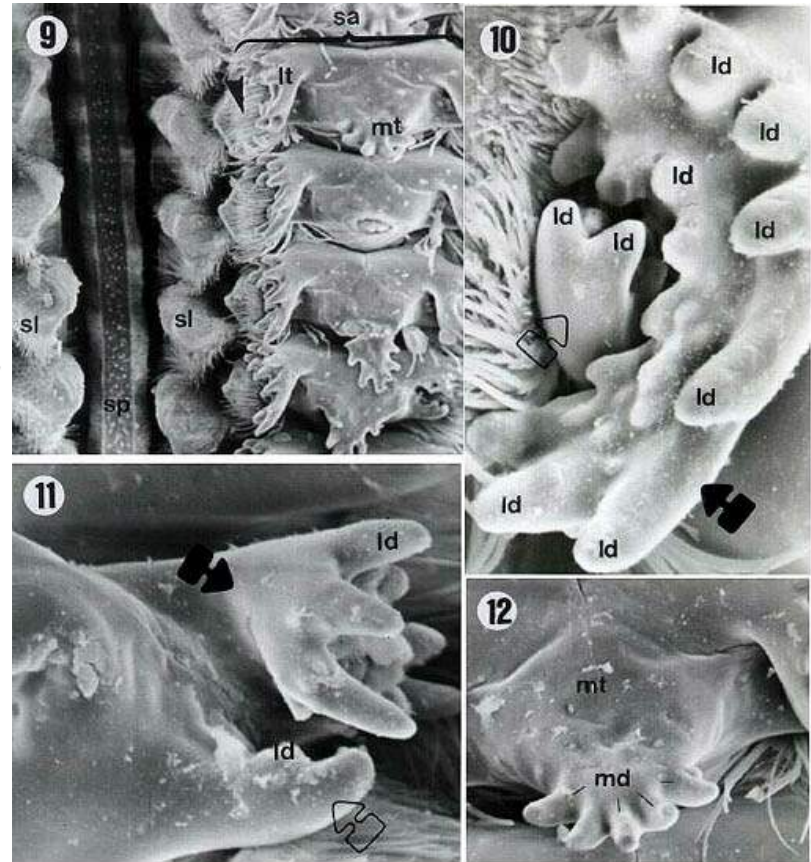
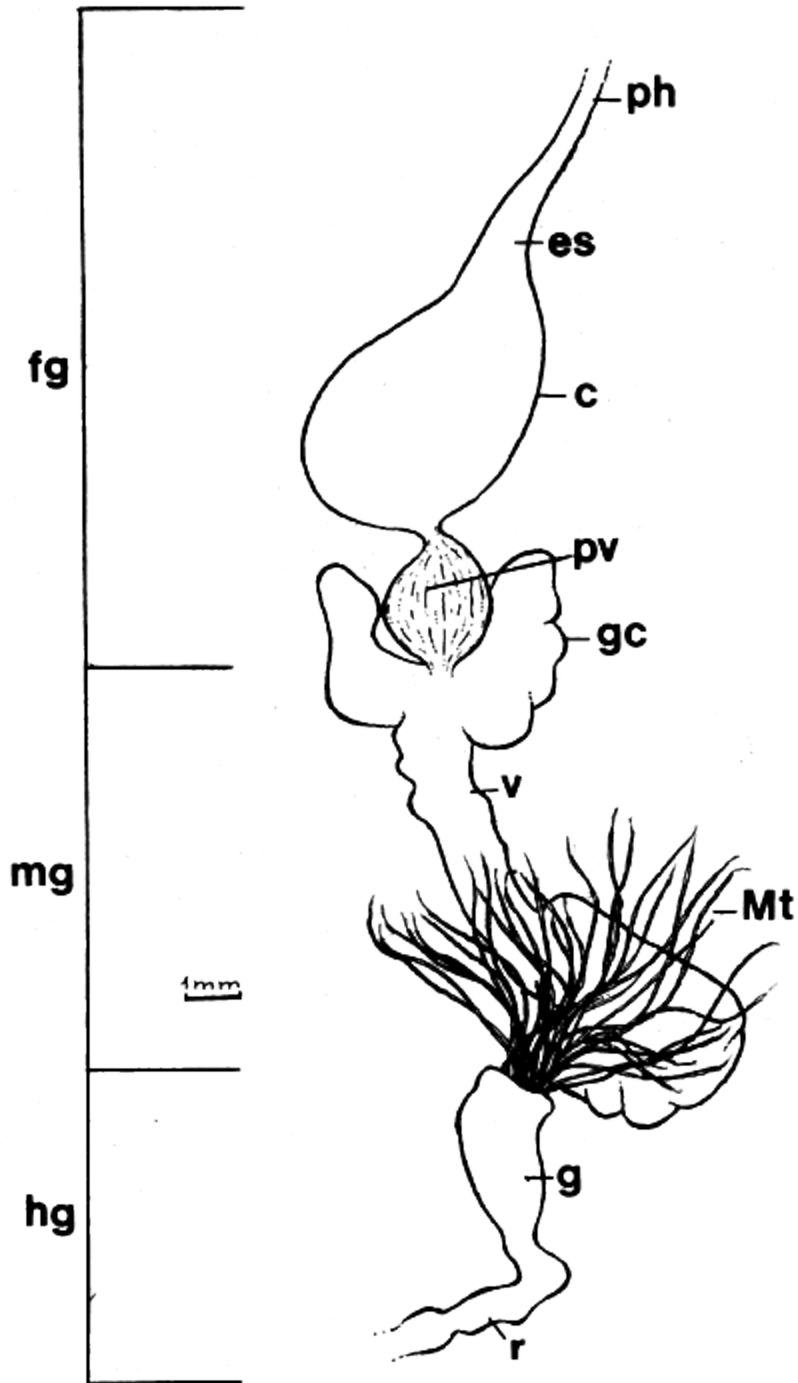
# Honey pot ants

Η χωρητικότητα του πρόλοβου είναι πολύ μεγάλη





# Προκοιλίδιο



# Προκοιλίδιο

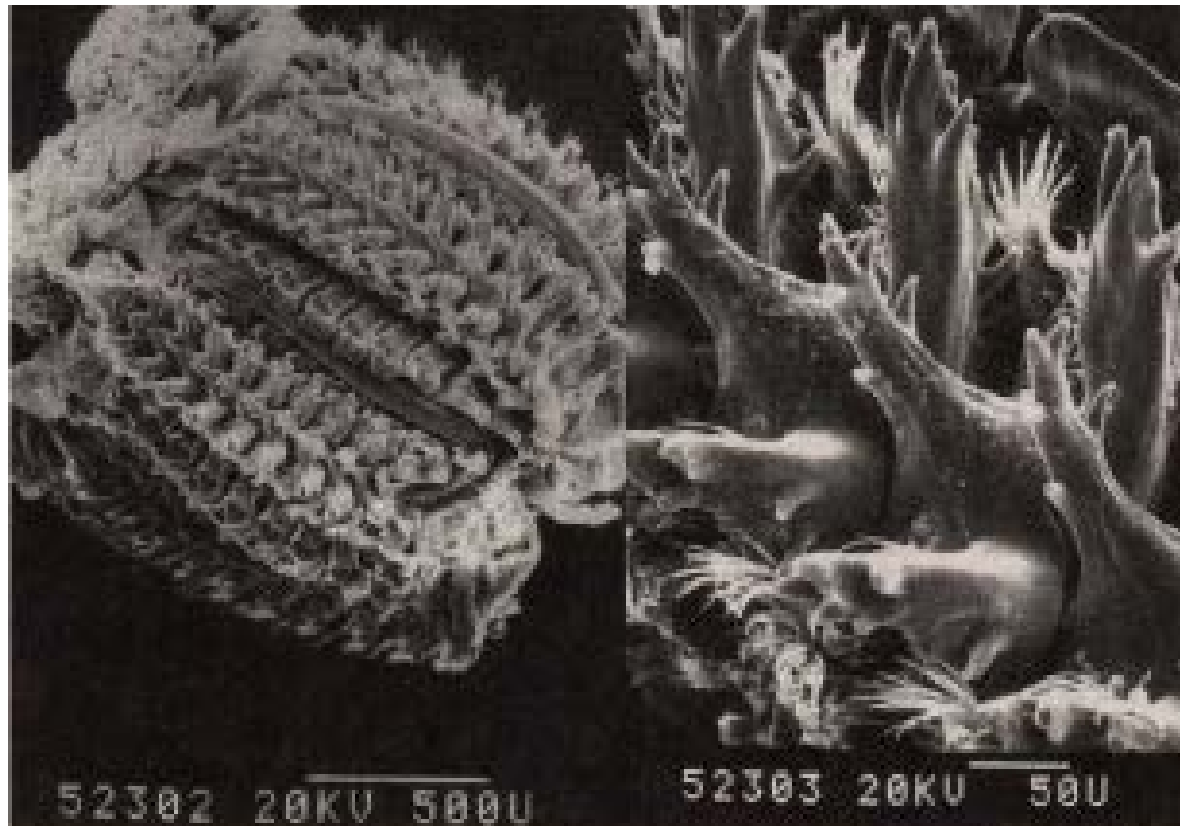
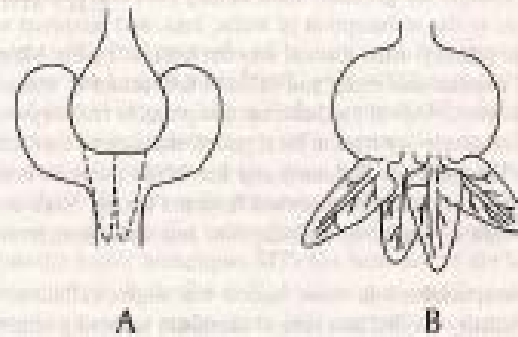


FIGURE 2.3 Proventriculus from a bush cricket. The barrel-shaped proventriculus has been cut longitudinally and turned inside out so that the heavily sclerotized ridges and "teeth" on the internal surface can be observed.

# Οισοφαγική βαλβίδα

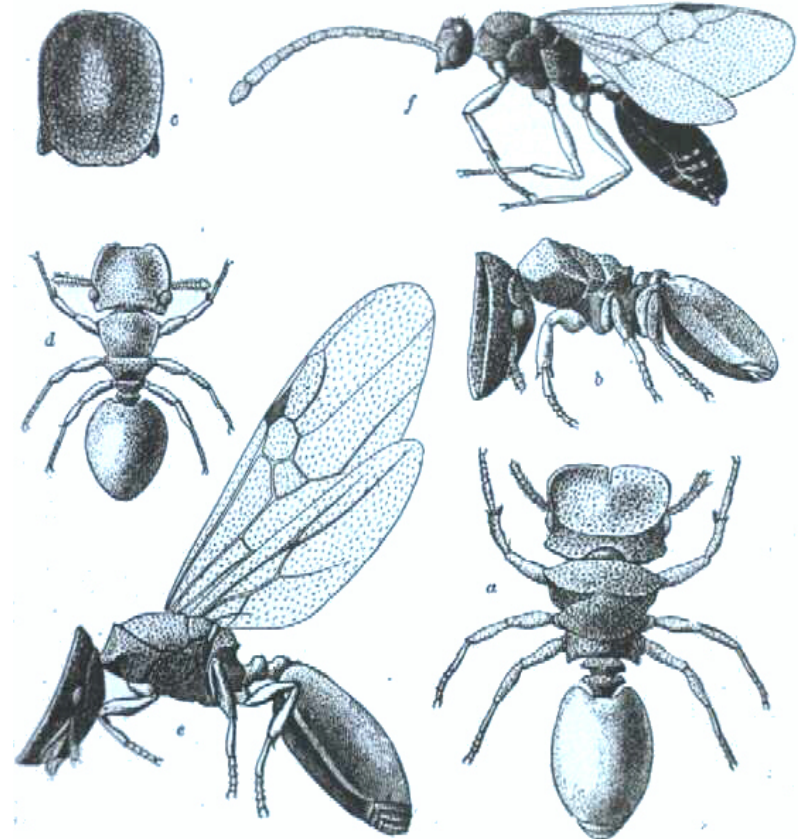
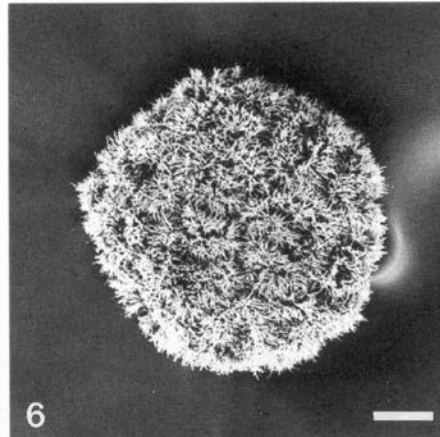
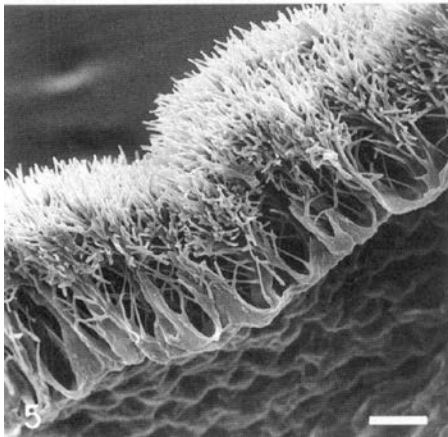
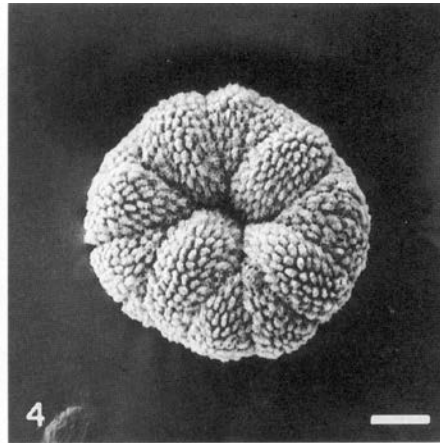
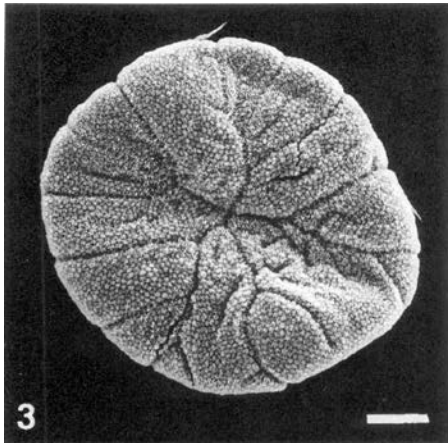


**FIGURE 2.4** The proventriculus (also called the honey stopper) of an adult worker honeybee. The view is from the crop looking toward the midgut. The finger-like proventricular flaps containing setae strain pollen grains from the recta in the crop and pass the pollen into the midgut. Most of the nectar can be left in the crop for honey production in the hive.

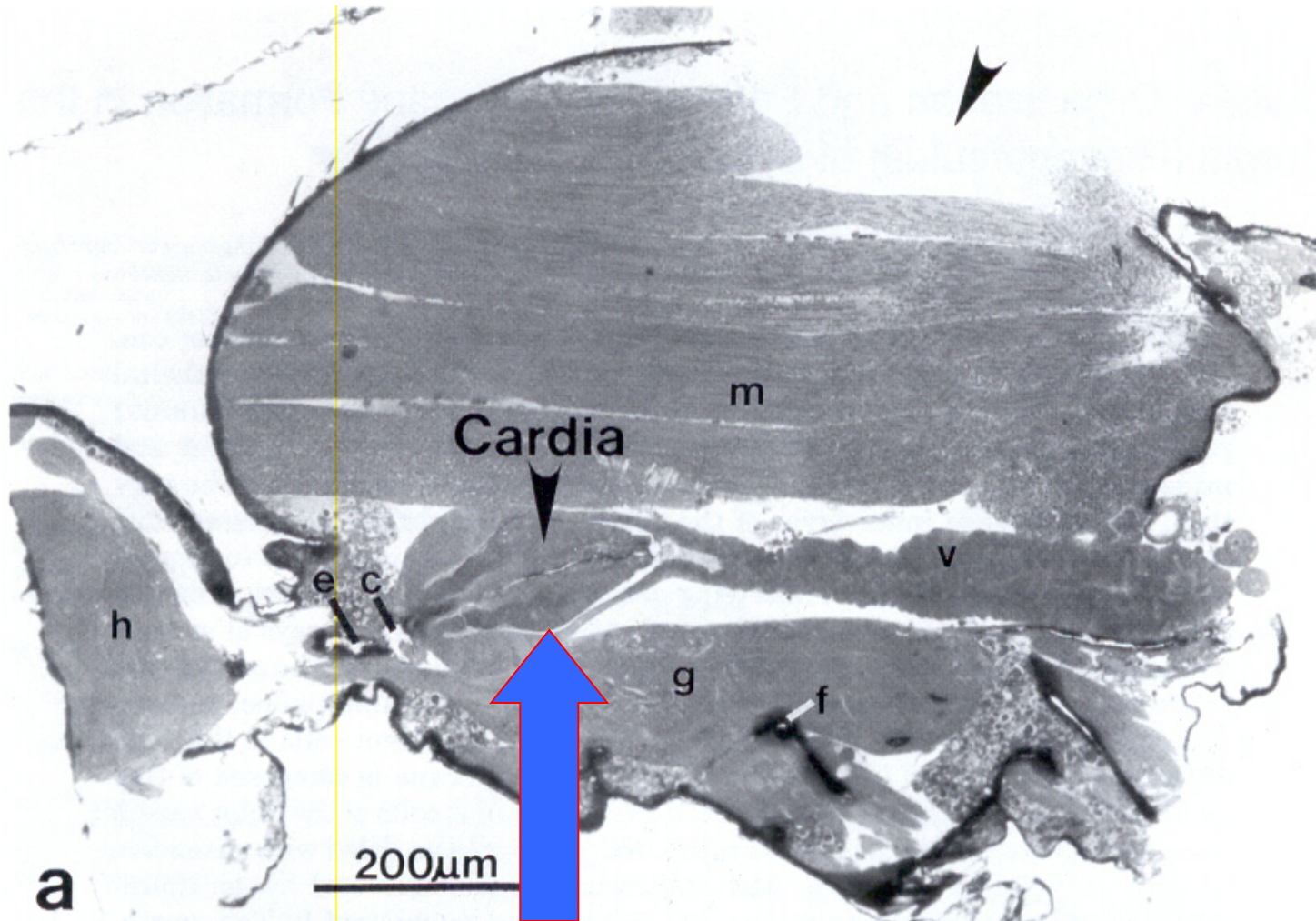


**FIGURE 2.5** Proventricular valve flaps in a mole cricket, *Scapteriscus abbreviatus*. The long valve flaps prevent sand (which is common in the gut of mole crickets) and other rough food particles from entering the delicate gastric caeca just posterior to the proventriculus. A: The view shows the position of two of the valves (dotted lines) on the inside of the gut. B: The gut has been dissected and the four valve flaps spread apart; the valve flaps are cusp shaped and project about 1.2 mm past the opening to the gastric caeca. The cells of the gastric caeca protected by the flaps are the only cells in the gut of this mole cricket that have microvilli on the luminal surface; the remainder of the gut contains a cuticular lining on the surface of the cells. (From Nation, 1983.)

# Καρδιακή βαλβίδα στα cephalotine ants



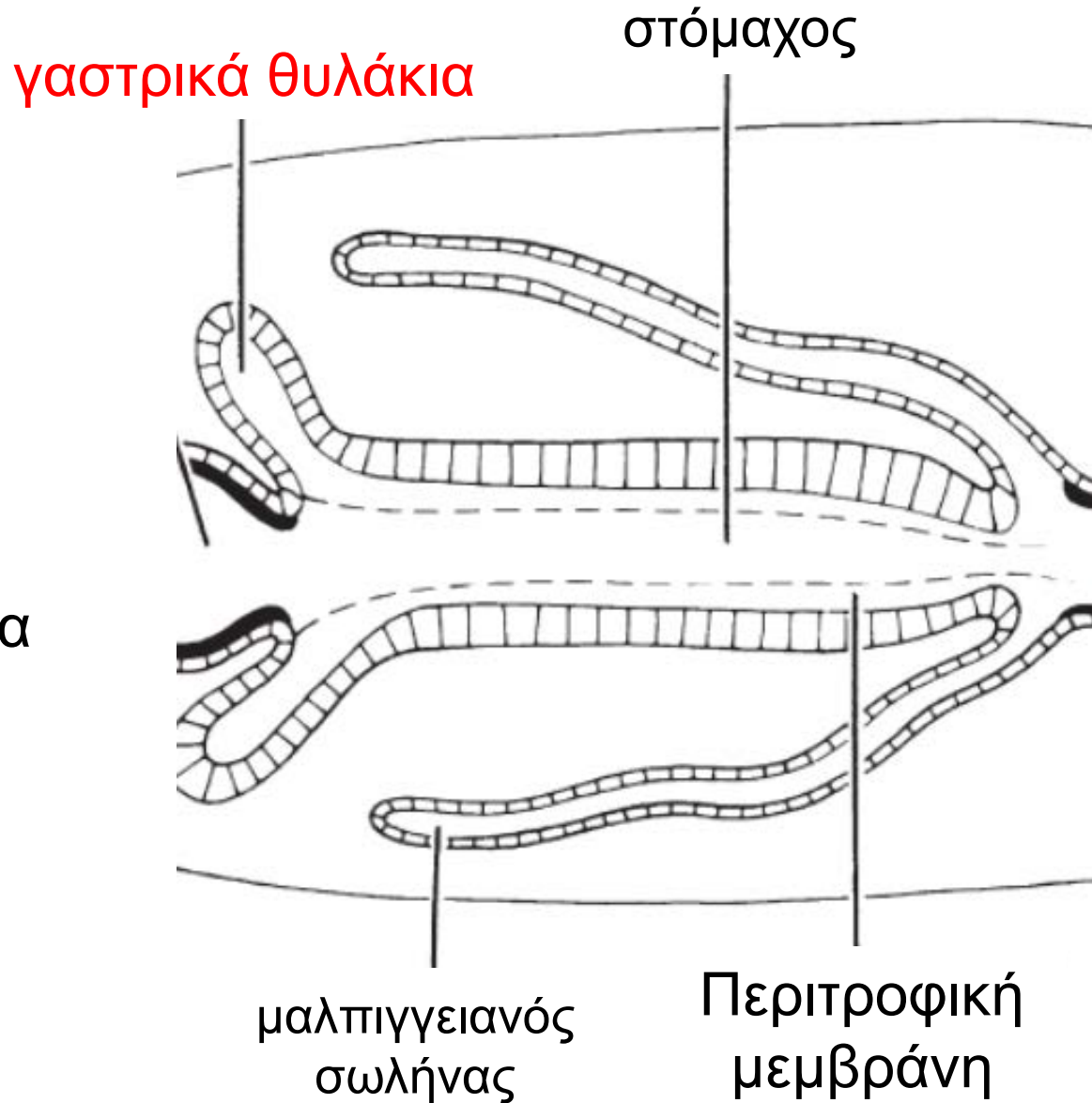
# Drosophila



# Μέσο έντερο

- Ενδοδερμικής προέλευσης
- Περιτροφική μεμβράνη
- Κύρια περιοχή πέψης, απορρόφησης και έκκρισης πεπτικών ενζύμων
- Γαστρικά θυλάκια
  - Απορρόφηση
  - Έκκριση ενζύμων

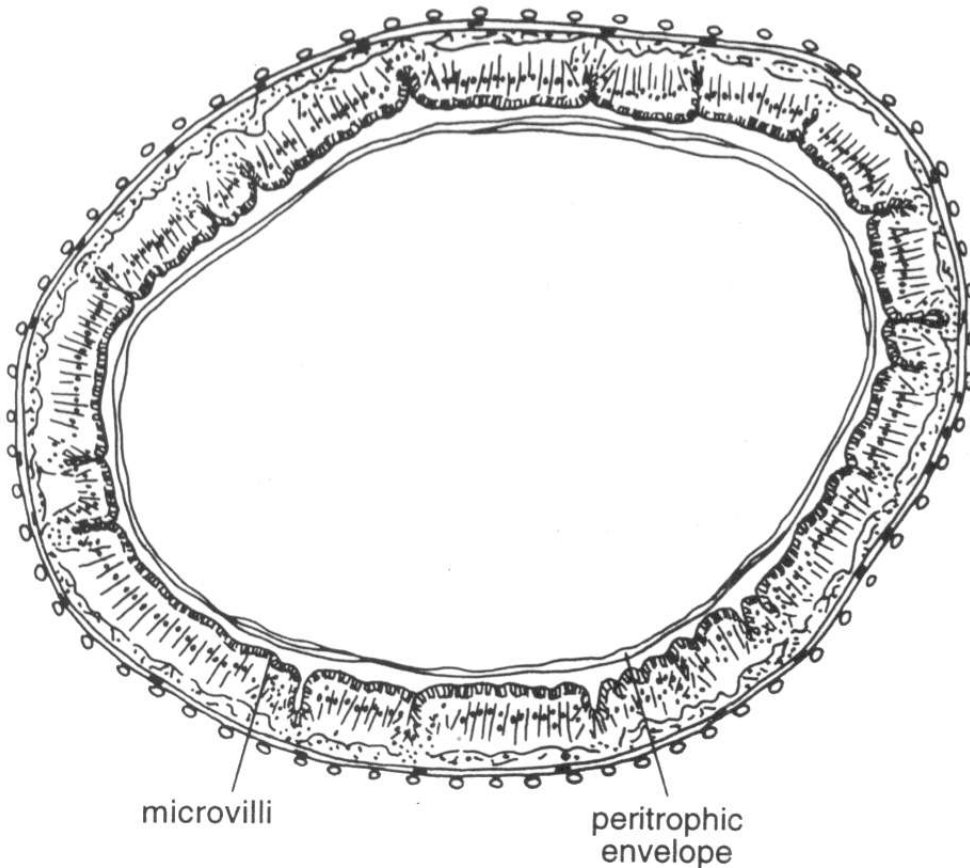
# Μέσο έντερο



- Τα γαστρικά θυλάκια συχνά περιέχουν συμβιωτικούς μικροοργανισμούς
- Αυξάνουν την επιφάνεια απορρόφησης και εκκρίνουν ένζυμα

# Εγκάρσια τομή

- Επιθηλιακά κύτταρα (Columnar)
- Microvilli – Μικρολάχες ή Μικροϊνίδια (αναδιπλώσεις)
- Αναγεννητικά κύτταρα
- Άλλα κύτταρα: goblet, endocrine





# Κύτταρα του μέσου εντέρου

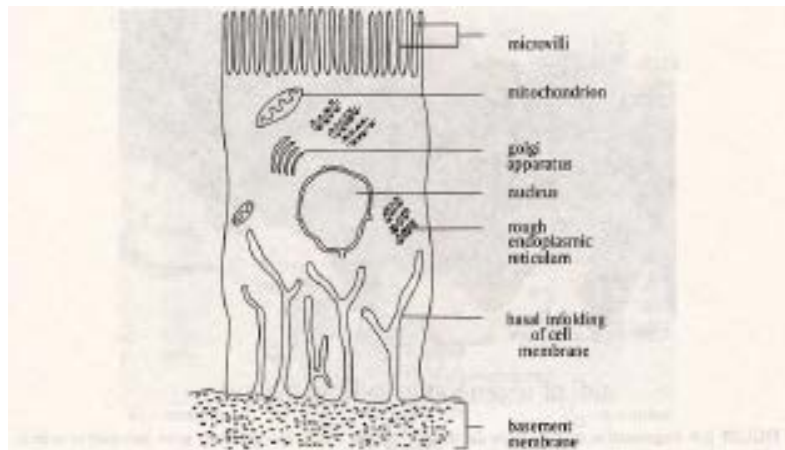


FIGURE 2.7 Diagrammatic drawing of the main ultrastructural features of a midgut cell. Basal infoldings of the cell membrane project into the cell. Microvilli occur on the gut lumen side. Mitochondria are numerous.

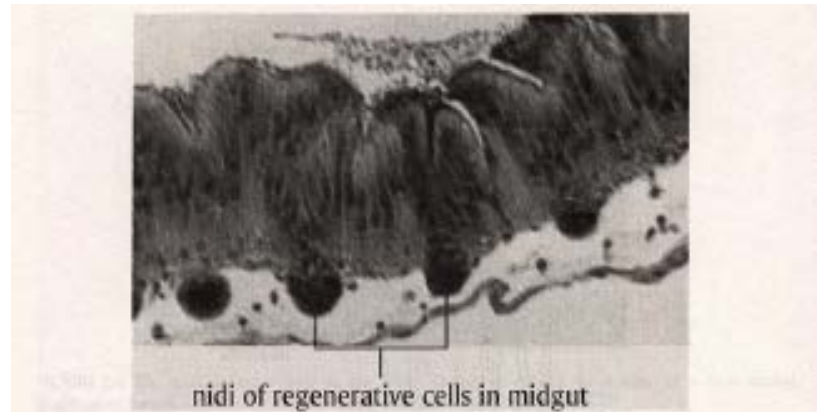


FIGURE 2.8 Regenerative cells occur in the midgut of most insects and gradually grow into mature cells to replace worn-out cells. The anatomical arrangement of regenerative cells varies in different species; nidi or nests of regenerative cells are shown in this illustration from gastric caeca of a mole cricket, *Scaptomyza victoris*.

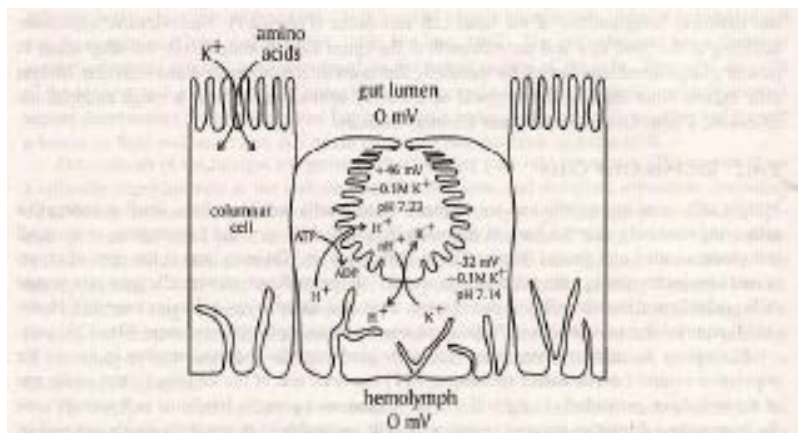


FIGURE 2.9 Structure and function of goblet cells from the midgut of a leptoapteran. A proton pump actively secretes protons ( $H^+$ ) into the goblet cavity, and an antiporter mechanism in the goblet cell membrane transports  $K^+$  into the goblet cell cavity in exchange for  $H^+$ . Goblet cavity contents are eventually emptied into the midgut lumen, creating the strongly alkaline midgut of Lepidoptera.

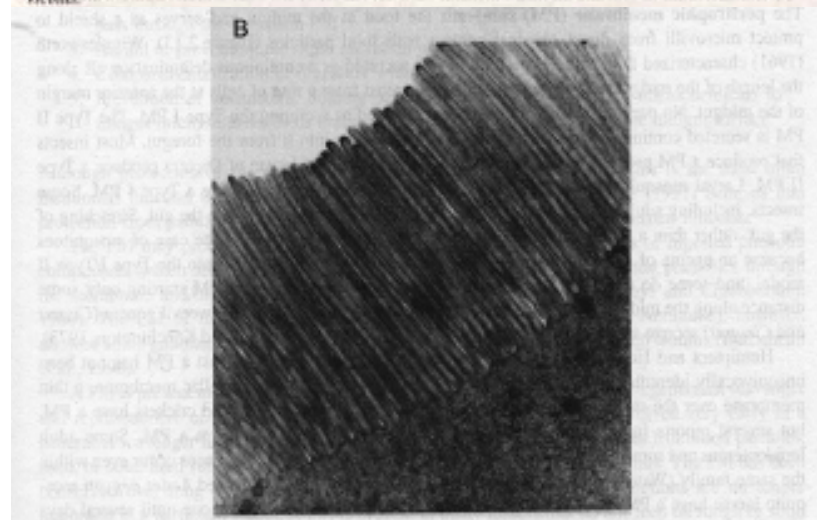
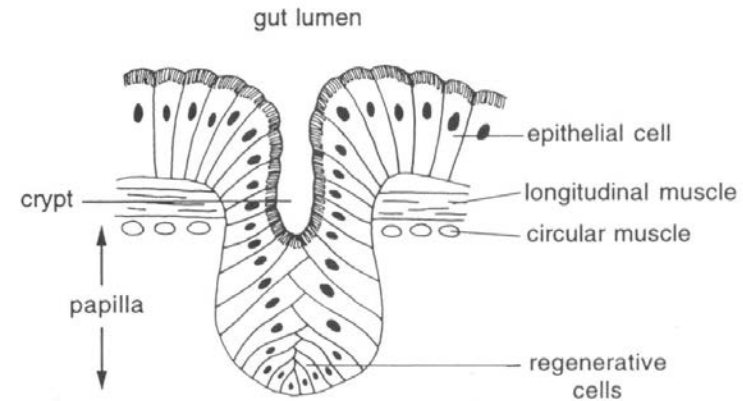
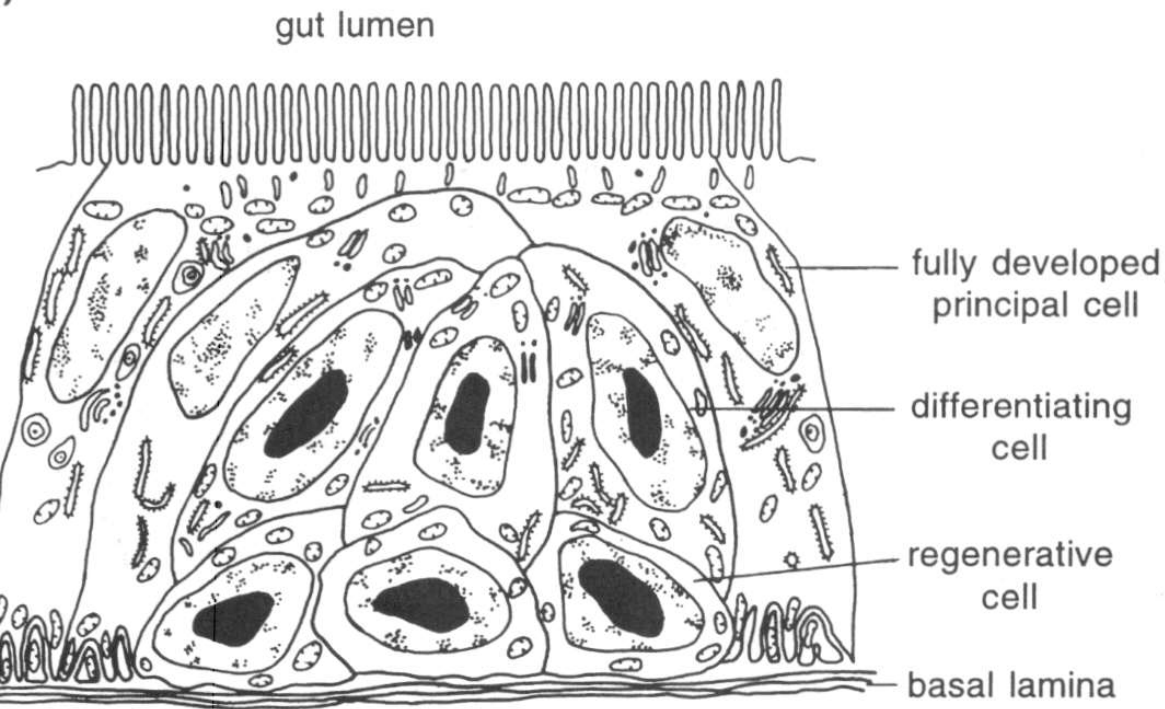


FIGURE 2.12 A: The brush border on gastric caeca cells from a mole cricket, *Scaptomyza victoris* (oil immersion, light microscope). B: Transmission electron micrograph of midgut microvilli from a chironomid larva.

# Αναγεννητικά κύτταρα του μέσου εντέρου

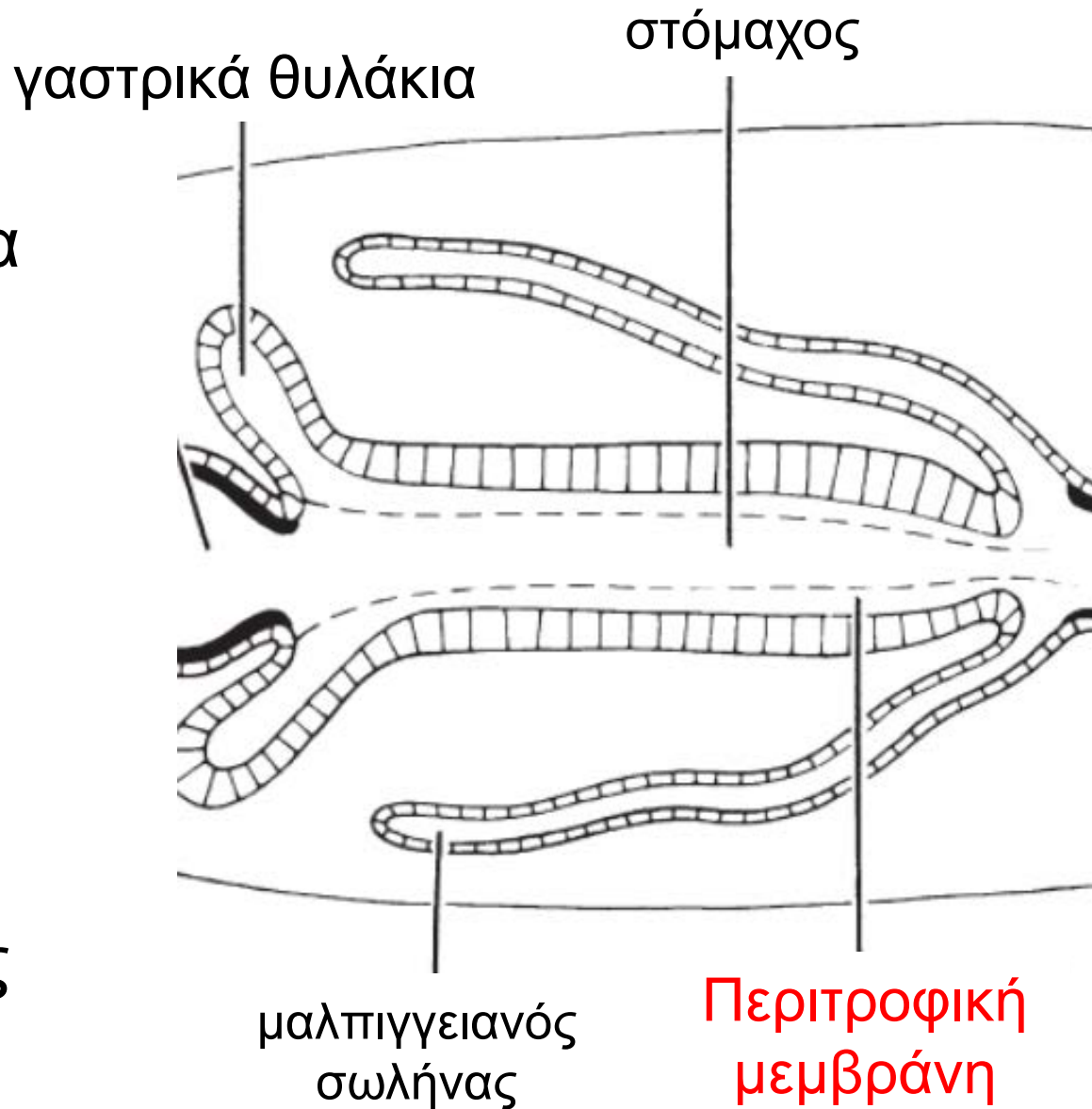


# Microvilli και Glycocalyx

- Αύξηση επιφάνειας, έκκριση ενζύμων και απορρόφηση
- Glycocalyx: Ρευστό έκκριμα πρωτεϊνών και υδατανθράκων μεταξύ και πάνω στα microvilli
- Παγιδεύει και συγκεντρώνει ένζυμα και προϊόντα αποικοδόμησης

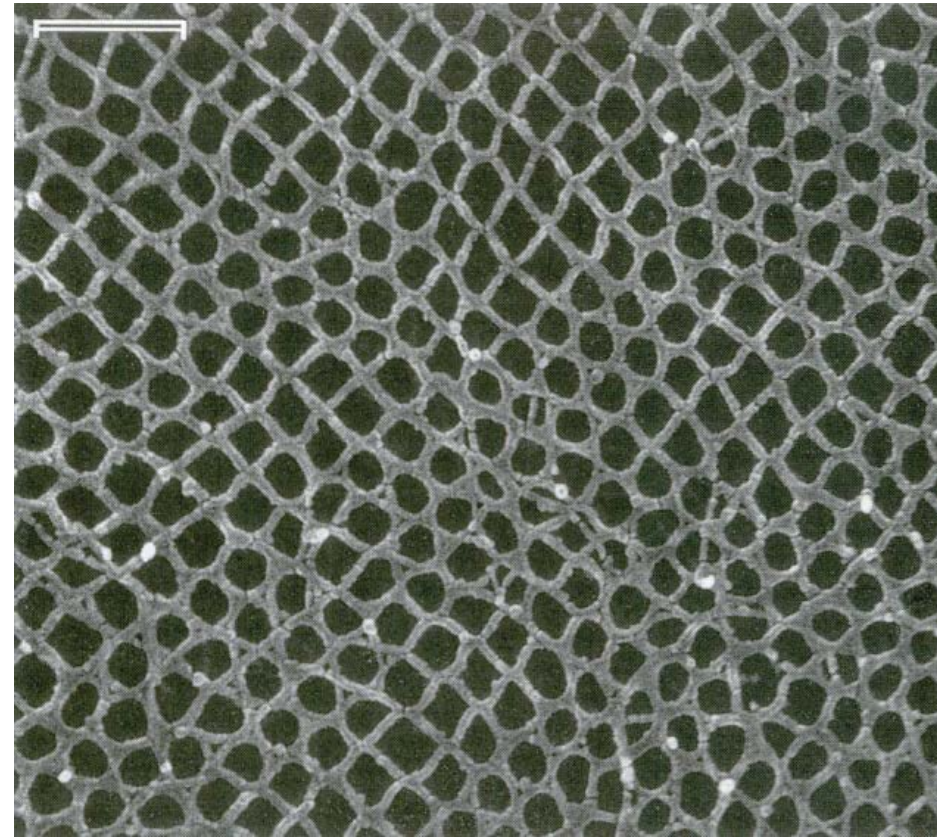
# Περιτροφική μεμβράνη

- Εκκρίνεται από τα επιθηλιακά κύτταρα
- Περιέχει χιτίνη (4 – 20%) και πρωτεΐνη (>40%), οξικούς και ουδέτερους πολυσακχαρίτες, γλυκόζη, βλεννίνες, κ.α
- Οι πόροι ποικίλουν από 7 – 7.5 nm έως 150nm.



# Περιτροφική μεμβράνη

- Στα περισσότερα έντομα, όχι όμως στα Ημίπτερα
- Ανάλογα με τη δημιουργία της Τύπου I και τύπου II
- I από όλο το μέσο έντερο
- Από ένα δακτύλιο κυττάρων στο πίσω μέρος του μέσου εντέρου

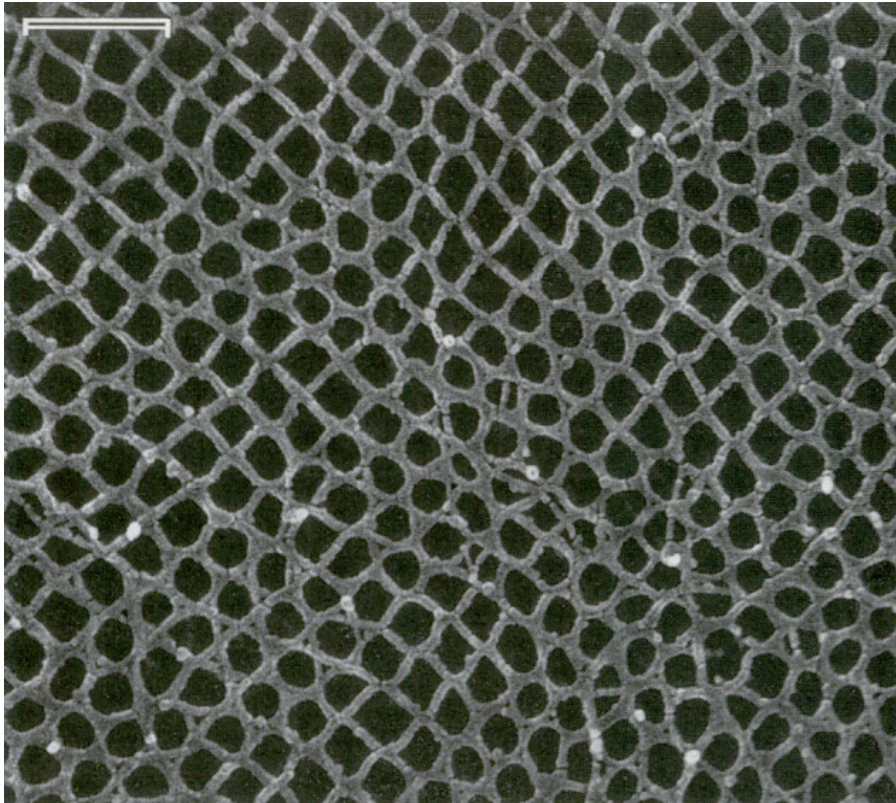
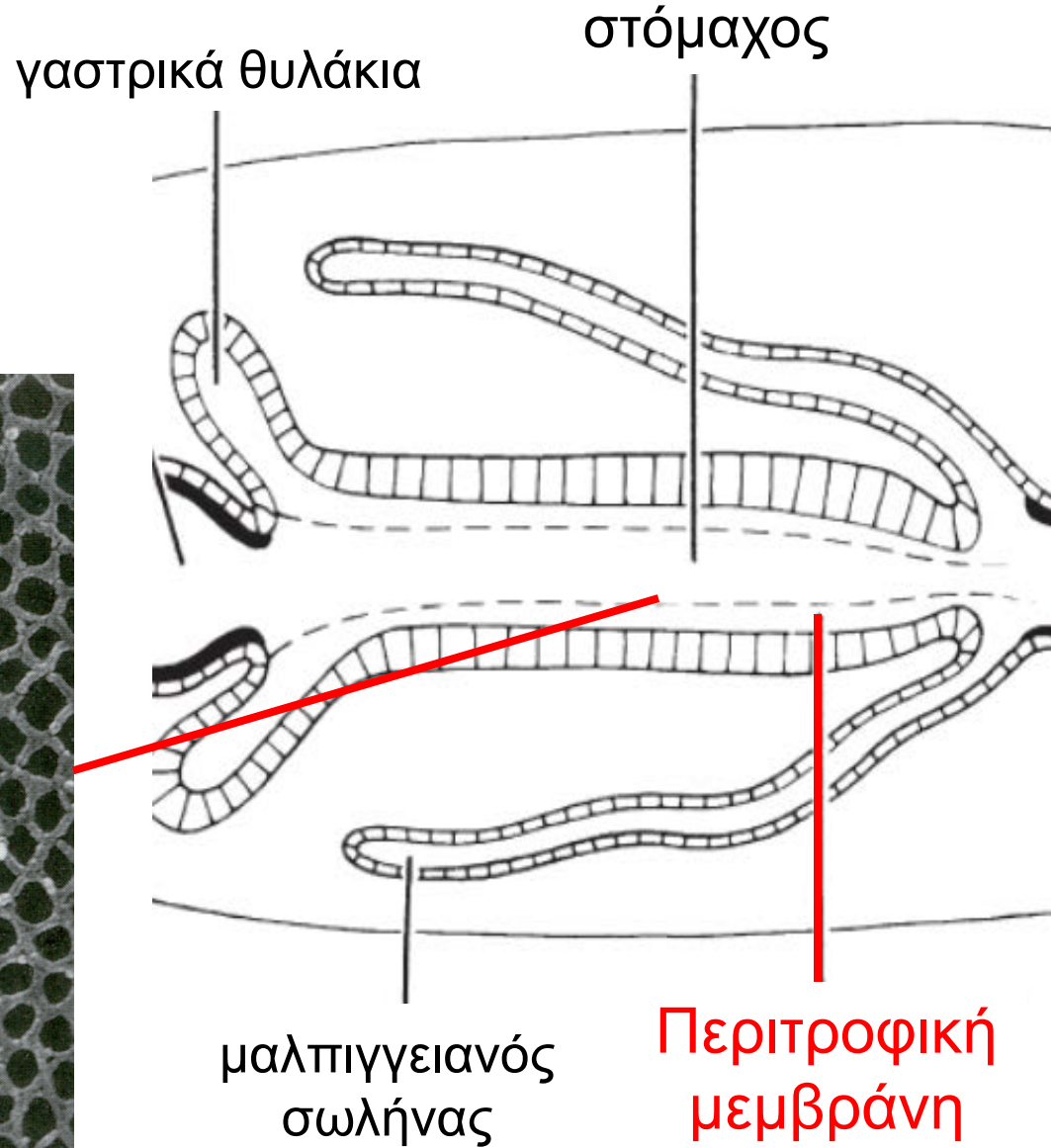


# Λειτουργίες της περιτροφικής μεμβράνης

- Πιο αποτελεσματική απορρόφηση καθώς τα στοιχεία μετακινούνται κοντά στο τοίχωμα του εντέρου
- Προστασία από παθογόνα
- Προστασία από μηχανικά τραύματα
- Μοίρασμα εντέρου σε δύο τμήματα
- Διαίρεση σημαντική για τη δραστηριότητα των ενζύμων και την πέψη διαφορετικών ουσιών
- Προστασία από αλληλοχημικά

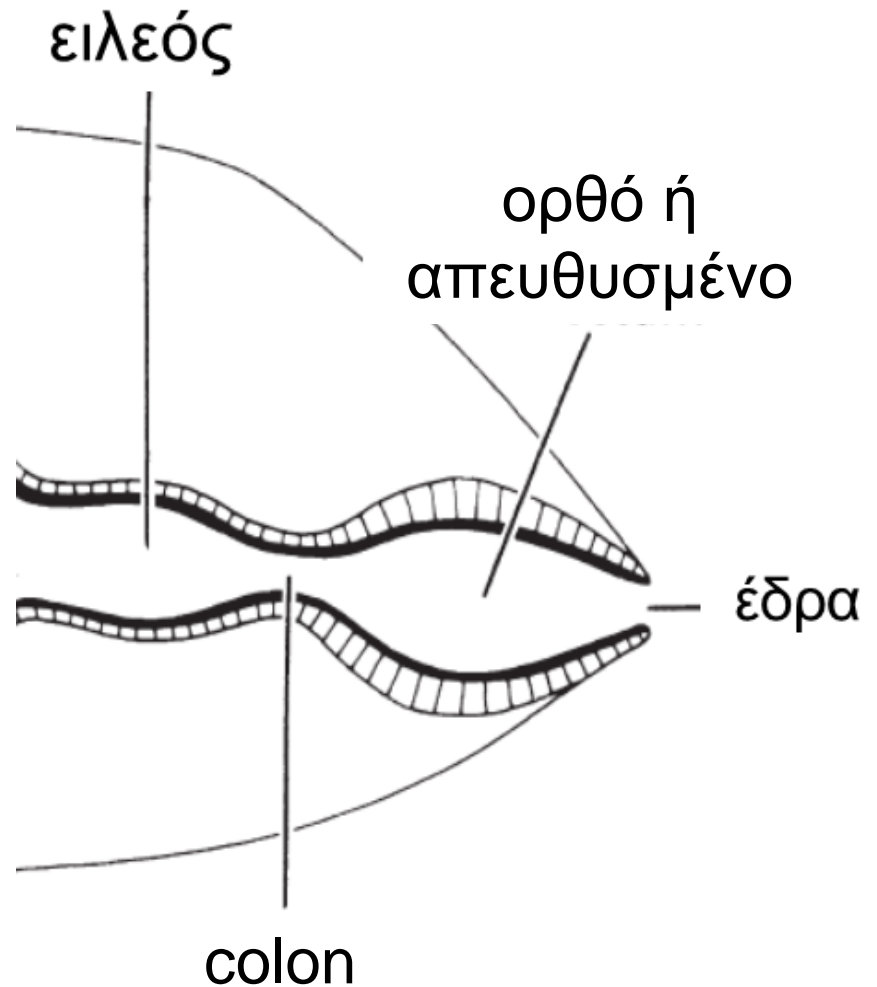
# Ακρίδες και άλλα Ορθόπτερα

- Περιτροφική μεμβράνη. Εκκρίνεται από τα κύτταρα του μέσου εντέρου. Καλύπτει όλο το μέσο έντερο



# Οπίσθιο έντερο

- Εκτοδερμικής προέλευσης
- Καλυμμένο με δερμάτιο
- Πυλωρός ή πυλωρική βαλβίδα
- Ειλεός
- Colon
- Ορθό ή απευθυσμένο
- Σωλήνες Malpighi

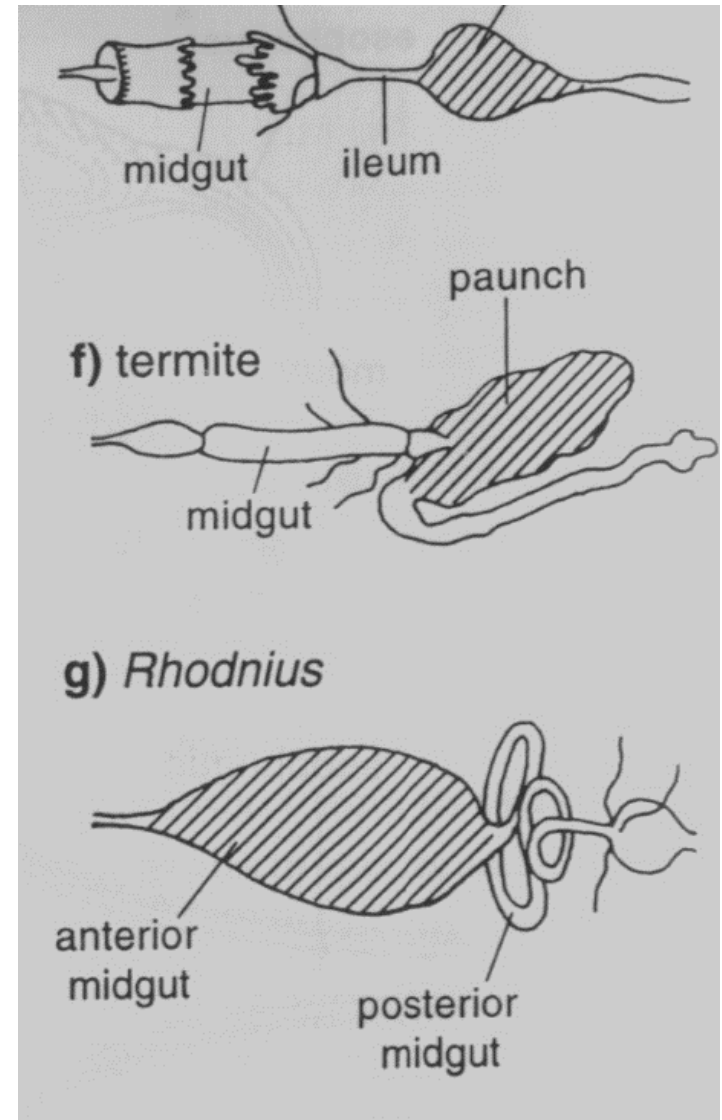




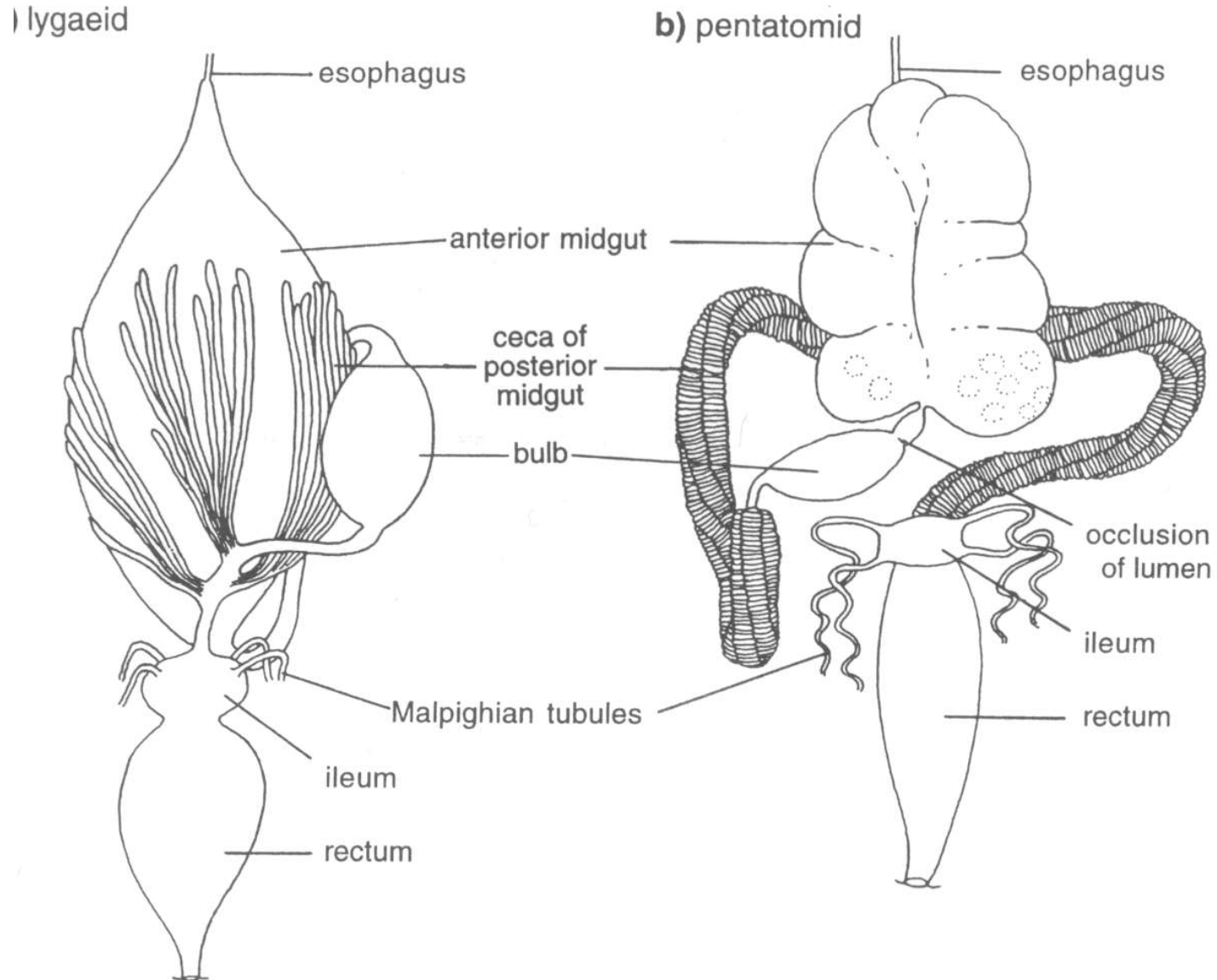
# Διαφοροποιήσεις οπίσθιου εντέρου

scarab

- Χώροι ανάπτυξης και διατήρησης συμβιωτών για πέψη κυτταρίνης (τερμίτες)
- Επαναπορρόφηση νερού και ιόντων

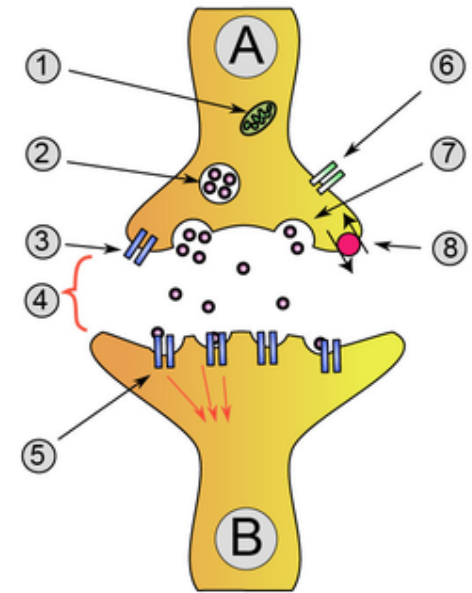


# Πεπτικός σωλήνας Ημιπτέρων

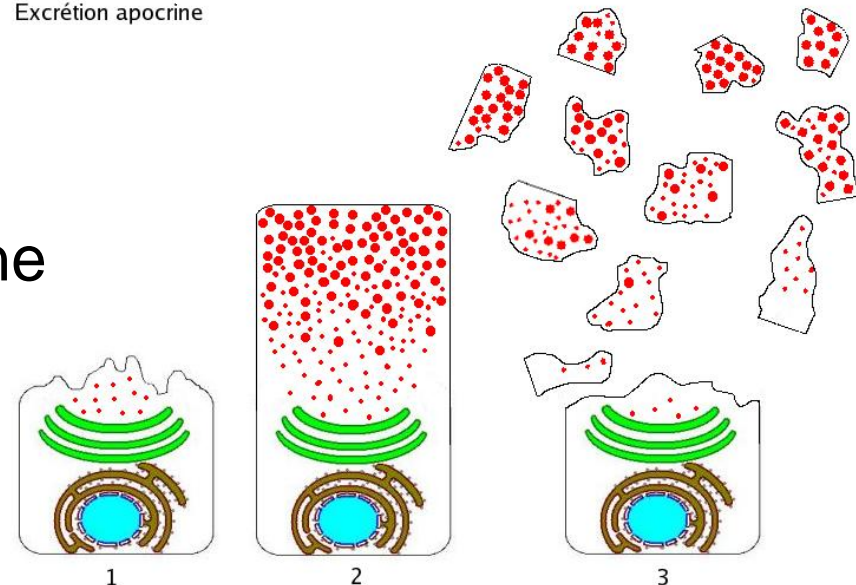


# Ένζυμα του πεπτικού συστήματος










- Ιδιοσυστασιακή έκκριση (Constitutive secretion)
- Ρυθμιζόμενη έκκριση (Regulated secretion)
- Ζυμογόνο (zymogen) – πρωτεΐνη περιέχει πεπτίδιο που προστατεύει την ενζυματική της δραστηριότητα μέχρι τη μετακίνηση της



Excrétion apocrine



- Μεροκρινής έκκριση (Merocrine secretion)
- Ολοκρινής (Holocrine)
- Αποκρινής (apocrine)

Έντομο	Δίαιτα	Πρωτεάση	Λιπάση	Αμυλάση	Ιμβερτάση	Μαλτάση
κατσαρίδα	πολυφάγο					
Stick insect	φυτοφάγο					
Προνύμφη λεπιδόπτερου	φυτοφάγο					
Ενήλικο λεπιδόπτερου	νέκταρ					
Ενήλικο λεπιδόπτερου	όχι τροφή					
Προνύμφη Lucilia	κρέας					
Ενήλικο Calliphora	σάκχαρα					
Glossina	αίμα		?			

# Ένζυμα για την πέψη υδατανθράκων

- Σιελογόνοι αδένες και επιθήλιο μέσου εντέρου
- Άμυλο
- Γλυκογόνο
  
- Α-αμυλάση
- Α-γλυκοσιδάση
- Ισομαλτάση
- Β-γυκοσιδάσες (μαλτόζη, τρεχαλόζη, ραφινόζη κ.α)
- Α-τρεχαλάση
- Β-γλυκοσιδάση
  
- Κυτταρίνη
  - Cx-cellulase, C1-cellylase, β-glycosidase

# Ένζυμα για την πέψη λιπιδίων

Βασικά λιπίδια της διατροφής των εντόμων  
είναι οι tryacylglycerols

Λιπάσες – μέσο έντερο

Ο Glycocalyx μπορεί να βοηθάει στην  
επαφή των λιπασών με τις tryacylglycerols

# Ένζυμα για την πέψη πρωτεϊνών

Endioproteases, σπάζουν εσωτερικούς δεσμούς συγκεκριμένων αμινοξέων

trypsin

Chymotrypsin

serine, cystein, aspartic acid, metallo-proteinases

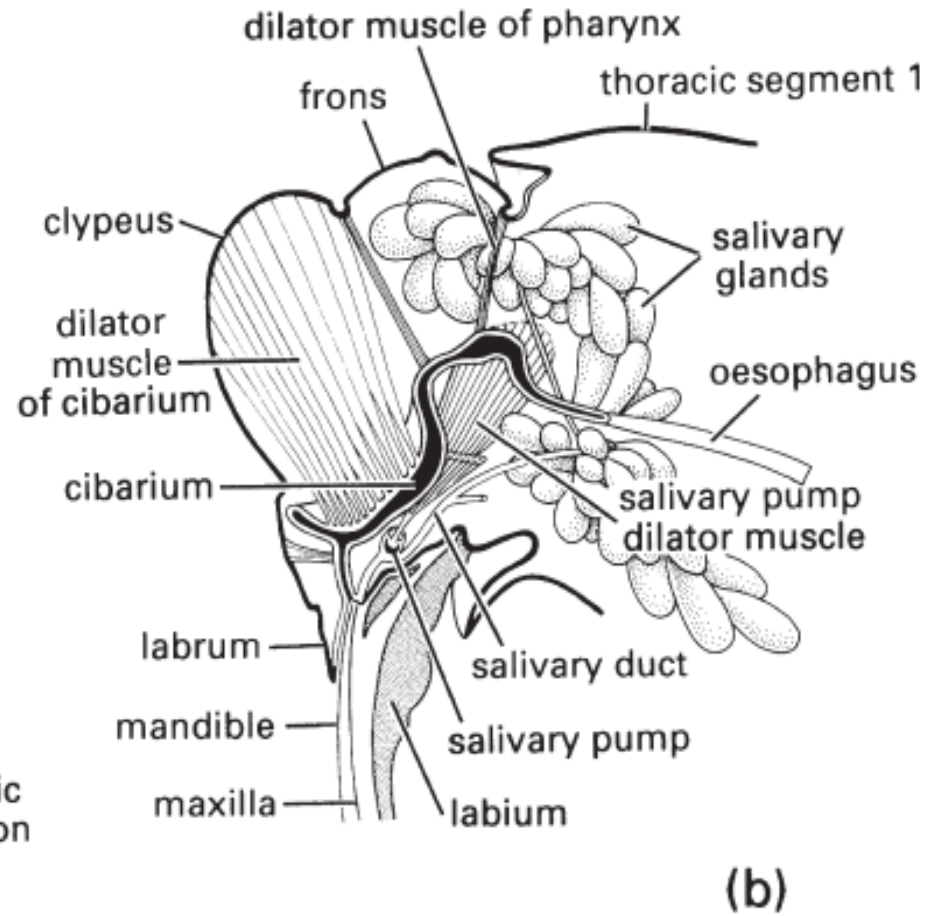
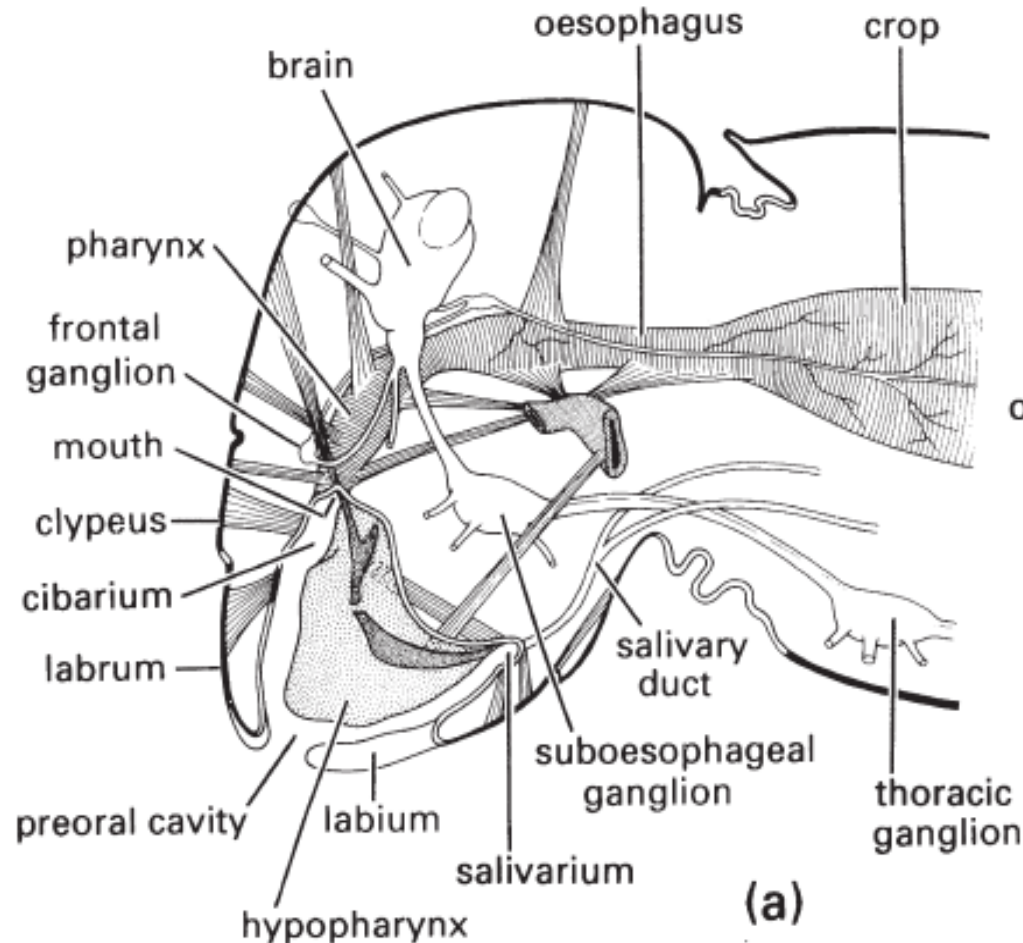
Cathepsin σε όξινο περιβάλλον

Exopeptidases κόβουν τα τελικά αμινοξέα το ένα μετά το άλλο

Aminopeptidases

# Αδένες πεπτικού συστήματος

- Χειλικοί
- Γναθικοί
- Φαρυγγικοί
- Μαλπιδειανοί σωλήνες





# Χειλικοί αδένες

- Δύο, ένας σε κάθε πλευρά του πρόσθιου εντέρου.
- Κοινός εκφορητικός αγωγός που εκβάλλει μεταξύ κάτω χείλους και υποφάρυγγα ή στη βάση του υποφάρυγγα.
- Παράγουν
  - Σίελο
  - Μετάξι (προνούμφες λεπιδοπτέρων, υμενοπτέρων κ.α.).

# Σίελος

- Λιπαντικό μέσο
- Φυτοφάγα
  - αμυλάση και ιμβερτάση (πέψη υδατανθράκων)
- Σαρκοφάγα
  - Ένζυμα για πέψη πρωτεϊνών και λιπών
- Άλλα ουσίες
  - Αφίδες, άλλα Ημίπτερα: πηκτινάσες, ιξώδη λιποπρωτεϊνική ουσία
  - Κουνούπια: αντιθρομβίνη
  - Τοξίνες
  - Ουσίες που επηρεάζουν ανάπτυξη ξενιστή

# Γναθικοί αδένες

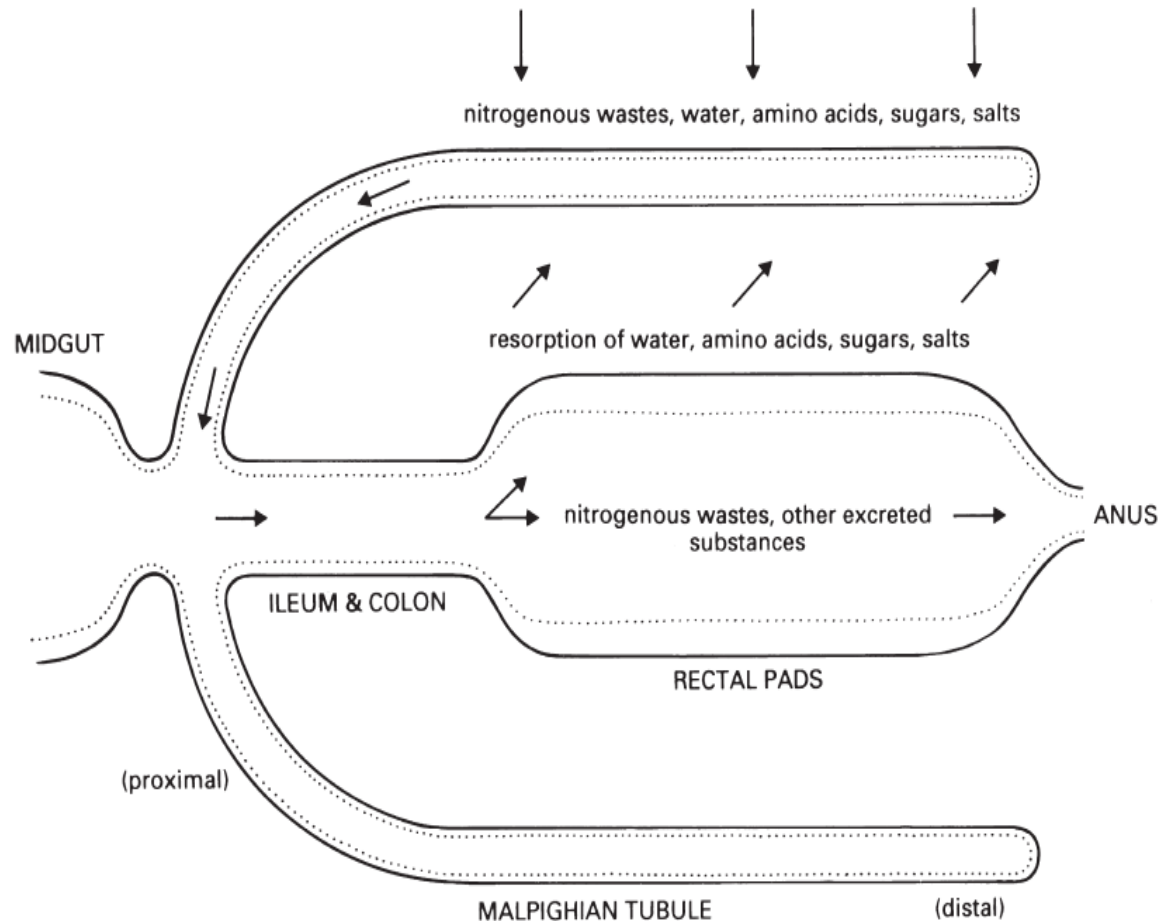
- Άνω γνάθων (1 ζεύγος)
  - Βρίσκονται στην κεφαλή
  - Αντικαθιστούν σιελογόνους στις προνύμφες που παράγουν μετάξι.
  - Μέλισσες
    - Στη βασίλισσα μεγαλύτεροι και παράγουν φερομόνικες ουσίες που ρυθμίζουν τις δραστηριότητες της κυψέλης.
    - Γενικά ελκυστικές ή φερομόνες συναγερμού
- Κάτω γνάθων (1 ζεύγος)
  - Βρίσκονται στην κεφαλή
  - Παράγουν λιπαντική ουσία (Ημίπτερα, Νευρόπτερα, Κολεόπτερα, κ.α.).
  - Σε σαρκοφάγα Ημίπτερα παράγουν τοξίνη.

# Φαρυγγικοί

- Υμενόπτερα.
- Βρίσκονται ένας σε κάθε πλευρά της κεφαλής.
- Εκβάλλουν με ξεχωριστό αγωγό στη βάση του υποφάρυγγα.
- Στις εργάτριες μέλισσες παράγουν εκκρίσεις (π.χ. βασιλικός πολτός) για διατροφή των προνυμφών.
  - Όταν γεράσουν ατροφούν.

# Σωλήνες *Malpighi* (Μαλπιγγειανοί σωλήνες)

- Αριθμός: 0 (Αφίδες)-250 (Οδοντόγναθα, Ορθόπτερα).
- Όργανα απέκκρισης και αποθήκευσης ουρικών αλάτων και οξέων.
- Αλλά:
  - Σε ορισμένα Νευρόπτερα και Κολεόπτερα παράγουν **μετάξι**.



# Συμβιωτικοί μικροοργανισμοί

- Ενδοκυτταρικοί (διάφορες λειτουργίες, αναπαραγωγικές και άλλες)
- Εξω-κυτταρικοί (βιταμίνες, αμινοξέα, κυτταρινοκλαστικά)
- Γαστρικά θυλάκια, οπίσθιο έντερο, μυκητώματα, μυκάγγεια
  - Ζύμες
  - Βακτήρια
  - Ιοί
  - Μύκητες
  - Πρωτόζωα

# Λιπόσωμα

- Σφαιροειδή ή ακανόνιστα κύτταρα, κοκκώδες δικτυωτό ενδόπλασμα
- Αποταμιευτικό αλλά και συνδετικός ιστός
- Αποθήκευση άλλα και απέκκριση

# Απέκκριση

- Σωλήνες Malpighi
- Λιπόσωμα
- Χειλικοί και άλλοι αδένες
  
- Αποθηκευτική απέκκριση
  - Λιπόσωμα
  - Υποδερμικά κύτταρα
  - Λέπια πτερύγων
  - Επιθηλιακά κύτταρα
  - Νεφροκύτταρα
  
- Προϊόντα απέκκρισης
  - Ουρικό οξύ, αλλαντοϊκό οξύ ή αλλαντοΐνη
  - Αμμωνία
  - Ουρία



# Ανακεφαλαίωση

- Τροφικές συνήθειες – μορφολογία και λειτουργία του πεπτικού συστήματος
- Βασικά τμήματα του πεπτικού συστήματος
- Τύποι κυττάρων του μέσου εντέρου
- Glycocalyx
- Περιτροφική μεμβράνη
- Ένζυμα πεπτικού συστήματος
- Ορμονική λειτουργία του μέσου εντέρου
- Φυσιολογία και μορφολογία του πεπτικού συστήματος στις κύριες τάξεις των εντόμων

# Ερωτήσεις

- Ποιά είναι τα μέρη του πεπτικού συστήματος και ποιες οι λειτουργίες αυτών;
- Τι γνωρίζετε για την απέκκριση στα έντομα; Τι είναι η αποθηκευτική απέκκριση;
- Ποια μέρη του πεπτικού συστήματος καλύπτονται από δερμάτιο και ποιός ο ρόλος του.
- Τι γνωρίζεται για τα ένζυμα του πεπτικού συστήματος και με ποιό γίνεται η έκκριση τους.
- Δώστε τον ορισμό των λέξεων, προλοβός, προκοιλίδιο, μαλπιγειανοί σωλήνες, .....
- Τι γνωρίζετε για το λιπόσωμα, τον γλυκοκάλυκα και την περιτροφική μεμβράνη
- Ποιά είναι η σημασία των γαστρικών θυλακίων
- Τι γνωρίζετε για το σίελο και τις λειτουργίες του
- Τι γνωρίζετε για τους αδένες του πεπτικού συστήματος
- Αναφέρατε τους σημαντικότερους συμβιωτικούς μικροοργανισμούς των εντόμων, τις θέσεις στις οποίες βρίσκονται και τη σημασία τους για τα έντομα.

# Ερωτήσεις

- Ποιά είναι τα τμήματα του πεπτικού συστήματος των εντόμων; Αναλύστε συνοπτικά. Ποιά είναι η λειτουργική τους σημασία;
- Ποια η χρησιμότητα του σιέλου των εντόμων;
- Τι είναι η περιτροφική μεμβράνη και ποιά η σημασία της;
- Ποιος είναι ο ρόλος της απέκκρισης στα έντομα; Τι είναι η αποθηκευτική απέκκριση; Ποιά είναι τα προϊόντα της απέκκρισης;
- Ποιά είναι τα κύρια ένζυμα του πεπτικού συστήματος των εντόμων; Με ποιόν τρόπο γίνεται η έκκριση των ενζύμων από τα κύτταρα του μέσου εντέρου;
- Ποιοί είναι οι βασικοί αδένες του πεπτικού συστήματος των εντόμων και ποιά η λειτουργία τους;
- Ποιά είναι η ιστολογική προέλευση του πεπτικού συστήματος των εντόμων και πώς καθορίζει τη λειτουργία του;

# Εντομο – Quiz!

Το μεγαλύτερο μέρος της πέψης της τροφής στα έντομα πραγματοποιείται στο πρόσθιο έντερο.

- Σωστό
- Λάθος

Η κυριότερη περιοχή πέψης, απορρόφησης και έκκρισης πεπτικών ενζύμων στα έντομα είναι το μέσο έντερο



# Εντομο – Quiz!

Η περιτροφική μεμβράνη βρίσκεται στο μέσο έντερο όλων των εντόμων.

- Σωστό
- Λάθος

Η πλειοψηφία των εντόμων έχει περιτροφική μεμβράνη στο μέσο έντερο, όχι όμως τα ημίπτερα (Hemiptera)

