

Κεφάλαιο 4

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

4.1 Εξωτερική ανατομία

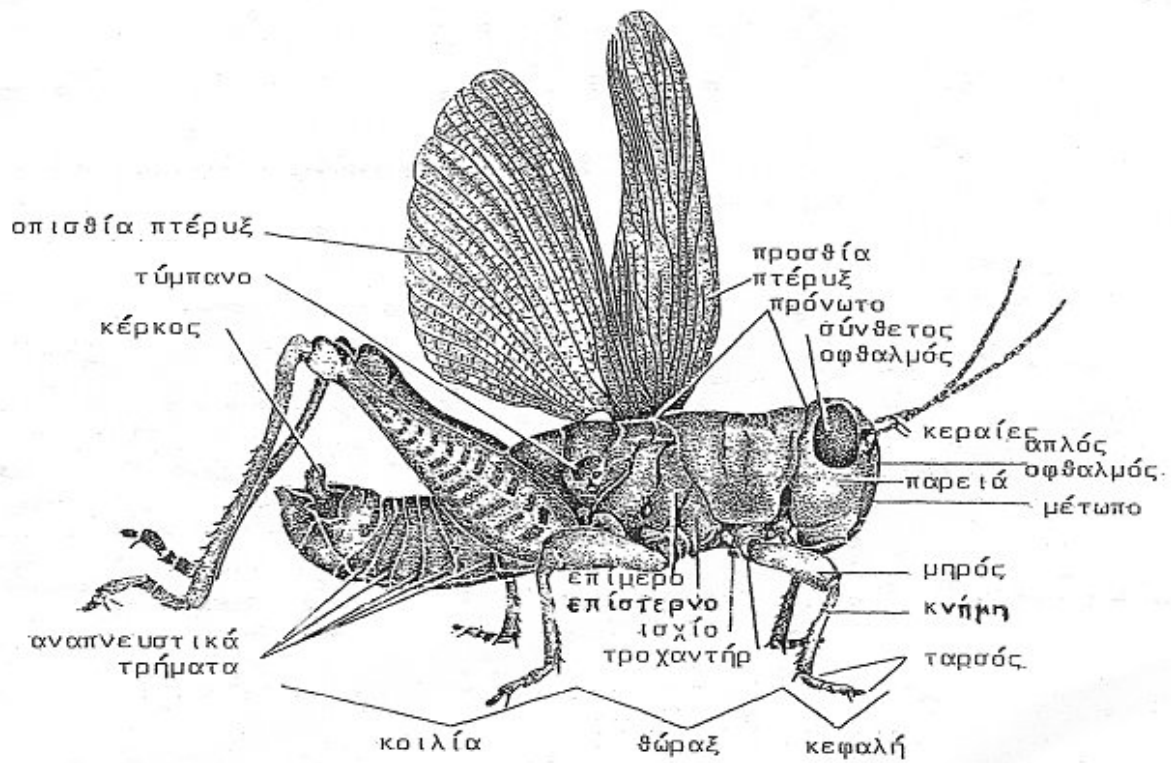
Επιπρόσθετα στα γενικά χαρακτηριστικά του Φύλου Αρθρόποδα, τα οποία είναι κοινά για όλες τις Κλάσεις του, τα ενήλικα Έντομα έχουν:

- Τρεις σωματικές υποδιαιρέσεις, *κεφαλή, θώρακα και κοιλία*.
- Τρία ζεύγη *ποδών* που φέρονται στο θώρακα.
- Συνήθως δύο ζεύγη *πτερόγων* που επίσης φέρονται στο θώρακα.
- Ένα ζεύγος *κεραιών* που φέρονται στην κεφαλή.
- Σύνθετους και απλούς *οφθαλμούς* (ocelli), επίσης στην κεφαλή.
- *Αναπνοή* δια μέσου αεραγωγών, των *τραχειών*.
- *Αναπαραγωγικά* όργανα που έχουν άνοιγμα κοντά στο ουραίο τμήμα της κοιλίας (Εικ.5).

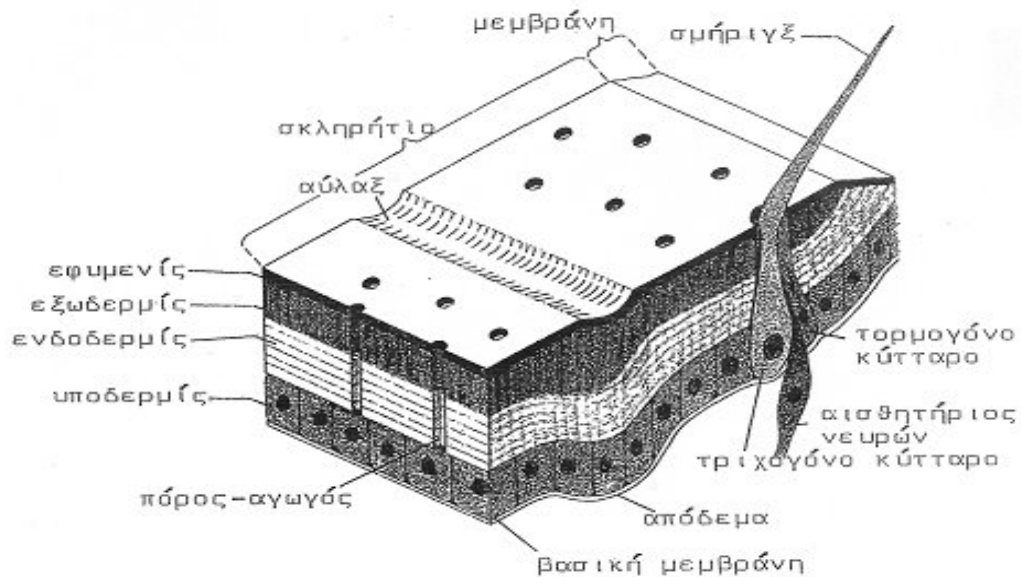
4.1.1 Ο εξωσκελετός

Μια γενική γνώση της ανατομίας των Εντόμων είναι απαραίτητη για να είναι δυνατή η διάκρισή τους σε ταξινομικές ομάδες και επιμέρους είδη και για να γίνει κατανοητός ο τρόπος διαβίωσης τους. Τα Έντομα είναι καλά προστατευμένα από τον εξωσκελετό που τα περικλείει σαν πανοπλία. Όπως προαναφέρθηκε ένα μεγάλο μέρος της επιτυχίας των ζώων αυτών οφείλεται στον εξωσκελετό τους. Παρέχει σε αυτά προστασία απέναντι στην υγρασία, ξηρασία, ασθένειες και άλλους φυσικούς εχθρούς. Επίσης προστατεύει τους εσωτερικούς μαλακούς ιστούς και προσφέρει σημεία πρόσφυσης των πολυάριθμων μυών των Εντόμων.

Ο εξωσκελετός αποτελείται από τρία κύρια στρώματα, τη *δερμίδα (cuticula)*, την *υποδερμίδα* και τη *βασική μεμβράνη*. Η δερμίδα έχει στρωματομένη δομή και αποτελείται από δύο διακριτά στρώματα, την *εξωδερμίδα (exocuticula)* και την *ενδοδερμίδα (endocuticula)* (Εικ.6). Η εξωδερμίδα καλύπτεται εξωτερικά από ένα λεπτό στρώμα πάχους περίπου 1μm, γνωστό σαν *εφουμενίδα (epicuticula)*. Η πιο χαρακτηριστική ουσία στην εξωδερμίδα και την ενδοδερμίδα είναι η *χιτίνη*. Αυτή είναι ένας νιτρογενής πολυσακχαρίτης, αδιάλυτος και ανθεκτικός στη δράση του νερού,



Εικ.5. Πλάγια όψη της ακρίδας *Melanoplus differentialis* (κατά Little με τροποποιήσεις)



Εικ. 6 Διαγραμματική απεικόνιση τομής σωματικού περιβλήματος εντόμων.
(κατά Elzinga με τροποποιήσεις)

της αλκοόλης και, των αραιών αλκαλίων και οξέων. Η εφυμενίς δεν είναι χιτινώδης. Αποτελείται από ουσίες που προστατεύουν τα Έντομα από υπερβολική αφυδάτωση, υγρασία και, ασθένειες και με αυτό τον τρόπο τους επιτρέπει να επιβιώνουν σε ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών. Η υποδερμίς αποτελείται κύρια από ένα απλό στρώμα κυττάρων που εκκρίνουν τη δερμίδα. Η βασική μεμβράνη είναι μια λεπτή, μη κυτταρική μεμβράνη που αποτελεί μια εσωτερική επικάλυψη της υποδερμίδας.

Το σωματικό τοίχωμα των Εντόμων αποτελείται από πλάκες, τα σκληρήτια, που είναι συνήθως απεσκληρωμένα. Τα σκληρήτια διαχωρίζονται από γραμμές γνωστές σαν ραφές. Τα δύο αυτά είδη στοιχείων, τα σκληρήτια και οι ραφές, έχουν ιδιαίτερη σημασία για την περιγραφή και τον προσδιορισμό των Εντόμων. Η επιφάνεια του σώματος μπορεί να φέρει αύλακες, σμήριγγες, άκανθες, τρίχες, μικροτρίχια και λέπια. Το σώμα του εντόμου αποτελείται από τρεις διακριτές περιοχές, το νώτο (tergum) τα πλευρά (pleura) και το στέρνο (sternum).

4.1.2 Η κεφαλή

Είναι ένα μέρος του σώματος του εντόμου απεσκληρωμένο σε υψηλό βαθμό, σε σχήμα κάψας χωρίς εμφανείς υποδιαίρεσεις. Φέρει τα στοματικά μόρια τις κεραίες και τους οφθαλμούς. Στη κεφαλή ενός τυπικού εντόμου, όπως μιας ακρίδας, τα παραπάνω μέρη είναι σχετικά ευκρινή. Για το λόγο αυτό τα μέρη που αναφέρονται εδώ αφορούν αυτό το έντομο. Σε άλλα έντομα με πιο εξειδικευμένο τρόπο σωματικής διάπλασης μερικά από τα μέρη αυτά έχουν τροποποιηθεί σημαντικά ή έχουν χαθεί από συγχώνευση με άλλα. Το μέτωπο (frons) είναι η περιοχή από το διάστημα ανάμεσα στους οφθαλμούς μέχρι το επιστόμιο (clypeus) (Εικ.7). Φέρει τις κεραίες και το μεσαίο απλό οφθαλμό (ocellus). Μια ευδιάκριτη ραφή διαχωρίζει το μέτωπο από το επιστόμιο. Το επιστόμιο πάλι εκτείνεται από το μέτωπο έως τη βάση του άνω χείλους (labrum). Οι παρειές (genae) βρίσκονται δεξιά και αριστερά του μετώπου και κάτω από τους σύνθετους οφθαλμούς. Η κορυφή (vertex) είναι το υψηλότερο σημείο ανάμεσα στους σύνθετους οφθαλμούς. Το ινίο είναι η περιοχή πίσω από την κορυφή, τον οφθαλμό και την παρειά σε κάθε πλευρά. Οι κεραίες, οφθαλμοί, και στοματικά μόρια είναι τα πιο σημαντικά όργανα της κεφαλής και θα αναφερθούν χωριστά.

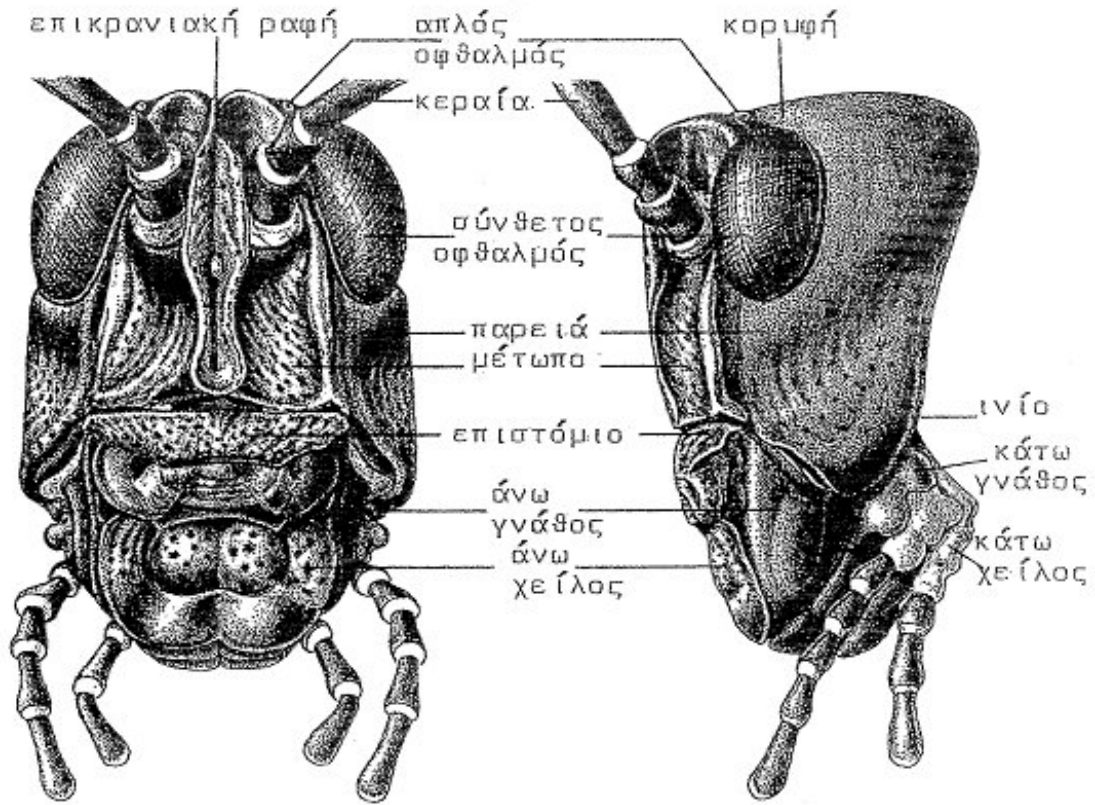
Τύποι κεφαλής

Η κεφαλή, ανάλογα με τη θέση των στοματικών μορίων και με την κλίση της σε σχέση με τον επιμήκη άξονα του σώματος του εντόμου διακρίνεται σε τρεις κύριους τύπους:

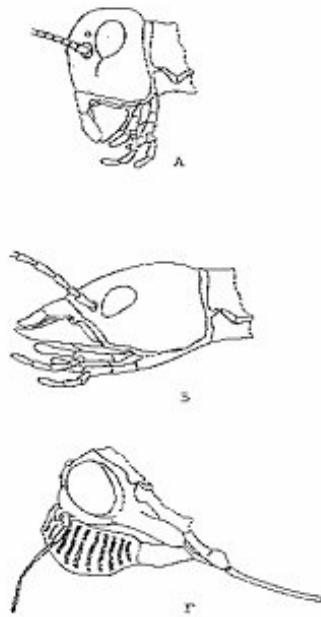
Ο πρόγναθος: Ο μεγάλος άξονας της κεφαλής είναι παράλληλος με τον άξονα του σώματος και τα στοματικά μόρια κατευθύνονται προς τα εμπρός (Εικ. 8), όπως π.χ. σε ορισμένα Κολεόπτερα.

Ο υπόγναθος: Ο μεγάλος άξονας της κεφαλής είναι κάθετος προς τον άξονα του σώματος, και τα στοματικά μόρια κατευθύνονται προς τα κάτω όπως π.χ. στις ακρίδες.

Ο οπισθόγναθος: Ο μεγάλος άξονας της κεφαλής σχηματίζει οξεία γωνία με τον άξονα του σώματος του εντόμου και τα στοματικά μόρια κατευθύνονται προς τα πίσω,



Εικ. 7. Κεφαλή εντόμου. Φαίνονται τα κύρια σκληρήτια, στοματικά μέρη και αισθητήρια όργανα. (κατά Elzinga, με τροποποιήσεις)



Εικ. 8. Τύποι κεφαλής: Α=υπόγναθος, Β=πρόγναθος, Γ=οπισθόγναθος (κατά Πελεκάση)

όπως π.χ. σε ορισμένα Homoptera των Ημιπτέρων, Από τους τρεις αυτούς τύπους οι πιο συνηθισμένοι είναι οι υπόγναθος και ο πρόγναθος.

Οι κεραίες

Το ζεύγος των κεραιών βρίσκεται ανάμεσα και μπροστά στους σύνθετους οφθαλμούς. Οι κεραίες ποικίλλουν σε μορφή και μέγεθος, και έχουν ιδιαίτερη σημασία για τον προσδιορισμό των Εντόμων. Η λειτουργία των κεραιών είναι αισθητήρια. Σ' αυτές βρίσκεται ειδικά η αίσθηση της αφής. Επίσης, τουλάχιστον σε μερικές περιπτώσεις, οι αισθήσεις της όσφρησης και της ακοής βρίσκονται στις κεραίες. Η βάση της κεραίας είναι γνωστή σαν σκίπος ή σκάπος (scapus) (Εικ. 11). Το δεύτερο τμήμα είναι ο μίσχος (pedicel) και τα υπόλοιπα τμήματα καλούνται συνολικά μαστίγιο (flagellum). Οι κεραίες των Εντόμων διακρίνονται σε πολλούς μορφολογικούς τύπους. Οι πιο κοινοί είναι (Εικ.9):

Νηματοειδής. Τα τμήματα είναι σχετικά ομοιόμορφα σε μέγεθος,

Τριχοειδής ή σμηριγοειδής. Τα τμήματα λεπτύνονται βαθμιαία έτσι ώστε τελικά η κεραία καταλήγει σε οξύ άκρο.

Πριονοειδής. Τα τμήματα είναι περίπου τριγωνικά και μοιάζουν στη μια πλευρά με δόντια πριονιού.

Κομβολογοειδής. Τα τμήματα είναι σχετικά ομοιόμορφα σε μέγεθος, σε σχήμα χάντρας.

Αμφικτενοειδής. Η κεραία έχει εμφάνιση διπλής κτένας.

Πτεροειδής. Τα άρθρα έχουν λεπτές τριχοειδείς επεκτάσεις και προς τις δύο πλευρές.

Ξιφοειδής. Τα άρθρα λεπτύνονται προς το άκρο έτσι ώστε τελικά η κεραία να έχει μορφή ξίφους.

Ραβδοειδής. Η κεραία αποτελείται από 3 άρθρα από τα οποία το τελευταίο είναι μακρό και παίρνει μορφή ράβδου. Στο άρθρο αυτό υπάρχει σμήριγγα απλή ή πτεροειδής.

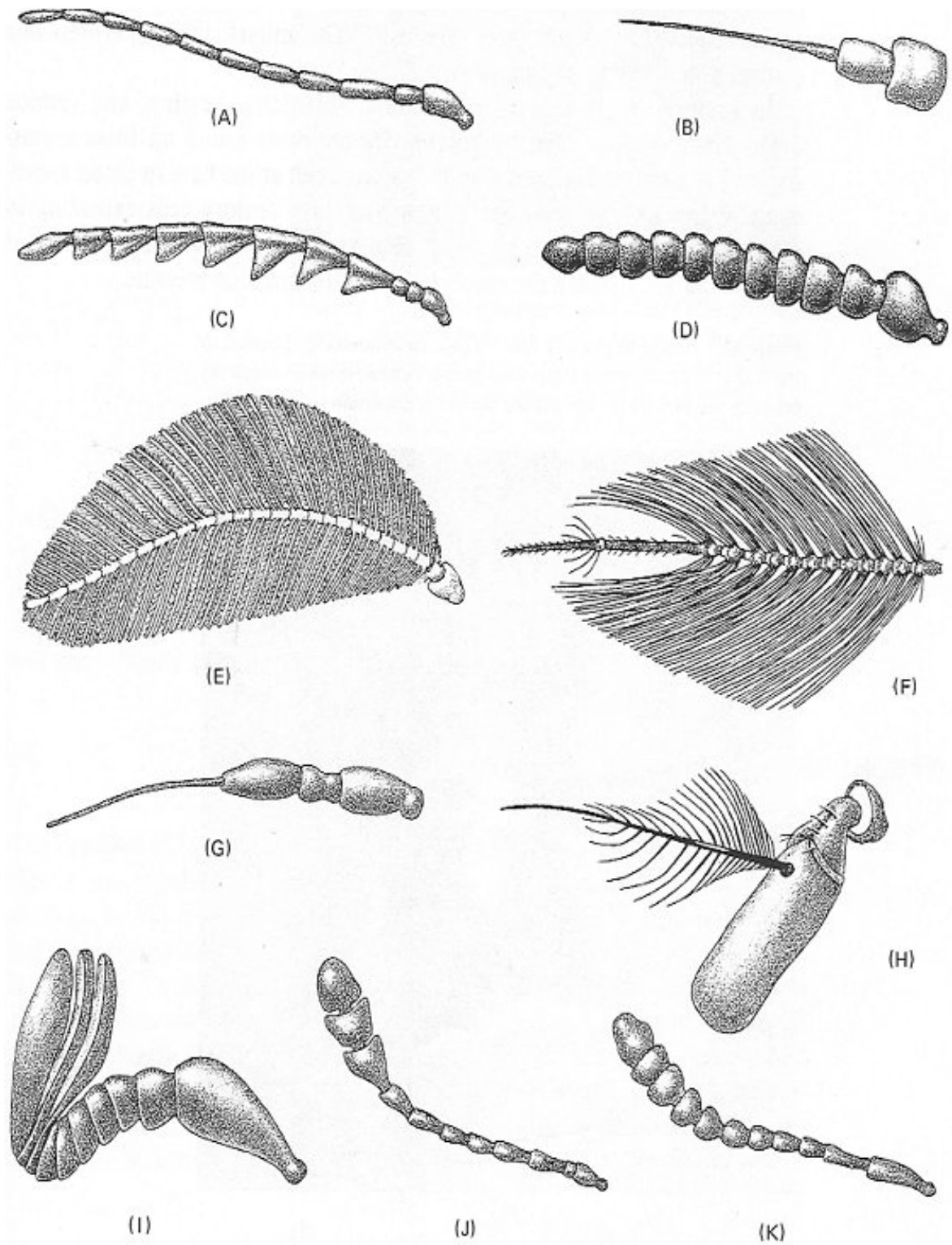
Ελασματοειδής. Τα τελευταία άρθρα έχουν επεκταθεί πλάγια και σχηματίζουν ριπίδιο.

Κεφαλοειδής. Τα ακραία άρθρα είναι σημαντικά διογκωμένα.

Ροπαλοειδής. Τα άρθρα σταδιακά αυξάνουν σε διάμετρο αλλά στο άκρο και πάλι λεπτύνονται.

Οι οφθαλμοί

Κάθε τυπικό ακμαίο έντομο έχει δύο τύπους οφθαλμών, τους απλούς (ocelli, ενικός ocellus) και τους σύνθετους. Σε έντομα που έχουν και τα δύο είδη υπάρχουν 2 σύνθετοι και 3 απλοί. Σε εξειδικευμένες ομάδες όμως είναι δυνατόν να ελλείπουν και οι δύο τύποι ή να έχει ελαττωθεί ο αριθμός των απλών οφθαλμών. Οι απλοί οφθαλμοί βρίσκονται ανάμεσα στους δύο σύνθετους και μπροστά από την κορυφή της κεφαλής. Συνήθως είναι πολύ



Εικ. 9. Τύποι κεραιών εντόμων

(A) Νηματοειδής

(D) Κομβολογοειδής

(G) Ξιφοειδής

(J) Κεφαλοειδής

(B) Τριχοειδής

(E) Αμφικτενοειδής

(H) Ραβδοειδής

(K) Ροπαλοειδής

(C) Πριονοειδής

(F) Πτεροειδής

(I) Ελασματοειδής

(Κατά Elzinga με τροποποιήσεις)

μικροί και υπάρχει ένας μόνο φακός για ολόκληρο τον οφθαλμό. Πιστεύεται γενικά ότι οι απλοί οφθαλμοί ή φωτοδέκτες, απλώς αυξάνουν την ικανότητα αντίδρασης του εντόμου σε φωτεινά ερεθίσματα. Είναι πολύ πιθανό ότι τα έντομα δεν συλλαμβάνουν σχήματα αντικειμένων με τους απλούς οφθαλμούς επειδή το φως δεν εστιάζεται στα αισθητικά τους κύτταρα.

Οι σύνθετοι οφθαλμοί είναι πιο εμφανείς από τους απλούς. Υπάρχουν στα ακμαία αλλά και σε νύμφες μερικών ομάδων εντόμων (π.χ. ακριδών). Είναι τα κύρια όργανα όρασης και έχουν σημαντικά μεγαλύτερο μέγεθος από τους απλούς οφθαλμούς. Έχουν πολυεδρική επιφάνεια και βρίσκονται στην νωτοπλευρική χώρα της κρανιακής κάψας (Εικ. 5 και 7). Καθένας από τους φωτοδέκτες αυτούς αποτελείται από μεγάλο αριθμό χωριστών δεκτών τα ομματοίδια (Εικ. 10). Ο αριθμός αυτός ποικίλει από ένα ομματοίδιο για ορισμένα μυρμήγκια μέχρι 300.000 για κάποια Odonata. Στα περισσότερα έντομα, που πετούν την ημέρα κάθε ομματοίδιο παραθετικού τύπου (Εικ. 10) έχει ένα όργανο συλλογής φωτός, δηλαδή τον κερατοειδή φακό και τον κρυστάλλινο κώνο, και ένα όργανο αίσθησης του φωτός, το ράβδωμα. Το άμεσο ισχυρό φως εστιάζεται από κάθε σύστημα φακού πάνω στο ράβδωμά του, το οποίο περιέχει οπτικά ενεργές χρωστικές και έτσι προκαλεί την εκκίνηση ερεθίσματος σε νεύρο. Η ερμηνεία πολλών τέτοιων ερεθισμάτων μαζί από κέντρα συνδυασμού στον εγκέφαλο παρέχει στο έντομο την όραση, η οποία, στην περίπτωση αυτή καλείται μωσαϊκή όραση.

Γενικά, τα αρπακτικά έντομα καθώς και εκείνα που πετούν με μεγάλη ταχύτητα και αναζητούν άνθη ή σεξουαλικούς συντρόφους έχουν το μεγαλύτερο αριθμό ομματοιδίων. Τα έντομα εδάφους και εκείνα που περιπτωσιακά μόνο πετούν έχουν μικρότερο αριθμό ομματοιδίων. Ένας λόγος για την ύπαρξη μεγάλου αριθμού στην πρώτη περίπτωση είναι ότι έτσι υπάρχει το πλεονέκτημα της καλύτερης αντίληψης βάθους οπτικού πεδίου. Όταν ένα έντομο αντικρίσει ένα αντικείμενο η ενδιάμεσή τους απόσταση υπολογίζεται από τη γωνία ανάμεσα στο αντικείμενο και στα δύο μάτια, με κορυφή το αντικείμενο. Όσο το έντομο πλησιάζει το αντικείμενο τόσο πιο κοντά στο μέσο των δύο ματιών είναι τα ομματοίδια που χρησιμοποιούνται για να το δουν και έτσι γίνεται εκτίμηση της απόστασης. Όσο πιο πολλά είναι τα ομματοίδια τόσο πιο ακριβής είναι η εκτίμηση. Αντικείμενα που βρίσκονται στα πλάγια του εντόμου δεν είναι ορατά και από τους δύο οφθαλμούς και έτσι η απόσταση δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί σωστά.

Ο σύνθετος οφθαλμός των εντόμων είναι τελικά ένα εξαιρετικά πολύπλοκο όργανο. Είναι γεγονός πάντως ότι μέσα στην ποικιλομορφία των εντόμων υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις από το μέσο τύπο που περιγράφηκε παραπάνω.

Έντομα με μεγάλη δραστηριότητα την νύχτα έχουν σύνθετους οφθαλμούς του υπερθετικού τύπου. Αυτός είναι διαφορετικός από τον παραθετικό τύπο που περιγράφηκε πιο πάνω για τα ημερόβια έντομα κατά το ότι υπάρχει μια ελεύθερη ζώνη ανάμεσα στα όργανα συλλογής και στα όργανα αίσθησης του φωτός.

Έτσι το φως από πολλούς φακούς έχει τη δυνατότητα να εστιασθεί σε μια μόνο περιοχή αίσθησης με συνέπεια τη μεγαλύτερη φωτεινότητα της εικόνας. Οι δύο παραπάνω τύποι οράσεως των εντόμων είναι γνωστοί και σαν κάθετη και πλάγια όραση αντίστοιχα.

- Το μέγεθος των φακών των εντόμων με ταχεία πτήση διαφέρει από εκείνο των εντόμων με αργή πτήση.

- Οι οφθαλμοί των διάφορων εντόμων διαφέρουν ως προς την ικανότητα τους να δουν διάφορα μήκη κύματος φωτός. Πάντως τα περισσότερα έντομα μπορούν να δουν υπεριώδεις, που δεν είναι ορατό από τον άνθρωπο, ενώ μερικά μπορούν να δουν κόκκινο, μπλε ή πράσινο μήκος κύματος. Οι δέκτες υπεριώδους είναι συχνά περισσότεροι προς τη νωτιαία πλευρά του οφθαλμού. Πάντως δεν είναι ακόμα γνωστό πόσο καλά βλέπουν τα έντομα. Φαίνεται ότι η όραση τους είναι αποτελεσματική μόνο σε κοντινά τους αντικείμενα ενώ τα μακρινά δεν τα βλέπουν και τόσο καθαρά. Ανιχνεύουν τα κινούμενα αντικείμενα από τον διαδοχικό ερεθισμό ομματιδίων.

Προνύμφες εντόμων, όπως οι κάμπιες, έχουν φωτοδέκτες δομικά ενδιάμεσους μεταξύ των τυπικών απλών και των σύνθετων οφθαλμών, που καλούνται στέμματα. Αυτά υπάρχουν σε δύο διασκορπισμένες ομάδες στην παρεία της κεφαλής. Έχουν ίσως κάποια δυνατότητα σχηματισμού εικόνας εφόσον μπορούν να εστιάσουν το φως, αλλά η ευκρίνεια της εικόνας πρέπει να είναι μικρή εφόσον συνήθως υπάρχουν λιγότερα από 12 στέμματα. Κατά τη μεταμόρφωση προς το ενήλικο στάδιο τα στέμματα χάνονται και αντικαθίστανται από τους σύνθετους οφθαλμούς.

Τα στοματικά μόρια

Τα στοματικά μόρια των Εντόμων ποικίλουν ευρύτατα, μορφολογικά και λειτουργικά, εξαιτίας της προσαρμογής των στο είδος της τροφής κάθε εντόμου και του τρόπου λήψης της τροφής αυτής. Αποτελούν σαφή ταξινομικό χαρακτήρα ανάμεσα στα διάφορα αθροίσματα των εντόμων εφόσον άλλα έντομα κόπτουν και μασούν στερεά τροφή και έτσι έχουν μασητικά μόρια (π.χ. Κολεόπτερα, αλλά νύσσουν και αναρροφούν υγρή τροφή και έτσι έχουν μυζητικά στοματικά μόρια (π.χ. Ημίπτερα), ενώ άλλα πάλι μπορούν να λείχουν και να μυζούν (π.χ. Υμενόπτερα). Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου τα στοματικά μόρια είναι υπανάπτυκτα ή δεν είναι λειτουργικά π.χ. Ephemeroptera, ορισμένα Λεπιδόπτερα κ. ά.).

Οι συνηθέστεροι τύποι στοματικών μορίων είναι οι ακόλουθοι:

Ο μασητικός. Περιλαμβάνει τα εξής μέρη (Εικ.11):

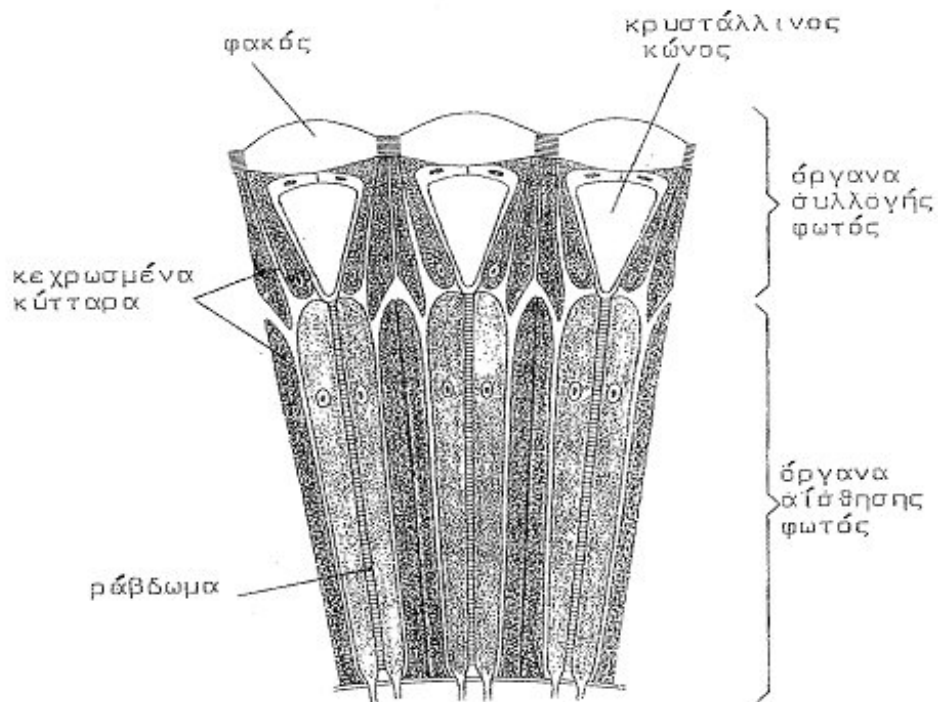
- Το άνω χείλος (labrum), που είναι άζυγο χιτινώδες πλακίδιο και βρίσκεται κάτω από το επιστόμιο. Επενδύεται εσωτερικά από λεπτότατη μεμβράνη, τον επιφάρυγγα.

- Τις δύο άνω γνάθους (mandibulae), που χρησιμεύουν για να δαγκώνουν και να θρυμματίζουν τις τροφές.

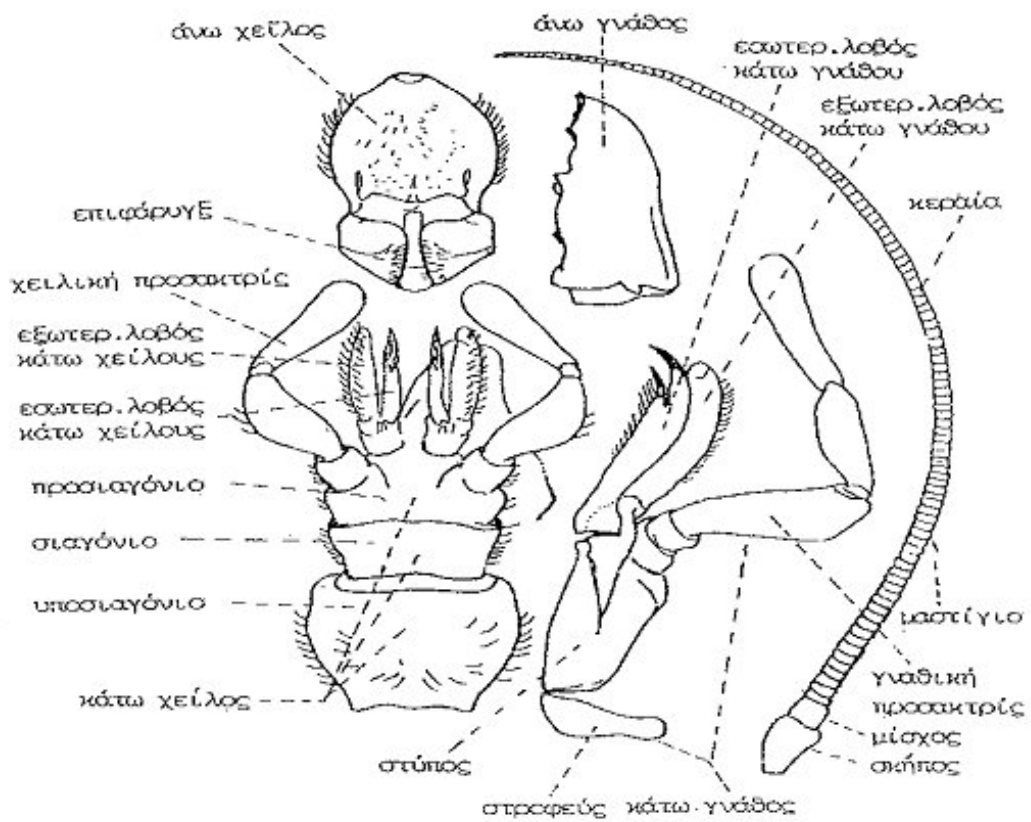
- Τις δύο κάτω γνάθους (maxillae) που η κάθε μία αποτελείται από το στροφέα, το στύπο, τον προσακτριδοφόρο, τη γναθική προσακτρίδα και τους εσωτερικό και εξωτερικό λοβό.

Οι κάτω γνάθοι χρησιμεύουν για να συγκρατούν την τροφή και μαζί με τις άνω γνάθους δαγκώνουν και μασούν.

- Το κάτω χείλος (labium). Φέρει ένα ζεύγος χειλικών προσακτριδών, που είναι αρθρωτά εξαρτήματα, και ένα ζεύγος διπλών λοβών. Στο κάτω χείλος διακρίνεται το σιαγόνιο και το υποσιαγόνο με το οποίο το κάτω χείλος αρθρούται στο αντίστοιχο σημείο της κεφαλής. Στην εσωτερική επιφάνεια του κάτω χείλους προσφύεται ο υποφάρυγγας, ο



Εικ. 10. Διαγραμματική απεικόνιση τριών ομματιδίων συνθέτου οφθαλμού εντόμου (κατά Elzinga με τροποποιήσεις)



Εικ. 11. Στοματικά μέρη μασητικού τύπου και κεραία εντόμου (κατά Sneider-Orelli με τροποποιήσεις)

οποίος στα έντομα μασητικού τύπου είναι μεμβρανώδης και καλύπτεται από αισθητήριες θηλές και τρίχες. Το κάτω χείλος μαζί με τον υποφάρυγγα προωθούν την τροφή μέσα στη στοματική κοιλότητα και υποβοηθούν την ολίσθηση της προς το φάρυγγα.

Ο μασητικός τύπος στοματικών μορίων είναι ο πλέον αρχέγονος και απαντάται με μικρές παραλλαγές σε Ορθόπτερα (Ακρίδες), Κολεόπτερα, Νευρόπτερα, σε προνύμφες των Λεπιδοπτέρων και των Υμενοπτέρων κ. α.

Ο τύπος αυτός μορίων μπορεί να είναι φυτοφάγος, σαρκοφάγος ή παμφάγος.

Άλλοι τύποι στοματικών μορίων που αποτελούν εξέλιξη του αρχέγονου μασητικού τύπου :

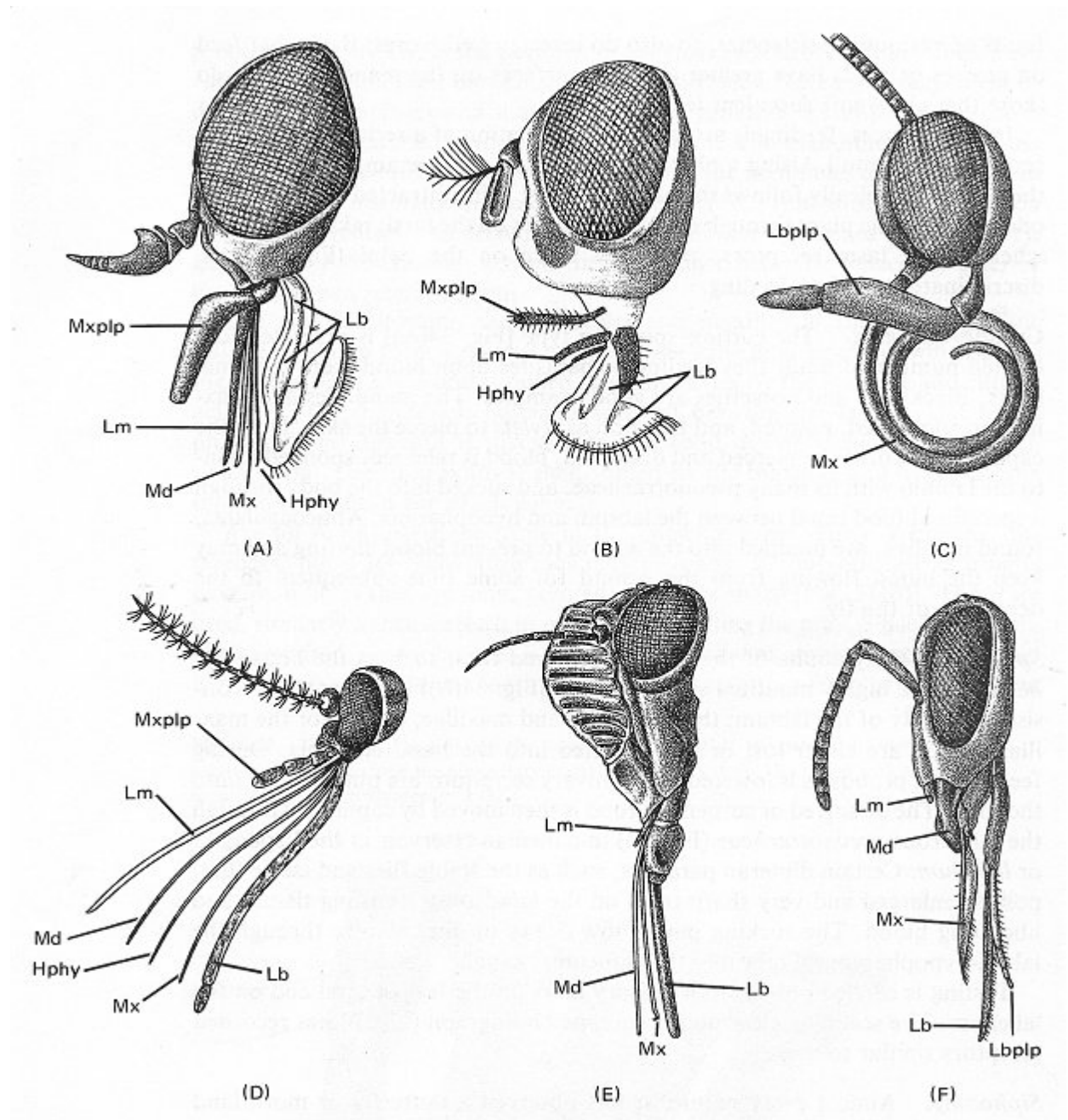
- *Ο κόππων μυητικός.* Απαντάται μόνο σε ενήλικες μύγες που μυζούν αίμα θηλαστικών (π.χ. αλογόμυγες) (Εικ.12). Στον τύπο αυτό οι άνω και οι κάτω γνάθοι έχουν επιμηκυνθεί, είναι οξύληκτοι και χρησιμεύουν σαν στιλέτα για να τρυπούν το δέρμα. Μόλις φθάσουν σε τριχοειδές αγγείο του ζώου, απελευθερώνεται αίμα προς το κάτω χείλος. Σ' αυτό υπάρχουν πολλές ψευδοτραχείες που απορροφούν το αίμα προς το εσωτερικό του σώματος του εντόμου μέσα από ειδικό αγωγό που αποτελείται από το άνω χείλος και τον υποφάρυγγα

- *Ο μυζητικός με προβοσκίδα και ακραία κοτυληδόνα.* Απαντάται σε Δίπτερα, όπως η οικιακή μύγα. Η προβοσκίδα αποτελείται κυρίως από το κάτω χείλος. Οι άνω και κάτω γνάθοι έχουν χαθεί ή ενσωματωθεί σε άλλα εξαρτήματα. Κατά τη διατροφή χαμηλώνεται η προβοσκίδα και χύνεται σίελος μέσα στην τροφή. Έτσι η τροφή που βρίσκεται σε διάλυση ή αιώρηση μετακινείται με επιφανειακές τάσεις μέσα από πολυάριθμες ψευδοτραχείες σε ένα ενδιάμεσο αποθηκευτικό χώρο το *labellum*. Κατόπιν με απορροφητική αντλητική ενέργεια το μίγμα απορροφάται μέσα από αγωγό (άνω χείλος + υποφάρυγγας) προς τον τροφικό αγωγό του εντόμου.

- *Ο νέκταρος μυζητικός.* Απαντάται σε ημερόβια και νυκτόβια ακμαία Λεπιδόπτερα. Εκτυλίσσεται και εκτείνεται σαν προβοσκίδα. Απορροφά νέκταρ από άνθη. Μετά από κάθε αναρρόφηση η προβοσκίδα τυλίσσεται και πάλι λόγω της ελαστικότητάς της, μέχρι την επίσκεψη του επόμενου άνθους. Αποτελείται από τη συνένωση των δύο εσωτερικών λοβών των κάτω γνάθων που έχουν επιμηκυνθεί σε σωλήνα. Δεξιά και αριστερά της προβοσκίδας υπάρχουν οι δύο γναθικές πρσακτρίδες.

- *Ο νύσσων μυζητικός.* Απαντά σε μεγάλη ποικιλία εντόμων μη απαραίτητα συγγενικών. Φυτοφάγα, όπως Ημίπτερα, παράσιτα Σπονδυλωτών, όπως οι ψύλλοι και τα κουνούπια, και άλλα σαρκοφάγα έντομα, όπως εντομοφάγα Ημίπτερα, έχουν αυτό το τύπο στοματικών μορίων. Αυτός αποτελείται από μια σειρά στιλέτα (άνω και κάτω γνάθοι και καμιά φορά και ο υποφάρυγγας και το άνω χείλος; τα οποία περικλείονται από το κάτω χείλος. Τα στιλέτα αυτά παλινδρομούν από πάνω προς τα κάτω για να διατρυπούν τους ιστούς. Έντομα με αυτό τον τύπο στοματικών μορίων συχνά μεταδίδουν ασθένειες.

- *Ο ξέων μυζητικός.* Απαντάται μόνο στα Θυσανόπτερα (θρίπες) και είναι ένας ενδιάμεσος τύπος μεταξύ του μασητικού και του νύσσωντος μυζητικού. Υπάρχει μόνο η αριστερά άνω γνάθος, η οποία μαζί με τις δύο κάτω γνάθους έχουν επιμηκυνθεί σε στιλέτο το οποίο διατρυπά τους φυτικούς ιστούς. Από την νύξη σχηματίζεται μικρό τραύμα το



Εικ.12. Τύποι στοματικών μορίων εντόμων, μορφές εξέλιξης του αρχέγονου μασητικού τύπου.

- (A) Κόπτων μυζητικός, αλογόμυγας
 - (B) Μυζητικός με προβοσκίδα και ακραία κτηλιδόνα, οικιακής μύγας
 - (C) Νέκταρος μυζητικός, πεταλούδας
 - (D) Νύσσων μυζητικός, κουνουπιού
 - (E) Νύσσων μυζητικός, τζιτζικιού
 - (F) Λείχων μυζητικός, μέλισσας
- Hrhy υποφάρυγγας Lb κάτω χείλος
Lm άνω χείλος Md άνω γνάθος
Mxrlp γναθική προσακτρίδα Lbplp χειλική προσακτρίδα
Mx κάτω γνάθος
- (κατά Elzinga με τροποποιήσεις)

οποίο εκκρίνει κυτταρικούς χυμούς. Αυτοί απορροφώνται από τα ραμφοειδή στοματικά μόρια του εντόμου.

- *Ο λείχων μυζητικός.* Τα στοματικά μόρια των μελισσών και των αγρίων μελισσών έχουν τροποποιηθεί έτσι ώστε να μπορούν να αξιοποιήσουν υγρή τροφή, όπως νέκταρ και μέλι. Οι εσωτερικοί λοβοί του κάτω χείλους έχουν επιμηκυνθεί και συνενωθεί σε μακρά γλωσσίδα, η οποία αποτελεί λείχων όργανο. Στη μέλισσα έχουν επιμηκυνθεί και οι χηλικές προσακτρίδες καθώς και οι εξωτερικοί λοβοί των κάτω γνάθων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ταχεία αναρρόφηση υγρών μέσα από το σωλήνα που σχηματίζεται από τα εξαρτήματα αυτά. Οι άνω γνάθοι έχουν χάσει τη μαθητική τους λειτουργία.

4.1.3 Ο θώρακας

Η μετακίνηση των Εντόμων γίνεται από το θώρακα. Σ' αυτόν φέρονται τα πόδια και οι πτέρυγες, όταν υπάρχουν. Ο θώρακας αποτελείται από τρία τμήματα, τον προθώρακα, μεσοθώρακα και το μεταθώρακα. Κάθε τμήμα φέρει ένα ζεύγος ποδών. Το πρώτο ζεύγος πτερύγων φέρεται στο μεσοθώρακα και το δεύτερο στο μεταθώρακα. Οι χώρες του θώρακα είναι το νότο (notum ή tergum), το στέρνο (sternum) και τα πλευρά (pleura) (Εικ.13).

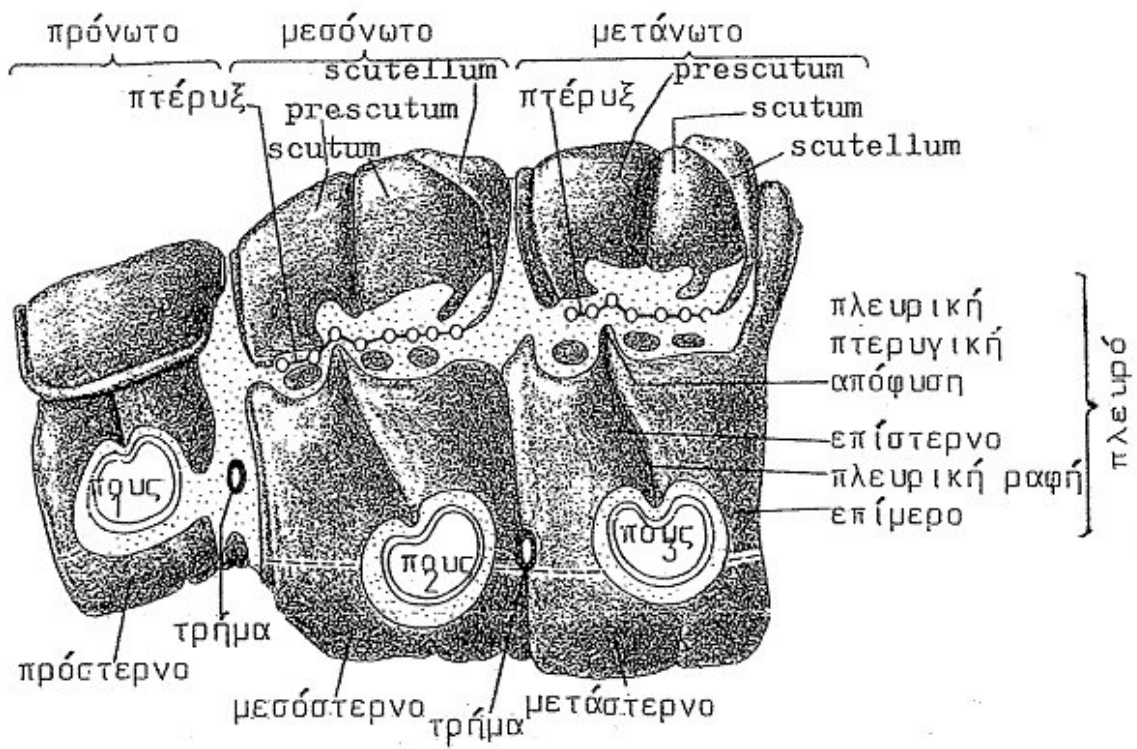
Ο θώρακας είναι αρκετά εξειδικευμένος μορφολογικά. Στις άπτερες Τάξεις τα τρία τμήματα είναι παρόμοια, αλλά στις πτερωτές Τάξεις ο μεσοθώρακας και ο μεταθώρακας έχουν υποστεί σημαντικές τροποποιήσεις για να συνδυάσουν τις λειτουργίες των ποδών και των πτερύγων. Ο μεσοθώρακας και ο μεταθώρακας είναι ισχυρά ενωμένοι και αποτελούν μια συμπαγή σωματική μονάδα.

Στις ακρίδες, για παράδειγμα, το νωτιαίο τμήμα του προθώρακα μοιάζει, με καπέλο για τον ήλιο και είναι γνωστό σαν πρόνωτο (Εικ.13). Καλύπτει σχεδόν τελείως τον προθώρακα και εκτείνεται πάνω από μέρος του μεσοθώρακα. Στο μεσοθώρακα και το μεταθώρακα είναι, δυνατό να διακρίνονται, τα prescutrum, scutum (θυρεός) και scutellum.

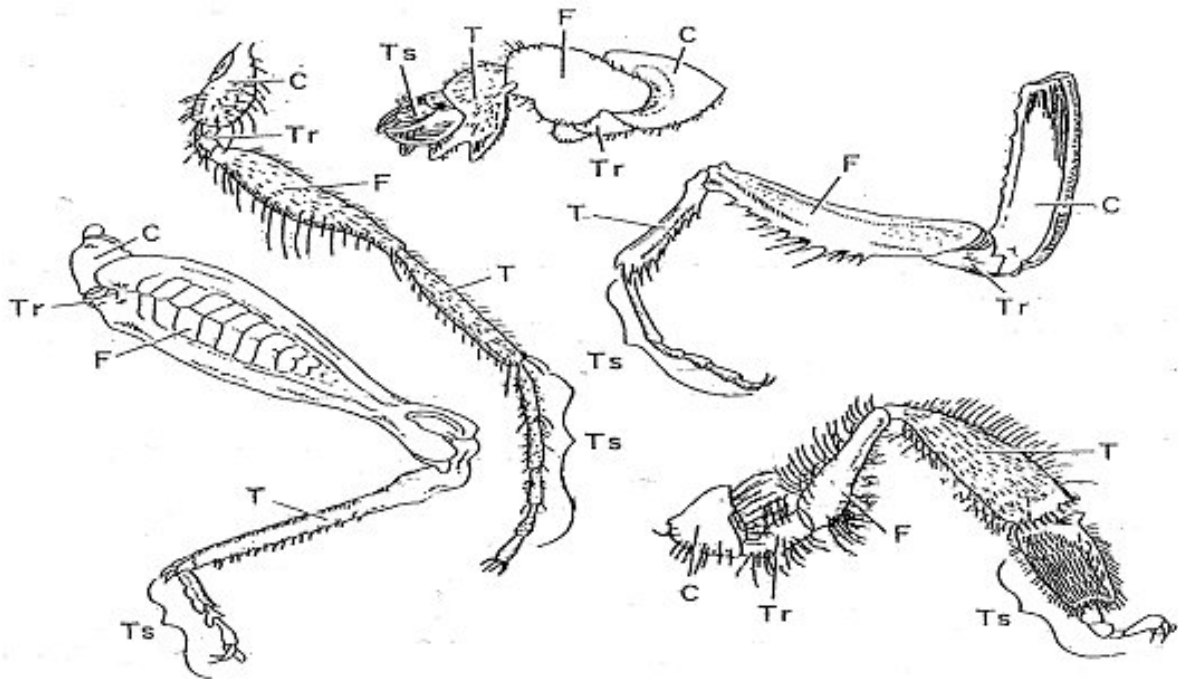
Κάθε πλευρό του μεσοθώρακα και του μεταθώρακα της ακρίδας αποτελείται, από δύο σκληρήτια. Το πρόσθιο σκληρήτιο είναι το επίστερνο, οπίσθιο είναι το επίμερο. Τα δύο σκληρήτια χωρίζονται από ραφή που κλίνει από πάνω και μπροστά προς τα κάτω και πίσω. Στο θώρακα φέρονται δύο ζεύγη αναπνευστικών τρημάτων, το μεσοθωρακικό που βρίσκεται ανάμεσα στο προθώρακα και τον μεσοθώρακα, και το μεταθωρακικό που βρίσκεται ανάμεσα στο μεσοθώρακα και το μεταθώρακα και συνήθως πολύ κοντά ή πάνω από το δεύτερο ζεύγος ποδών. Τα στέρνα των θωρακικών τμημάτων αποτελούνται από πλατειές επίπεδες πλάκες. Υπάρχουν πάντως και σημαντικές τροποποιήσεις σ' αυτό.

Οι πόδες

Οι πόδες των εντόμων έχουν τροποποιηθεί σημαντικά από τον (υποθετικό) μέσο τύπο ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιούνται (Εικ. 14). Στα έντομα που βαδίζουν ή τρέχουν τα 3 ζεύγη ποδών είναι παρόμοια. Σε άλλα είδη υπάρχουν σημαντικές τροποποιήσεις. Πάντως ανεξάρτητα από αυτές, στα πόδια όλων των εντόμων υπάρχουν πάντοτε πέντε διακριτά μέρη. Αυτά, ξεκινώντας από την πλευρά του σώματος, είναι το



Εικ. 13. Θώρακας εντόμου. Φαίνονται τα τρία τμήματα, τα σκληρήτια και οι θέσεις των ποδών και των πτερύγων.(κατά Elzinga με τροποποιήσεις).



Εικ. 14. Τύποι ποδών εντόμων. Από αριστερά: πηδητικός, βαδιστικός, ορυκτικός, συλληπτικός, συλλεκτικός.

C ισχίον T κνήμη Tr τροχαντήρ Ts ταρσός F μηρός (κατά Little)

ισχίο (coxa), ο τροχαντήρ (trochanter), ο μηρός (femur), η κνήμη (tibia) και ο ταρσός (tarsus).

Συχνά το ισχίο βρίσκεται μέσα σε μια κυπελλόμορφη εσοχή του σώματος και κινείται ελεύθερα. Ο τροχαντήρας είναι συνήθως μικρός ενώ ο μηρός είναι το μεγαλύτερο και το ισχυρότερο μέρος. Η κνήμη είναι λεπτότερη, αρκετά μακριά και είναι εφοδιασμένη με άκανθες που έχουν κατεύθυνση προς τα κάτω. Αυτές υποβοηθούν στην αναρρίχηση και στη βάδιση. Ο ταρσός συνήθως αποτελείται από πολλά άρθρα (1 έως 5) και καταλήγει σε ζεύγος ονύχων και προσκολλητικούς λοβούς. Αυτοί μπορεί να είναι δύο, (pulvilli), ένας στη βάση καθενός από τους όνυχες, ή μόνον ένας (arolium) ανάμεσα στους δύο όνυχες.

Οι κυριότεροι τύποι ποδών εντόμων είναι :

- *Δρομικός*. Το μήκος τμημάτων είναι κανονικό (πολλά Lepidoptera, Coleoptera, Diptera).

- *Πηδητικός*. Έχει μακρό, ισχυρό μηρό. Πηδητικοί είναι μόνον οπίσθιοι πόδες (ακρίδες των Orthoptera, είδος *Phyllotreta* στα Coleoptera).

- *Σμηκτικός*. Όπως οι πρόσθιοι πόδες της μέλισσας. Στο πάνω μέρος του πρώτου ταρσικού άρθρου υπάρχει ημικυκλική εκσκαφή με κτένα από λεπτές άκανθες, η σμηκτική εκσκαφή. Μέσα σ' αυτή καθαρίζει η μέλισσα την κεραία από τη γύρη.

- *Συλληπτικός*. Έχει μακρό ισχίο και ισχυρό μηρό και κνήμη. Τα δύο τελευταία είναι εφοδιασμένα με ισχυρές άκανθες. Κατά την κάμψη των ποδών οι κνήμες εφάπτονται στους μηρούς κατά μήκος των ακανθών και με το τρόπο αυτό συμπιέζεται, διατρυπάται και φονεύεται το θήραμα.

- *Ορυκτικός*. Ορυκτικοί είναι πρόσθιοι πόδες με ισχυρότατες κνήμες, που έχουν πλάτος μεγαλύτερο από το συνηθισμένο και φέρουν οδοντοειδείς προεξοχές Έτσι οι πρόσθιοι αυτοί πόδες διαμορφώνονται σε σκαπτικά όργανα για άνοιγμα στοών στο έδαφος (*Gryllotalpa gryllotalpa*, Gryllotalpidae, Orthoptera και είδη Scarabaeidae, Coleoptera).

- *Συλλεκτικός*. Όπως οι οπίσθιοι πόδες της μέλισσας (εργάτριας). Η κνήμη και το πρώτο τμήμα του ταρσού είναι πεπλατυσμένα. Στην εξωτερική πλευρά της κνήμης υπάρχει αβαθές κοίλωμα το κάνιστρο, που περιβάλλεται από μακρές τρίχες και χρησιμεύει μαζί με άλλες τροποποιήσεις του ποδός για τη συγκέντρωση και μεταφορά της γύρης. Εκτός από τη μέλισσα συλλεκτικούς πόδες έχουν και άλλα είδη Apidae στα Hymenoptera.

Οι πτέρυγες

Τα Έντομα είναι τα μόνα ζώα με πτέρυγες εκτός από τα πουλιά και τις νυχτερίδες. Πάντως ενώ τα Έντομα έχουν ένα συγκεκριμένο αριθμό ποδών (έξι), ο αριθμός των πτερύγων ποικίλλει από δύο ζεύγη έως κανένα. Μερικές πρωτόγονες τάξεις, όπως Thysanura και Collembola, δεν έχουν πτέρυγες ούτε ενδείξεις πτερωτών προγόνων. Άλλες ομάδες όπως οι ψύλλοι (Siphonaptera) και οι ψείρες (Mallophaga και Anoplura), έχουν χάσει τις πτέρυγες εξ αιτίας του παρασιτικού τύπου της διαβίωσης των. Στις μύγες και τα συγγενή τους είδη (Diptera) το δεύτερο ζεύγος πτερύγων έχει τροποποιηθεί σε όργανα εξισορρόπησης, τους αλτήρες. Επειδή οι πτέρυγες των εντόμων ποικίλλουν σε μέγεθος,

σχήμα και υφή και παρατηρούνται εύκολα, η ταξινόμηση των Εντόμων βασίζεται σ' αυτές σε σημαντικό βαθμό.

Οι πτέρυγες προέρχονται από πλευρικές επεκτάσεις του μεσοθώρακα και του μεταθώρακα μετά από ανακόλπωση του χιτίνινου περιβλήματος (Εικ. 15). Κάθε μια απ' αυτές αποτελείται από δύο λεπτά στρώματα δερμίδας (cuticula) που έχουν υποστεί σύντηξη. Οι μόνες περιοχές που οι δύο δερμίδες δεν βρίσκονται σε επαφή και σύντηξη είναι κατά μήκος των νεύρων των πτερύγων (Εικ. 15,C) Αυτά αποτελούνται από τραχείες και νευρώνες χρησιμεύουν για να δώσουν δομική σταθερότητα στις πτέρυγες. Τα διάφορα νεύρα των πτερύγων έχουν ειδικές ονομασίες και χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ταξινόμηση και τον προσδιορισμό των Εντόμων. Μολονότι σε πρώτη ματιά η νεύρωση των πτερύγων φαίνεται να έχει μεγάλες διαφορές στα διάφορα είδη, έχει αποδειχθεί ότι είναι βασικά η ίδια για όλα τα περωτά είδη. Η ομοιότητα αυτή γίνεται εμφανής όταν συγκριθούν οι καταβολές των πτερύγων στα νεαρά στάδια των Εντόμων.

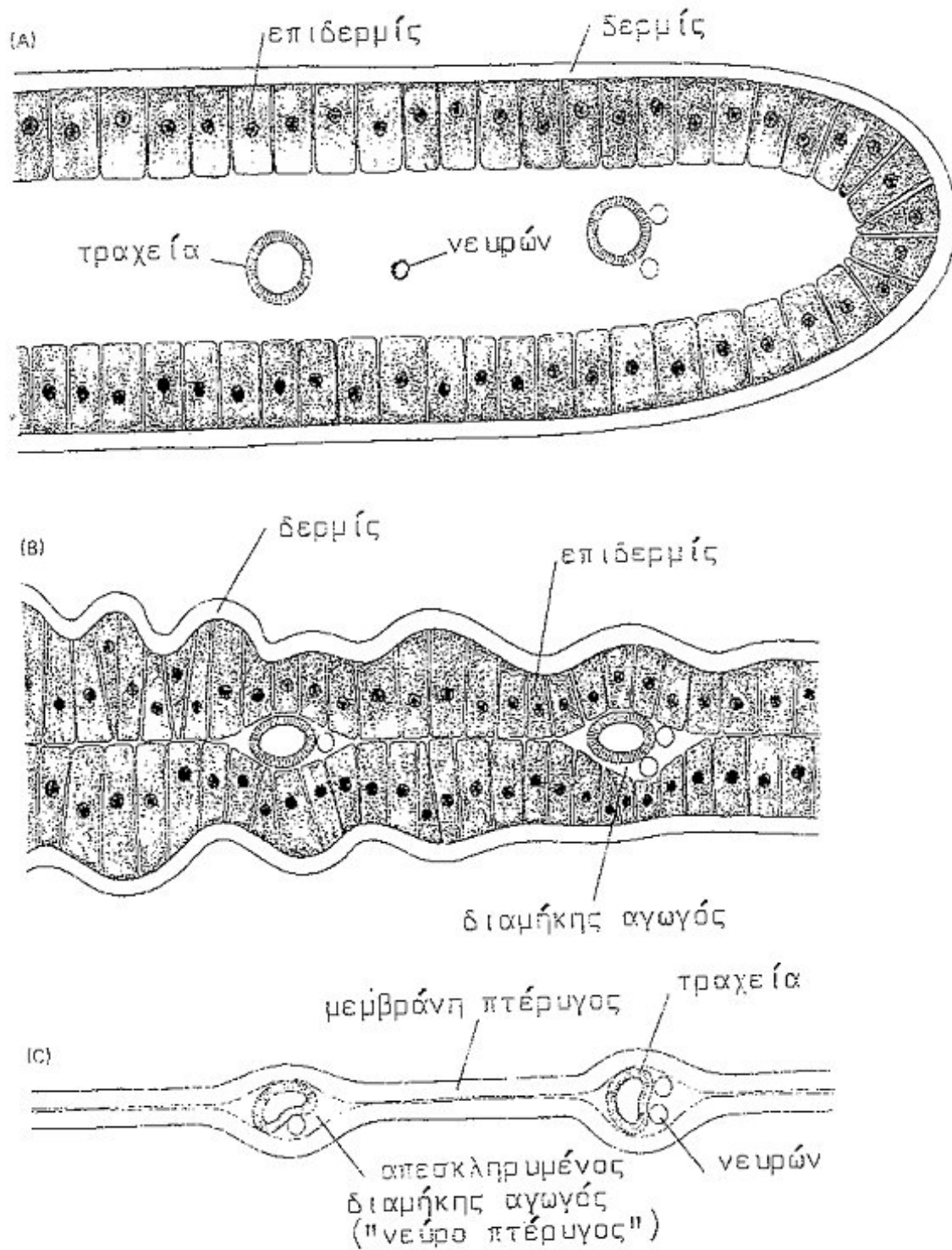
Τα ονόματα των νεύρων μιας υποθετικής πτέρυγας με πλήρη νεύρωση, από την οποία φαίνεται ότι προέρχονται όλοι οι υπάρχοντες τύποι πτερύγων, καθώς, και τα αρχικά γράμματα που έχουν καθιερωθεί για αυτά, είναι τα ακόλουθα (Εικ.16):

Πλευρικό	(Costa)	C
Υποπλευρικό	(Subcosta)	SC
Κερκιδικό	(Radius)	R
Μέσο	(Medius)	M
Ωλενικό	(Cubitus)	Cu
Πυγαίο	(Analis)	A

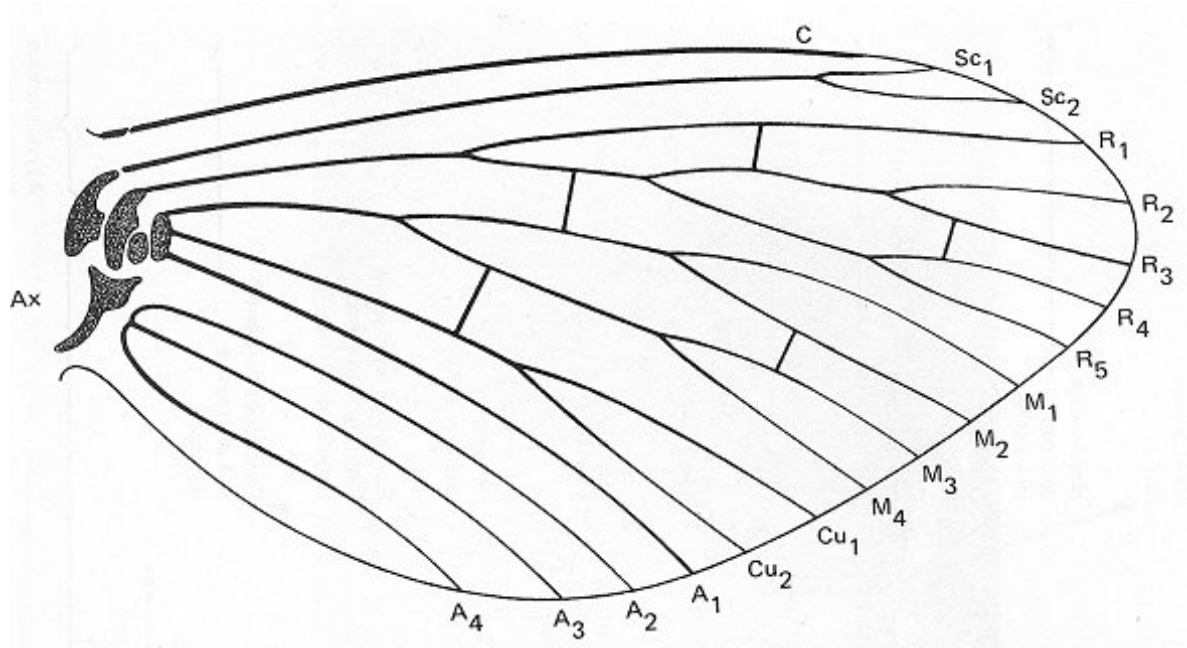
Οι πτέρυγες των Εντόμων σπάνια φέρουν όλα τα νεύρα της υποθετικής πτέρυγας. Φαίνεται ότι η έλλειψη όσων δεν υπάρχουν οφείλεται σε συγχώνευση μάλλον παρά σε απώλεια.

4.1.4 Η κοιλία

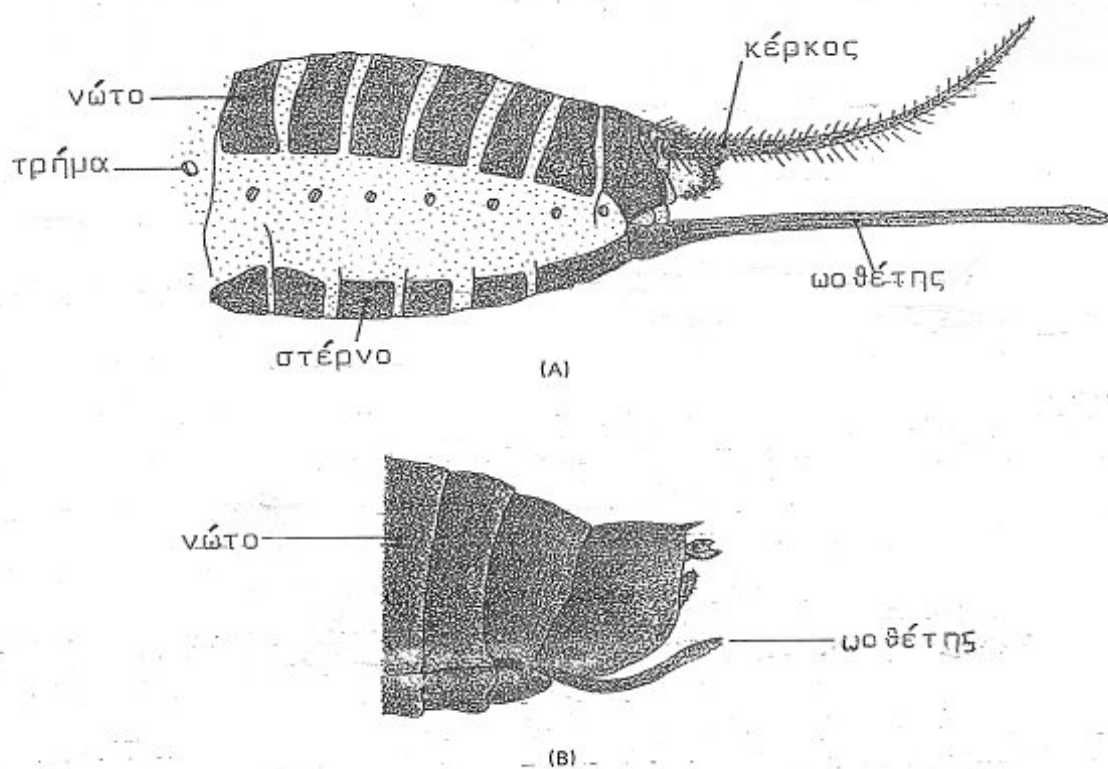
Αποτελείται συνήθως από δέκα έως ένδεκα δακτυλιοειδή τμήματα, τα ουρομερή που μοιάζουν πολύ αναμεταξύ τους με εξαίρεση εκείνα του οπίσθιου μέρους του εντόμου, τα οποία έχουν τροποποιηθεί. Πάντως σε πολλά έντομα ο αριθμός των τμημάτων έχει μειωθεί σημαντικά και έτσι σ' αυτά διακρίνονται μόνο 5 έως 6 τμήματα. Το θηλυκό φέρει στο τέλος της κοιλίας ένα ωοθέτη (γνωστό και σαν ωοσκάπη ή τέρετρο), το όργανο της εναπόθεσης των ωών του εντόμου (Εικ.17). σε πολλά έντομα υπάρχουν και οι κέρκοι, αρθρωτά εξαρτήματα που εκφύονται από το δέκατο τμήμα και είναι όργανα αφής ή έχουν εξελιχθεί σε λαβίδα (π.χ. στην ψαλλίδα, *Forficula auricularia*, Dermaptera). Σε μεγάλο αριθμό ειδών Hymenoptera ο ωοθέτης έχει μετατραπεί στο κέντρο (κεντρί, όπως στη μέλισσα και είδη Vespidae) το οποίο εκκρίνει δηλητήριο και χρησιμοποιείται για άμυνα και για εξασφάλιση τροφής.



Εικ. 15. Εξέλιξη πτέρυγος εντόμου σε τομή, (A) σε στάδιο νόμφης ενωρίς, (B) σε στάδιο νόμφης προς το τέλος, (C) στο ενήλικο.
 (κατά Elzinga με τροποποιήσεις).



Εικ. 16. Νεύρωση υποθετικής πτέρυγας εντόμου (βλέπε κείμενο για έννοιες αρχικών)
(κατά Elzinga)



Εικ. 17. Κοιλία εντόμων. (Α) Γρύλλος, (Β) Τζιτζίκι (κατά Elzinga με τροποποιήσεις)

Τα γεννητικά όργανα των αρρένων βρίσκονται επίσης στο άκρο της κοιλίας μαζί με τους κέρκους. Στα νεαρά στάδια εντόμων, ειδικά σε κάμπιες στα Lepidoptera αλλά και σε ψευδοκάμπιες στα Hymenoptera, υπάρχουν στην κοιλία οι κοιλιακοί πόδες ή ψευδόποδες. Αυτοί είναι ζυγά, μη αρθρωμένα εξαρτήματα τα οποία εξαφανίζονται στο στάδιο του ακμαίου. Φέρουν στην κάτω επιφάνεια χιτίνινες εκφύσεις τα άγκιστρα (Εικ. 18), τα οποία αποτελούν ταξινομικούς χαρακτήρες.

Κάθε τμήμα της κοιλίας συνήθως αποτελείται από την νωτιαία πλάκα (νώτο, tergum ή notum) και την κοιλιακή πλάκα (στέρνο, sternum). Κατά μήκος των κατώτερων ορίων των νωτιαίων πλακών της κοιλίας υπάρχει ζυγή σειρά (μία στην κάθε πλευρά) ανοιγμάτων των αναπνευστικών τρημάτων, τα οποία οδηγούν στις τραχείες του αναπνευστικού συστήματος. Συνήθως υπάρχουν έξι έως οκτώ ζεύγη αναπνευστικών τρημάτων στην κοιλία κάθε εντόμου.

Η κοιλία συνδέεται με το θώρακα άλλοτε άμισχα, δηλαδή με πλατειά βάση, και άλλοτε έμισχα, δηλαδή με στενή βάση. Στην πρώτη περίπτωση το πρώτο ή τα πρώτα κοιλιακά τμήματα έχουν πλάτος ίσο με τον μεταθώρακα και η κοιλία είναι επιφυής, όπως σε είδη από τα Isoptera, Lepidoptera, Coleoptera κ.α. Στη δεύτερη περίπτωση το πρώτο ή τα πρώτα κοιλιακά τμήματα είναι επιμήκη και στενά έτσι ώστε σχηματίζουν ένα είδος μίσχου και η κοιλία καλείται έμισχη, όπως σε είδη Formicidae στα Hymenoptera.

4.2 Εσωτερική ανατομία και φυσιολογία

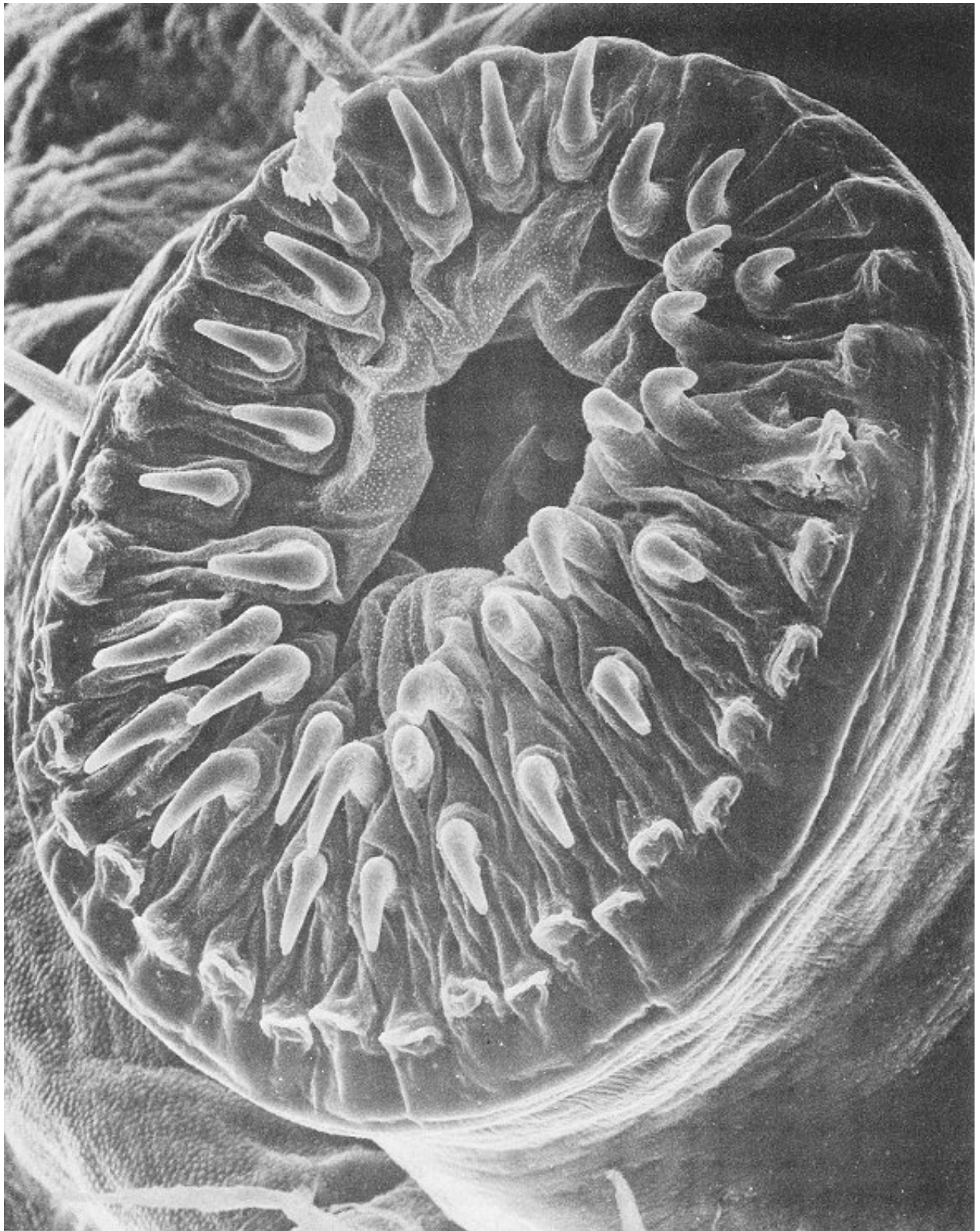
Αν και το έντομο είναι ένα μικρό σε μέγεθος ζώο, η οργάνωση του σώματός του και η ικανότητα του να εκτελεί τις βασικές σωματικές λειτουργίες για την επιβίωση του είναι τόσο τέλειες όσο και στο σώμα των ανώτερων ζώων, συμπεριλαμβανόμενου και του ανθρώπου. Πάντως τα Έντομα είναι γενικά πολύ διαφορετικά στις βιολογικές τους διεργασίες και στη συμπεριφορά τους από τα ανώτερα ζώα από πολλές απόψεις. Μια σύντομη ανάπτυξη της εσωτερικής ανατομίας και των φυσιολογικών λειτουργιών θα βοηθήσει, για να σχηματισθεί μια αμυδρή, έστω, εικόνα του τρόπου διαβίωσης των Εντόμων και των προβλημάτων που ανακύπτουν κατά την μελέτη των. Ειδικότερα όσον αφορά τη μελέτη των Εντόμων με απώτερο σκοπό την καταπολέμηση των, οι βασικές αυτές πληροφορίες πάνω στην ανατομία και τη φυσιολογία παρέχουν ενδιαφέροντα σημεία που υποβοηθούν στη λύση πρακτικών προβλημάτων.

4.2.1 Το πεπτικό σύστημα

Ο τροφικός αγωγός στα Έντομα είναι ένας σωλήνας που εκτείνεται σε όλο το μήκος της εσωτερικής κοιλότητας, από το στόμα έως την έδρα. Διαιρείται σε τρία κύρια μέρη:

- Το πρόσθιο έντερο ή στομόδαιο (stomodaeum)
- Το μεσέντερο ή κυρίως στόμαχο (ventriculus) και
- Το οπίσθιο έντερο ή πρωκτόδαιο (proctodaeum).

Συνήθως υπάρχουν και η καρδιακή βαλβίδα ανάμεσα στο στομόδαιο και, το μεσέντερο. και η πυλωρική βαλβίδα ανάμεσα στο μεσέντερο και το πρωκτόδαιο. Το



Εικ. 18. Αγκίστρα κοιλιακού πόδα κάμπης Λεπιδοπτέρου. Φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. (κατά Elzinga)

στομόδαιο και το πρωκτόδαιο είναι εκτοδερμικής προέλευσης, προέρχονται δηλαδή από εμβρυακές αναδιπλώσεις του σωματικού περιβλήματος. Το μεσέντερο προέρχεται από το εμβρυακό ενδόδερμα. Το πεπτικό σύστημα των Εντόμων είναι συνήθως πολύ απλό σε κάποιες πρωτόγονες μορφές και στις προνύμφες. Πάντως επειδή υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα είδη διατροφής των διάφορων Εντόμων, υπάρχουν πολλές και σημαντικές τροποποιήσεις στα ακμαία.

Το στομόδαιο συνήθως υποδιαιρείται στο στόμα, το φάρυγγα, τον οισοφάγο και το προκοιλίδιο (proventriculus) (Εικ.19). Ο ρόλος του τελευταίου είναι αποθηκευτικός, αλλά και για τη μάσηση και ανάμιξη της τροφής. Το στόμα βρίσκεται στη βάση του χώρου που περικλείεται από τα στοματικά μόρια. Ακολουθούν ο (στενότερος) φάρυγγας και ο οισοφάγος. Η διάκριση ανάμεσα στα δύο τελευταία είναι αρκετά δύσκολη. Επίσης ο οισοφάγος και ο πρόλοβος, αποτελεί συνέχεια και διεύρυνση του οισοφάγου και είναι το κύριο αποθηκευτικό όργανο τροφής, είναι δύσκολο να διαχωριστούν. Το προκοιλίδιο στα μασητικά έντομα μπορεί να είναι επενδεδυμένο με απεσκληρωμένες οδοντοειδείς προεξοχές που αλέθουν την τροφή πριν αυτή περάσει στο μεσέντερο από την καρδιακή βαλβίδα. Στο στομόδαιο δεν παράγονται ένζυμα αν και κάποιας μορφής πέψη υδατανθράκων είναι δυνατό να λάβει χώρα με τη βοήθεια ενζύμων που προέρχονται από τους σιελογόνους αδένες. Αυτοί στα Έντομα βρίσκονται στην απλούστερη τους μορφή και είναι τυφλοί σωλήνες κατά μήκος του οισοφάγου. Συνήθως ενώνονται μέσα στην κεφαλή για να αποτελέσουν ένα αγωγό που το άνοιγμα του βρίσκεται ανάμεσα στο κάτω χείλος και τον υποφάρυγγα. Στα περισσότερα έντομα εκκρίνουν σίελο, αλλά σε Lepidoptera και Hymenoptera μπορούν να εκκρίνουν και μετάξινο νήμα. Σε έντομα που μυζούν αίμα εκκρίνουν αντιπηκτικές ουσίες.

Οι ουσίες της τροφής δεν απορροφώνται γενικά από τα τοιχώματα του στομόδαιου εκτός ίσως από κάποιες λιπαρές ουσίες. Η πέψη περατώνεται και η απορρόφηση της τροφής λαμβάνει χώρα στο μεσέντερο, το οποίο είναι ένας αρκετά μεγάλος αλλά απλός σωλήνας. Από το πρόσθιο μέρος του μπορεί να εκφύονται οι γαστρικές θηλές. Αυτές είναι τυφλοί σωλήνες με μεγάλη ενζυμική δραστηριότητα. Ένζυμα υπάρχουν σε αφθονία σε όλο το μεσέντερο. Η αντίδραση σ' αυτό είναι περισσότερο αλκαλική από ότι στο στομόδαιο. Στο μεσέντερο δεν υπάρχει δερμική επικάλυψη όπως στα άλλα δύο μέρη του πεπτικού σωλήνα. Πάντως σε πολλά έντομα, και ειδικά σ' αυτά που τρέφονται με στερεά τροφή, υπάρχει μια ημιπερατή κατασκευή, η περιστροφική μεμβράνη, η οποία, περιβάλλει την τροφή και έτσι προστατεύει τα ευαίσθητα επιθηλιακά κύτταρα των στομαχικών τοιχωμάτων. Η μεμβράνη αυτή δεν βρίσκεται σε ομάδες εντόμων που τρέφονται μόνο με υγρή τροφή.

Το υπόλειμμα της τροφής, που δεν απορροφήθηκε στο μεσέντερο, περνάει από την πυλωρική βαλβίδα προς το πρωκτόδαιο το οποίο συνήθως υποδιαιρείται στον ειλεό, το κόλον και το παχύ έντερο. Οι διεργασίες που λαβαίνουν χώρα στο πρωκτόδαιο δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως μέχρι σήμερα. Πάντως θεωρείται ότι στον ειλεό γίνεται απορρόφηση ουσιών. Επίσης το παχύ έντερο συλλέγει και αποβάλλει το άχρηστο μέρος της τροφής. Μια άλλη, σημαντική λειτουργία του παχέος εντέρου είναι η απορρόφηση νερού από τα υπολείμματα της τροφής. Επίσης σε ορισμένα έντομα, όπως σε νύμφες ειδών Odonata, το παχύ έντερο χρησιμεύει για αναπνοή και μετακίνηση. Τα τοιχώματα είναι λεπτά και εφοδιασμένα με τραχείες. Το έντομο μετακινείται με απορρόφηση νερού στο παχύ έντερο

και ισχυρή εκτόνωση του προς το πίσω, η οποία συντελεί στην κίνηση του εντόμου προς τα εμπρός.

Όλα τα πεπτικά ένζυμα που υπάρχουν στα ανώτερα ζώα βρίσκονται γενικά και στα Έντομα, αλλά όχι απαραίτητα όλα σε κάθε είδος. Αντίθετα, ειδικά ένζυμα που βρίσκονται σε ορισμένα είδη Εντόμων δεν βρίσκονται σε θηλαστικά. Τα είδη των ενζύμων που υπάρχουν εξαρτώνται από τη φύση της τροφής του κάθε εντόμου. Σε παμφάγα έντομα παράγεται μαλτάση, λιπάση, τρυψίνη και πεψίνη. Σε έντομα που τρέφονται από κυτταρινούχες ουσίες, όπως οι τερμίτες, είναι απαραίτητοι συμβιωτικοί οργανισμοί για την πέψη.

Τα Έντομα έχουν περίπου τις ίδιες τροφικές απαιτήσεις με τα υπόλοιπα ζώα. Τα αμινοξέα είναι απαραίτητα για αυτά για τη σύνθεση πρωτεϊνών. Επίσης απαιτούνται υδατάνθρακες για την παραγωγή ενέργειας. Τα λίπη και τα έλαια δεν είναι απολύτως απαραίτητα. Οι μόνες βιταμίνες που απαιτούνται είναι του συμπλόκου Β και, για μερικά έντομα που τρέφονται πάνω σε φυτά, το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C).

4.2.2 Το απεκκριτικό σύστημα

Οι σωλήνες Malpighi στα Έντομα είναι λειτουργικά αντίστοιχοι των νεφρών των Σπονδυλωτών. Είναι προσαρτημένοι στον πεπτικό αγωγό στο σημείο ένωσης του μεσεντέρου με το πρωκτόδαιο. Είναι τυφλοί κοίλοι σωλήνες με διέξοδο στον πεπτικό αγωγό. Γενικά βρίσκονται ελεύθεροι μέσα στη σωματική κοιλότητα. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι προσαρτημένοι στο παχύ έντερο από το κλειστό άκρο. Ο αριθμός των σωλήνων ποικίλει ευρύτερα στις διάφορες ομάδες εντόμων. Μπορεί να είναι λίγοι (2 έως 6) έως πάρα πολλοί (150). Όταν είναι πάρα πολλοί είναι αποτέλεσμα διακλάδωσης των λιγότερων αρχικών σωλήνων (Εικ.19).

Διαλυτές ουσίες του αίματος (αιμολέμφου) παραλαμβάνονται από τους σωλήνες Malpighi. Γενικά, οι διαλυτές αζωτούχες ουσίες μετατρέπονται σε αδιάλυτο ουρικό οξύ, το οποίο κατόπιν αποβάλλεται στο πρωκτόδαιο. Η αποβολή των αζωτούχων απεκκριμάτων σε αδιάλυτη μορφή είναι μέτρο οικονομίας νερού, εφόσον το νερό επιστρέφεται στην αιμολέμφο. Αυτή η μέθοδος εξοικονόμησης νερού απαντάται επίσης σε άλλα ζώα, όπως πουλιά και ερπετά. Τα θηλαστικά συνήθως εκκρίνουν ουρία σε υδατική διάλυση. Έντομα που ζουν σε υγρό περιβάλλον, και δεν έχουν ανάγκη εξοικονόμησης νερού, επίσης εκκρίνουν τις αζωτούχες ουσίες σε υδατική διάλυση. Πολλά υδρόβια έντομα και Δίπτερα κτηνιατρικής σημασίας εκκρίνουν αμμωνία. Επίσης ορισμένες ουσίες που προορίζονται για απέκκριση μπορεί να μετατραπούν σε χρωστικές και να αποτεθούν στο σωματικό τοίχωμα.

4.2.3 Το αναπνευστικό σύστημα

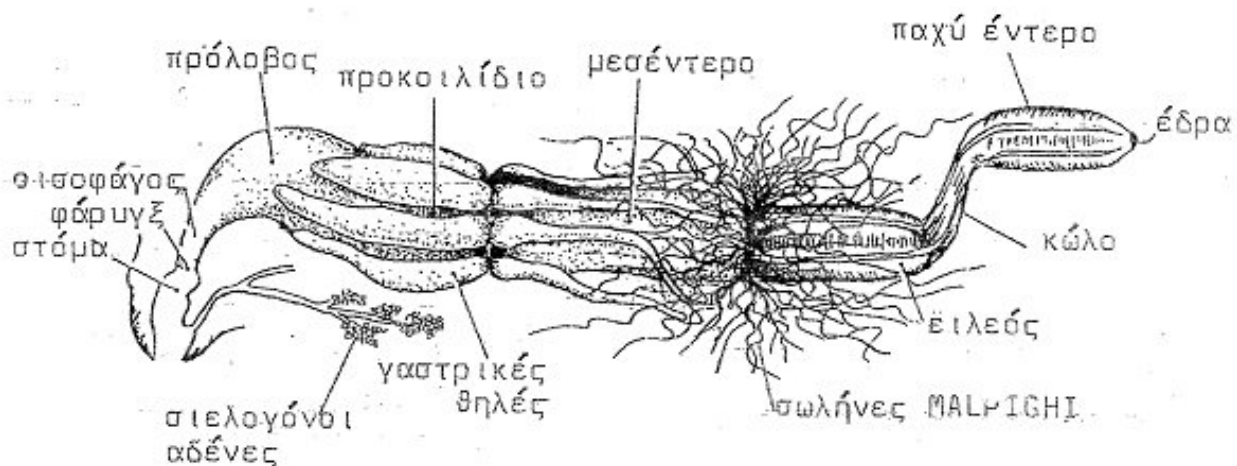
Τα Έντομα έχουν ένα πολύ αποτελεσματικό αναπνευστικό σύστημα. Αυτό έχει βασική σημασία για τα μικρά αυτά και, συνήθως, πολύ δραστήρια ζώα με τον ταχύ ρυθμό του μεταβολισμού των. Το οξυγόνο μεταφέρεται απευθείας στους ιστούς και τα κύτταρα μέσα από σωλήνες γνωστούς σαν τραχείες και τραχεόλες. Ο αέρας εισέρχεται σ' αυτές από τα αναπνευστικά τρήματα στίγματα. Από τις ίδιες οδούς αποβάλλεται και το μεγαλύτερο

μέρος του διοξειδίου του άνθρακα. Μέρος του διοξειδίου του άνθρακα παραλαμβάνεται από την αιμολέμφο και τελικά αποβάλλεται δια μέσου του σωματικού τοιχώματος. Το τραχειακό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει μεγάλους αερόσακους, ειδικά στα ιπτάμενα έντομα. Οι τραχειακοί σωλήνες προέρχονται από το εξώδερμα και φέρουν εσωτερική επίστρωση από λεπτό στρώμα δερμίδας, το οποίο σχηματίζει σπειροειδείς παχύνσεις, τα ταινίδια. Οι ελατηριόμορφες αυτές έλικες δεν αφήνουν τις τραχείες να καταρρεύσουν και προσδίδουν σε αυτές ελαστικότητα. Κάθε τραχεία διακλαδίζεται πολλές φορές και καταλήγει στις τραχεόλες, οι οποίες διατρέχουν ολόκληρο το σώμα (Εικ. 20). Οι τραχεόλες δεν φέρουν ταινίδια, έχουν λεπτά τοιχώματα και μπορεί να περιέχουν υγρά. Μέσα από αυτές δίδεται οξυγόνο στα κύτταρα και παραλαμβάνεται το διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι γενικά η αιμολέμφο δεν διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αναπνοή. Πάντως στην αιμολέμφο μερικών προνυμφών της οικογένειας Chironomidae στα Diptera έχει βρεθεί αιμογλοβίνη, ουσία που σχετίζεται, με τη μεταφορά οξυγόνου στο αίμα των ζώων.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αναπνοή στα Έντομα γίνεται δια μέσου σειράς μικρών ζυγών ανοιγμάτων, των αναπνευστικών τρημάτων, τα οποία βρίσκονται στα πλευρά του σώματος. Συνήθως υπάρχουν δύο ζεύγη τρημάτων στο θώρακα και οκτώ στην κοιλία. Πάντως υπάρχει μεγάλη ποικιλία αριθμού και θέσης των τρημάτων στα διάφορα έντομα. Μικρές εγκάρσιες τραχείες συνδέουν τα τρήματα προς ένα μακρό διαμήκη τραχειακό κορμό σε κάθε πλευρά. Από το σημείο σύνδεσης εκφύονται ένας νωτιαίος ένας κοιλιακός και ένας σπλαχνικός τραχειακός βραχίονας. Ο πρώτος οξυγονώνει το νωτιαίο αγγείο, τους πτερυγοειδείς και τους νωτιαίους μυς, ο δεύτερος την κοιλιακή γαγγλιακή άλυσσο, άλλα νεύρα και τους κοιλιακούς μυς και ο τρίτος το πεπτικό σύστημα, το αναπαραγωγικό και τους αδένες που είναι προσαρτημένοι σ' αυτά (Εικ. 21). Εγκάρσιες τραχείες συνδέουν τις δύο πλευρές του συστήματος στην νωτιαία και κοιλιακή περιοχή.

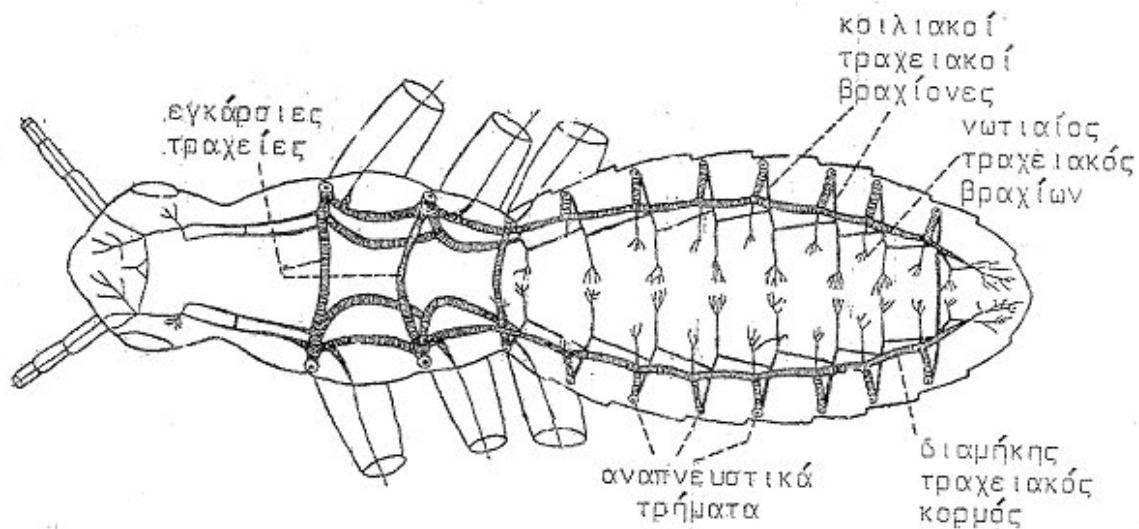
Η αναπνοή γίνεται κυρίως με διάχυση με τη βοήθεια των κινήσεων του σώματος. Σε μερικά έντομα, όπως στις ακρίδες (Orthoptera) παρατηρούνται ρυθμικές κινήσεις της κοιλίας. Σε άλλα, όπως σε Hymenoptera (μέλισσες) και Diptera (μύγες), ολόκληρη η κοιλία μπορεί να βραχύνεται και να επιμηκύνεται ελαφρά ενώ σε άλλα πάλι το πάνω μέρος της κοιλίας φαίνεται να ανασηκώνεται και να χαμηλώνει. Από παρατήρηση τρημάτων φαίνεται ότι δεν ανοίγουν ή κλείνουν όλα συγχρόνως. Σε ακρίδες ο αέρας εισέρχεται από τα θωρακικά και τα δύο πρώτα κοιλιακά τμήματα και εξέρχεται από τα οπίσθια κοιλιακά τμήματα. Στη διάρκεια της πτήσης όλα τα τμήματα μπορεί να παραμένουν ανοικτά έτσι ώστε να εισέρχεται στο σώμα του εντόμου η μέγιστη δυνατή ποσότητα οξυγόνου. Το κεντρικό νευρικό σύστημα ελέγχει το ρυθμικό άνοιγμα και κλείσιμο των τρημάτων, αλλά μεμονωμένα τμήματα μπορεί να ανοίξουν όταν υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα.

Φυσικά υπάρχει ποικιλία μορφών του αναπνευστικού συστήματος στα Έντομα. Σε μικρά έντομα με μαλακό σώμα που ζουν σε πολύ υγρές συνθήκες ή μέσα στο νερό, καθώς και σε παρασιτικές μορφές εντόμων, είναι δυνατό να μην υπάρχουν τρήματα, οπότε η αναπνοή γίνεται δια μέσου του σωματικού τοιχώματος. Πολλά υδρόβια έντομα έχουν βράγχια (όπως τα ψάρια) τα οποία είναι εφωδιασμένα με τραχείες. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σ' αυτό τον τύπο όσον αφορά το σχήμα, το μέγεθος και τη θέση. Μερικά υδρόβια έντομα όπως οι προνύμφες των κουνουπιών, αναπνέουν με τη βοήθεια σωλήνα ο οποίος φθάνει μέχρι την επιφάνεια του νερού. Άλλα έντομα που ζουν στο νερό μεταφέρουν πάνω



Εικ. 19. Πεπτικό σύστημα ακρίδας (*Melanoplus differentialis*)

(κατά Little με τροποποιήσεις)



Εικ. 20. Τραχειακό σύστημα εντόμου

(κατά Little με τροποποιήσεις)

στο σώμα των ένα λεπτό στρώμα αέρα, το οποίο τα εφοδιάζει με περισσότερο οξυγόνο από εκείνο που είναι διαλυμένο στο νερό.

Σε μερικές προνύμφες κουνουπιών του γένους *Mansonia* το οπίσθιο μέρος του σώματος έχει τροποποιηθεί σε νύσσον όργανο με το οποίο διατρυπώνται κύτταρα των υδροχαρών φυτών γεμάτα με αέρα. Ορισμένα εσωτερικά παρασιτικά έντομα άλλων εντόμων έχουν συνδέσεις με τις τραχείες των ξενιστών των.

4.2.4. Το κυκλοφοριακό σύστημα

Τα Έντομα έχουν ανοικτό κυκλοφοριακό σύστημα. Είναι απλό και ατελές, αποτελούμενο μόνο από ένα νωτιαίο αγγείο (Εικ.22). Το μέρος του που βρίσκεται στην κοιλία του εντόμου αποτελείται από διακριτούς θαλάμους και είναι γνωστό σαν καρδία. Το πρόσθιο, σωληνοειδές μέρος του κυκλοφοριακού συστήματος είναι η αορτή. Το οπίσθιο μέρος της καρδίας είναι κλειστό. Υπάρχουν όμως ζεύγη ανοιγμάτων, που είναι γνωστά σαν ostia από τα οποία εισέρχεται το αίμα στην καρδιακή κοιλότητα. Αυτά βρίσκονται στα πλάγια κάθε θαλάμου. Βαλβίδες εμποδίζουν την εκροή του αίματος, που στα Έντομα λέγεται αιμολέμφος. Περισταλτικές κινήσεις σπρώχνουν την αιμολέμφο προς τα εμπρός δια μέσου της αορτής η οποία απολήγει στο εσωτερικό της κεφαλής. Εκεί το αίμα απελευθερώνεται μέσα στη σωματική κοιλότητα, ρέει ελεύθερα μέσα σ' αυτή και επιστρέφει στα ostia. Τα νωτιαία και τα κοιλιακά διαφράγματα όταν υπάρχουν, υποβοηθούν άμεσα ή έμμεσα τη ροή του αίματος.

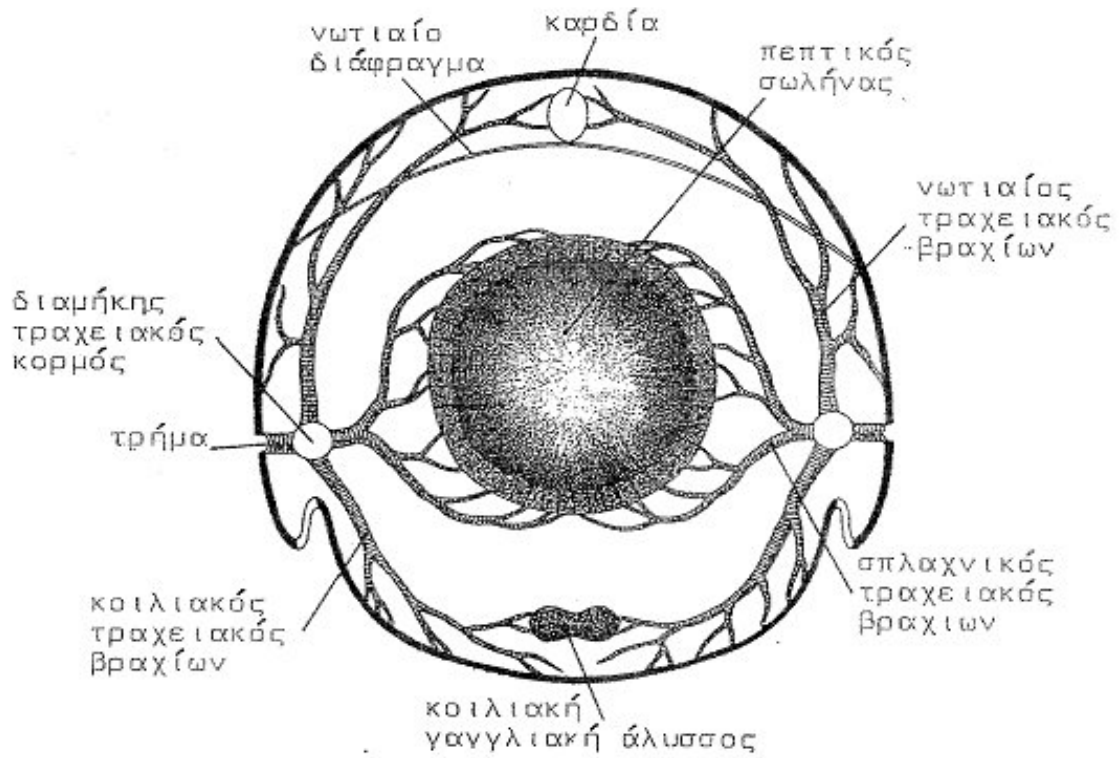
Περισταλτικά βοηθητικά όργανα είναι δυνατό να υπάρχουν στη βάση των άκρων.

Καθώς το αίμα ρέει προς τα πίσω μέσα στη σωματική κοιλότητα διαβρέχοντας τα διάφορα όργανα παραλαμβάνει θρεπτικές ουσίες από το περίβλημα του πεπτικού σωλήνα και τις μεταφέρει προς τους ιστούς. Μεταφέρει επίσης ορμόνες. Ουσίες για απέκκριση, οι οποίες είναι κύρια αζωτούχες, παραλαμβάνονται με την αιμολέμφο από τα κύτταρα και τελικά αποβάλλονται από τους σωλήνες Malpighi. Η αιμολέμφο δεν έχει καμία ιδιαίτερη σημασία στην αναπνοή. Η αιμογλοβίνη δεν υπάρχει στον αίμα των Εντόμων με εξαίρεση τις προνύμφες σε μερικές σκνίπες (Chironomidae). Πάντως το αίμα υποβοηθεί στη μεταφορά και ανταλλαγή οξυγόνου και διοξειδίου στα κύτταρα στο μέτρο που οι δύο αυτές ενώσεις είναι διαλυτές σ' αυτό. Η αιμολέμφο είναι συνήθως ανοιχτή κίτρινη, αλλά μπορεί να είναι και καφέ, σκούρα κίτρινη, πράσινη, ή και, σπάνια, κόκκινη.

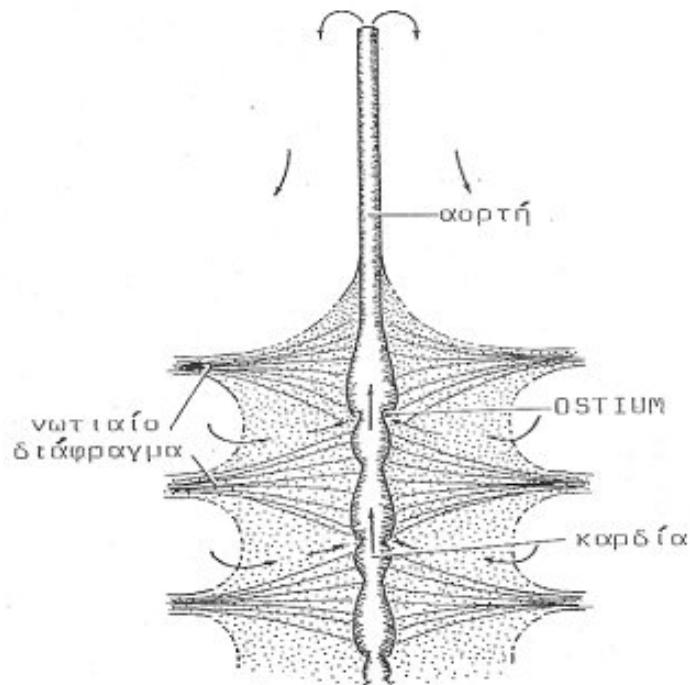
Υπάρχει μεγάλη ποικιλία αιμοκυττάρων και λειτουργιών των. Αυτά είναι σημαντικά για την καταστροφή βακτηρίων και την αποδιοργάνωση ιστών. Επίσης βοηθούν στην αποβολή παρασίτων από τη σωματική κοιλότητα, το κλείσιμο πληγών και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση και τις μεταμορφώσεις.

4.2.5. Το νευρικό σύστημα

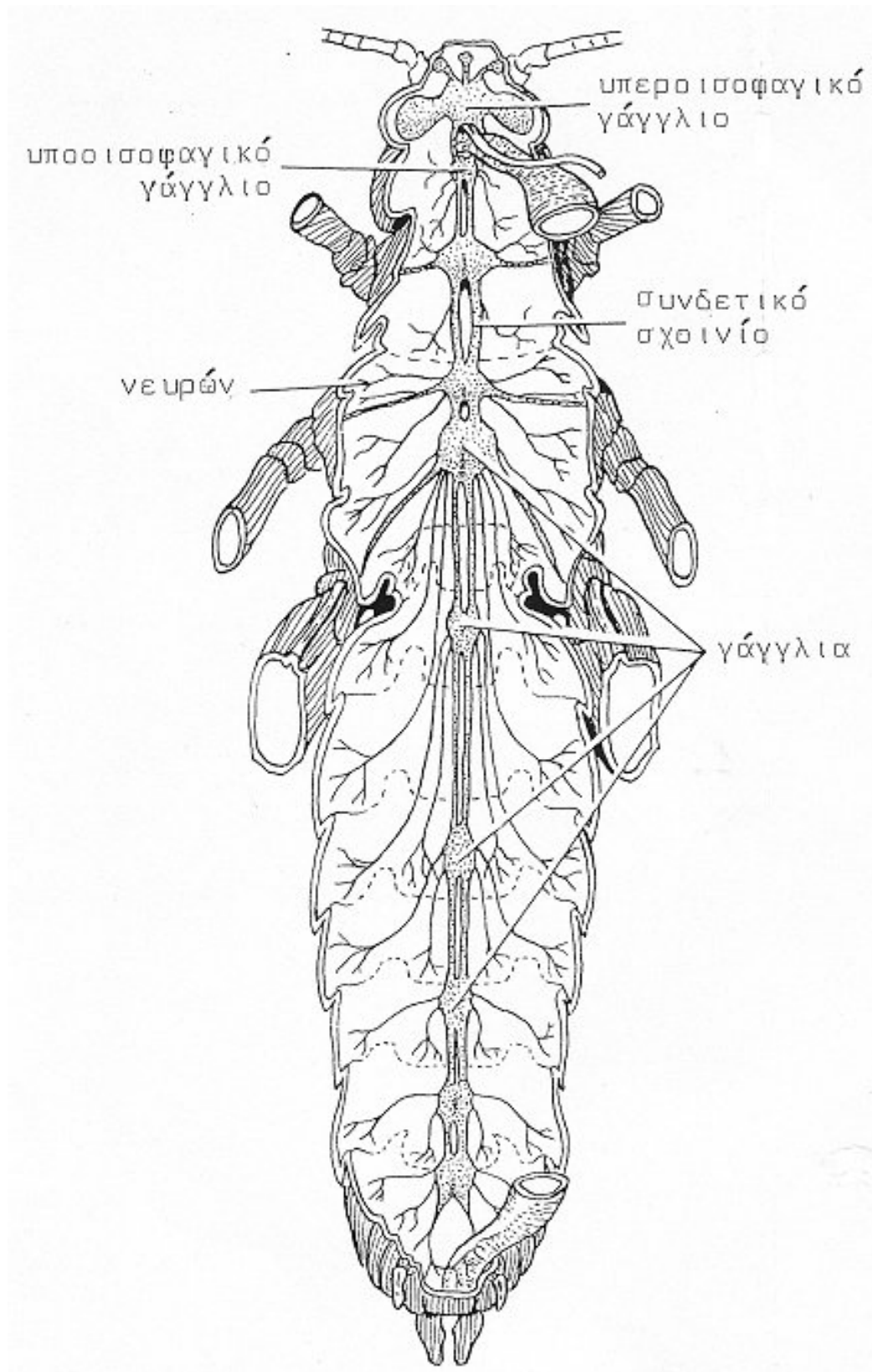
Τα Έντομα έχουν ένα κεντρικό νευρικό σύστημα, με ένα εγκέφαλο (υπεροισοφαγικό γάγγλιο) που βρίσκεται στην κεφαλή (Εικ. 23), και μια σειρά ζυγών νευρικών κέντρων (γαγγλίων) αού βρίσκονται κατά μήκος μιας κεντρικής γραμμής κατά μήκος της κοιλιακής χώρας του σώματος κάτω από τον πεπτικό σωλήνα. Τα γάγγλια



Εικ. 21. Εγκάρσια τομή σώματος εντόμου. (κατά Snodgrass με τροποποιήσεις)



Εικ. 22. Νωτιαίο αγγείο και νωτιαίο διάφραγμα εντόμου. (κατά Snodgrass με τροποποιήσεις)



Εικ. 23. Νευρικό σύστημα ακρίδας (*Dissosteira carolina*)
(κατά Snodgrass με τροποποιήσεις)

συνδέονται με επιμήκεις και εγκάρσιες νευρικές ίνες τα νευρικά σχοινιά ή χορδές. Έτσι τα δύο γάγγλια κάθε ζεύγους συνδέονται μεταξύ των με τους μεσογαγγλιακούς συνδέσμους ενώ τα επιμήκη σχοινιά καλούνται συνδετικά.

Εμβρυολογικές μελέτες έδειξαν την ύπαρξη ενός διπλού γαγγλίου για κάθε σωματικό τμήμα. Όμως σε ακμαία έντομα απαντώνται ποικίλες συγχωνεύσεις γαγγλίων. Ο εγκέφαλος και το υποοισοφαγικό γάγγλιο (βλ. παρακάτω) αποτελούνται από τρία συνενωμένα γάγγλια το καθένα, ενώ είναι δυνατό να υπάρχουν τρία θωρακικά και μέχρι οκτώ κοιλιακά γάγγλια. Πάντως σε πολλά έντομα συναντάται ακόμα και παραπέρα συνένωση. Για παράδειγμα στα Hemiptera και σε πολλά Diptera ένα μεγάλο θωρακικό γάγγλιο νευρώνει ολόκληρο το θώρακα και την κοιλία. Επειδή ο εγκέφαλος βρίσκεται πάνω από τον οισοφάγο είναι συχνά γνωστός σαν υπεροισοφαγικό γάγγλιο. Αυτό αποτελείται από τον πρωτεγκεφαλο (protocerebrum), ο οποίος νευρώνει τους σύνθετους και τους απλούς οφθαλμούς, τον δευτερεγκεφαλο (deutocerebrum), ο οποίος ελέγχει κεραίες και τον τριτεγκεφαλο (tritocerebrum) ο οποίος νευρώνει το άνω χείλος και συνδέεται με τον γναθεγκεφαλο (γνωστό και σαν υποοισοφαγικό γάγγλιο) με δύο μεγάλους νευρικούς συνδέσμους. Ο τριτεγκεφαλος και ο γναθεγκεφαλος με τους συνδετικούς συνδέσμους συνιστούν τον νευρικό περιοισοφαγικό κλοιό. γναθεγκεφαλος έχει σχηματισθεί από συνένωση των γαγγλίων των άνω και κάτω γνάθων και του κάτω χείλους, και νευρώνει τα στοματικά μόρια και άλλα κινούμενα εξαρτήματα.

Το κεντρικό μέρος του συμπαθητικού ή στομοδαιϊκού νευρικού συστήματος φαίνεται να είναι ο γναθεγκεφαλος. Οι λειτουργίες όλων των κλάδων του συμπαθητικού νευρικού συστήματος δεν έχουν γίνει πλήρως κατανοητές. Το μέρος αυτό του νευρικού συστήματος νευρώνει το πεπτικό σύστημα, την καρδιά, το αναπαραγωγικό σύστημα και άλλα μέλη του σώματος. Τα κυριότερα μέρη του συμπαθητικού βρίσκονται κατά μήκος των πλευρών ή πάνω από το στομόδαιο. Ένα μεσαίο παλίνδρομο νεύρο το συνδέει με το στομοδαιϊκό γάγγλιο. Το νεύρο αυτό τρέχει κάτω από τον εγκέφαλο και κατά μήκος της ραχιαίας χώρας του οισοφάγου όπου και συνδέεται με σειρά από μικρά γάγγλια και νεύρα.

Τα θωρακικά γάγγλια νευρώνουν τους πόδες και τις πτέρυγες. Τα κοιλιακά γάγγλια νευρώνουν τους κοιλιακούς μυς και εξαρτήματα.

Η βασική μονάδα του νευρικού συστήματος των Εντόμων, όπως και των άλλων ζώων, είναι ο νεύρων, ο οποίος αποτελείται από ένα κυτταρικό σώμα και τον νηματόμορφο νευράξονα. Συνάψεις είναι οι ενώσεις μεταξύ των νευρώνων. Αποτελούν τους μηχανισμούς ολοκλήρωσης του συστήματος μετάδοσης. Το ερέθισμα που μεταδίδεται από τον νευράξονα είναι ηλεκτροχημικής φύσης. Η μετάδοση του νευρικού ερεθίσματος συντελείται από την ακετυλοχολίνη και το ένζυμο που τη διασπά, τη χολινεστεράση. Αν κατά τη μετάδοση του ερεθίσματος δράσει ένα εντομοκτόνο (π.χ. οργανοφωσφορικό αυτό παρεμποδίζει τη δράση της χολινεστεράσης και οδηγεί σε νευρικές διαταραχές ή / και θάνατο.

4.2.6 Το μυϊκό σύστημα

Τα Έντομα έχουν περίπλοκο μυϊκό σύστημα. Έχουν πολύ μεγάλο αριθμό μυών που μπορεί να φθάσει τις 2.000 σε μία καμπή, μέχρι και 4.000 για ένα ακμαίο Λεπιδοπτέρων (π.χ. το *Cossus cossus*) ενώ οι μυς του ανθρώπινου σώματος είναι 400-500.

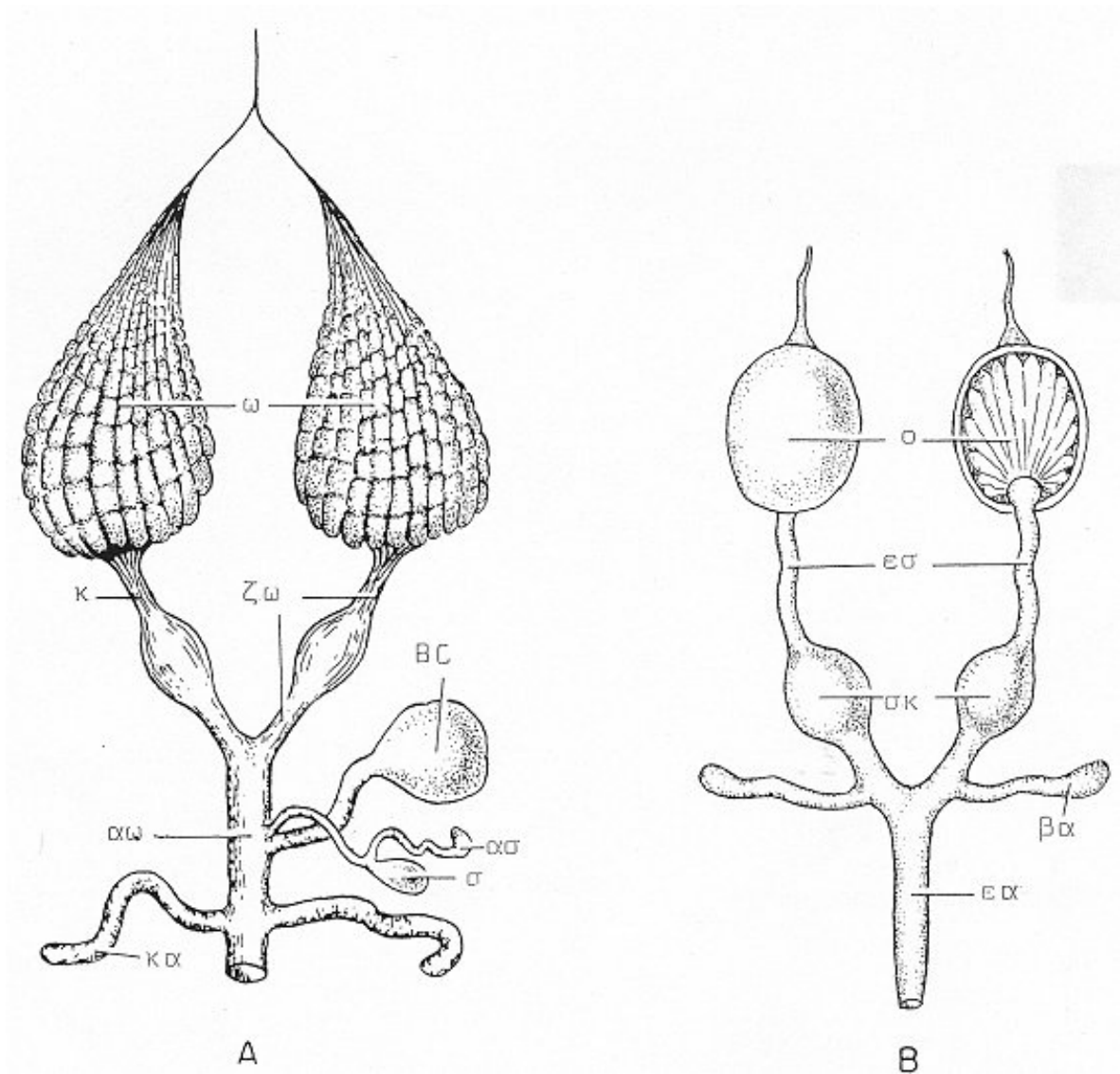
Οι μυς των Εντόμων είναι γραμμωτοί και αποτελούνται από πολύ ισχυρές γραμμωτές μυϊκές ίνες. Συχνά διακρίνονται σε σκελετικούς και σπλαχνικούς μυς. Οι σκελετικοί μυς είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε να παράγουν κινήσεις των στοματικών μορίων, των κεραιών, των ποδών, των πτερύγων και των σωματικών μερών. Για τα περισσότερα έντομα απαιτούνται πέντε ομάδες μυών για την λειτουργία των πτερύγων και μόνο. Δύο τύποι μυών κινούν τον πόδα. Ο ένας τύπος κινεί τον πόδα σαν μονάδα και ο άλλος τα επιμέρους τμήματα του.

Ένα στρώμα σπλαχνικών μυών καλύπτει τον πεπτικό σωλήνα και παράγει περιοδικές κινήσεις. Επίσης μυς του ίδιου τύπου περιβάλλουν την καρδιά και προκαλούν παλμούς. Οι κινήσεις των Εντόμων μπορεί να είναι πολύ γρήγορες, όπως των πτερύγων κατά την πτήση, μέχρι πολύ αργές όπως σε ορισμένα σκαθάρια (π.χ. *Zopherus* spp.) και σε έρπουσες προνύμφες.

4.2.7 Το αναπαραγωγικό σύστημα

Κανονικά. Σε κάθε είδος εντόμου υπάρχουν δύο φύλα, το άρρεν και το θήλυ. Όμως στα μυρμήγκια, τις μέλισσες, τις σφήκες, τους τερμίτες και άλλες ομάδες, βρίσκονται και ακμαία με υποτυπώδη ανάπτυξη των αναπαραγωγικών οργάνων, οι εργάτες. Επίσης υπάρχουν γυνανδρόμορφα και ερμαφρόδιτα έντομα. Αλλά, όπως π.χ. οι αφίδες, είναι δυνατό να αναπαράγονται για αρκετές γενεές χωρίς γονιμοποίηση. Αυτό είναι γνωστό σαν παρθενογενετική αναπαραγωγή ή παρθενογένεση. Πάντως αν και αυτός ο τύπος της αναπαραγωγής είναι αρκετά κοινός μεταξύ των εντόμων, δεν είναι βέβαια ο κανόνας.

Το αναπαραγωγικό σύστημα βρίσκεται στην κοιλία των εντόμων και τα περισσότερα από τα μέρη του έχουν αμφίπλευρη συμμετρία. Στο θήλυ οι ζυγές ωοθήκες βρίσκονται στο άνω και πρόσθιο μέρος της κοιλίας (Εικ.24). Κάθε μία ωοθήκη αποτελείται από ένα αριθμό σωλήνων που είναι γνωστοί σαν ωοφόροι σωλήνες. Ο αριθμός των ωοφόρων σωλήνων ποικίλει από έναν στις αφίδες μέχρι μερικές εκατοντάδες σε άλλα είδη. Καθένας απ' αυτούς που καλύπτεται από επιθηλιακά κύτταρα, καταλήγει σε ένα τελικό νημάτιο (γνωστό και σαν κρεμαστήρα σύνδεσμο). Μέσα στο σωλήνα βρίσκονται ωάρια όλων των σταδίων ανάπτυξης, από τα πολύ μικρά ωογόνια, τους μεγαλύτερους ωοκύτες, μέχρι τα ώριμα ωάρια. Η ανάπτυξη των ωαρίων κατά τη διάρκεια της ωογένεσης συντελείται περισσότερο με τη βοήθεια ειδικών θρεπτικών κυττάρων, των λεκιθογόνων ή, όταν αυτά δεν υπάρχουν, με θρεπτικά στοιχεία των κυττάρων από το επιθήλιο του τοιχώματος του ωοφόρου σωλήνα. Προς το τέλος της ωογένεσης το επιθήλιο σχηματίζει εγκοιλώσεις έτσι ώστε να σχηματίζεται γύρω από κάθε ωοκύτη ένα καλυπτήριο θυλάκιο, το λεγόμενο ωοθυλάκιο. Αυτό, εκτός από το θρεπτικό του ρόλο, εκκρίνει και το εξωτερικό περιβλήμα του ωαρίου το χόριο (κέλυφος του ωού). Η ανάγλυφη επιφάνεια του χορίου είναι ουσιαστικά το αποτύπωμα των επιθηλιακών κυττάρων.



Εικ. 24. Αναπαραγωγικά όργανα εντόμων.

(Α) Θήλεος

ω ωοθήκες

ζω ζυγός ωαγωγός

κ κάλυξ

BC Bursa copulatrix

σ σπέρματοθήκη

αω άζυγος ωαγωγός

κα κολλητικός αδένας

(Β) Άρρενος

ο όρχεις

εσ εκσπερματοφόρος σωλήνας

σκ σπέρματοδόχοι κύστεις

βα βοηθητικός αδένας

εα εκσπερματικός αγωγός

(κατά Comstock με τροποποιήσεις)

Στο ένα άκρο κάθε ωαρίου υπάρχει ένα άνοιγμα γνωστό σαν μικροπύλη μέσα από το οποίο εισέρχεται, το σπέρμα για να γίνει η γονιμοποίηση.

Τα κάτω άκρα των ωοφόρων σωλήνων σχηματίζουν τον κάλυκα. Από το κάλυκα το ωάριο περνάει στο ζυγό ωαγωγό. Οι δύο ζυγοί ωαγωγοί ενώνονται σχηματίζοντας τον άζυγο ωαγωγό. Από αυτόν το ωάριο περνάει στον κόλπο, ο οποίος έχει άνοιγμα στον ωοθήκη.

Κατά την κάθοδο του από τον άζυγο ωαγωγό το ωάριο μπορεί να γονιμοποιηθεί από σπέρμα που βρίσκεται στη σπερματοθήκη (Εικ. 24). Πάντως σε κάποια έντομα, όπως στις βασίλισσες των μελισσών είναι δυνατό να ελέγχουν τη γονιμοποίηση των ωαρίων. Τα γονιμοποιημένα ωάρια δίδουν εργάτριες ή βασίλισσες, τα αγονιμοποίητα αρσενικά άτομα, τους κηφήνες. Το σπέρμα είναι δυνατό να διατηρήσει τη ζωτικότητα του μέσα στη σπερματοθήκη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Προσαρτημένος στη σπερματοθήκη είναι ο αδένας της σπερματοθήκης.

Σε χαμηλότερο σημείο του άζυγου ωαγωγού εκβάλλουν οι κολλητήριοι ή βοηθητικοί αδένες. Αυτοί εκκρίνουν ουσίες για κάλυψη των ωών ή για την προσκόλληση των σε υποστήριγμα. Η αποθήκευση των σπερματοζωαρίων σε ορισμένα έντομα, όπως στα ανώτερα Lepidoptera γίνεται σε ειδικό θύλακο οχείας (bursa copulatrix). Γενικά υπάρχει ευρύτατη ποικιλία στα αναπαραγωγικά όργανα των θηλέων εντόμων, όπως στους αδένες, στους αγωγούς και στον αριθμό και το σχήμα των ωοφόρων σωλήνων.

Η βασική δομή των αναπαραγωγικών οργάνων των αρρένων εντόμων είναι πολύ παρόμοια με αυτήν των θηλέων. Οι όρχεις είναι τοποθετημένοι στο σώμα σε παρόμοιες θέσεις με τις ωοθήκες. Κάθενας απ' αυτούς αποτελείται από τους τυφλούς σπερματοφόρους σωλήνες. Κάθε σωλήνας περιέχει γεννητικά κύτταρα σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης τους, από σπερματογόνια, σε σπερματοκύτες, σε σπερματίδια έως και τέλεια σπερματοζώαρια. Κάθε όρχις έχει έξοδο σε έναν από τους ζυγούς εκσπερματοφόρους σωλήνες ή εκφορητικούς αγωγούς, (vasa deferentia). Αυτοί έχουν κατεύθυνση προς τα κάτω και πίσω και συνενούνται κάτω από τον πεπτικό σωλήνα για να σχηματίσουν τον άζυγο εκσπερματικό αγωγό. Σπερματοδόχες κύστες, για την αποθήκευση σπέρματος, είναι διογκώσεις των εκσπερματοφόρων σωλήνων. Οι βοηθητικοί αδένες είναι προσαρτημένοι στο κάτω μέρος των εκσπερματοφόρων σωλήνων ή στον εκσπερματικό αγωγό. Εκκρίνουν ειδικό υγρό το οποίο συντελεί στη διατήρηση του σπέρματος σε ζωηρή και υγρή κατάσταση. Στο Κολεόπτερο *Lytta vesicatoria* το έκκριμα από τους αδένες αυτούς είναι πλούσιο σε ειδική διεγερτική ουσία, την κανθαριδίνη.

Ο άζυγος εκσπερματικός αγωγός καταλήγει στο όργανο οχείας, γνωστό σαν φαλλό ή αιδοιαγό.

Σύζευξη. Η οχεία συντελείται στα Έντομα με διάφορους τρόπους και σε οποιοδήποτε μέσο, δηλαδή το έδαφος, το νερό ή τον αέρα, σε κίνηση ή στάση. Παρόμοια ποικίλλει ευρύτατα και η διάρκεια της οχείας, από λίγα δευτερόλεπτα (οικιακή μύγα) μέχρι και 34 ημέρες (!) (μηλολόνη).

Κατά τη σύζευξη τα δύο φύλα μπορεί να πάρουν διάφορες θέσεις (στάσεις). Σε ορισμένες περιπτώσεις μένουν ενωμένα μόνο με τα άκρα της κοιλίας έχοντας το σώμα και

τα άκρα σε διαμετρικά αντίθετες κατευθύνσεις. Άλλοτε το άρρεν και το θήλυ βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο με τις κεφαλές προς την ίδια κατεύθυνση, όπως π.χ. σε πολλά νυκτόβια, Lepidoptera.

Σε Coleoptera, Diptera κ.α. το άρρεν βρίσκεται στο νότο του θήλεος ή αντίθετα (Diptera). Σε ορισμένα Coleoptera τα άρρενα είναι εφωδιασμένα με ισχυρότατες άνω γνάθους για να συγκρατούν σταθερά το θήλυ κατά τη διάρκεια της οχείας (π. χ. *Lucanus cervus*).

Πολύ ιδιόρρυθμος είναι ο τρόπος οχείας στα Odonata (υδροσταθμυλλίδες). Σε αυτά το όργανο οχείας του άρρενος βρίσκεται όχι στο άκρο αλλά στη βάση της κοιλίας, στο δεύτερο και τρίτο κοιλιακό τμήμα. Όταν πρόκειται να λάβει χώρα η οχεία το άρρεν συλλαμβάνει το θήλυ στον αέρα από το λαιμό με τη βοήθεια λαβίδας που βρίσκεται στο άκρο της κοιλίας του, και το παρασύρει στην πτήση του. Το θήλυ, μετά από λίγο, ανυψώνει το άκρο της κοιλίας του, όπου βρίσκεται και το γεννητικό του άνοιγμα, και το φέρει σε επαφή με τον αιδοιαγό του άρρενος, και έτσι γίνεται η γονιμοποίηση. Μετά το τέλος της ο θήλυ καταβροχθίζει το άρρεν.

Σε είδη Scolytidae στα Coleoptera, τα οποία ζουν μέσα στο ξύλο ή τον φλοιό δένδρων η οχεία γίνεται με τον εξής τρόπο: Το άρρεν βγαίνει από τη στοά, ενώ μένει μέσα σ' αυτή το θήλυ. Το τελευταίο έρχεται προς το άνοιγμα της στοάς και προβάλλει προς τα έξω το άκρο της κοιλίας του όπου βρίσκεται και το γεννητικό του άνοιγμα. Στη στάση αυτή το άρρεν γονιμοποιεί το θήλυ.

Στα έντομα άλλα είδη είναι πολύγαμα και άλλα μονόγαμα.

Η πολυγαμία ή η μονογαμία είναι δυνατό να αφορά ένα ή και δύο φύλα. Στο δάκο της ελιάς για παράδειγμα και τα δύο φύλα είναι πολύγαμα.

Ο αριθμός των συζεύξεων στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου ποικίλει για τα διάφορα έντομα. Μπορεί να είναι μόνο μία ή περισσότερες. Σε κάθε σύζευξη ένας μεγάλος αριθμός σπερματοζωαρίων διοχετεύεται από το άρρεν στο θήλυ. Αυτά αποθηκεύονται αρχικά στη σπερματοθήκη ή στο θύλακο οχείας αν υπάρχει. Η παραπέρα χρήση τους ρυθμίζεται κατά βούληση από το θήλυ έτσι ώστε είτε να μη γονιμοποιούνται ορισμένα ώρια είτε όταν ένα ώριο περνάει μπροστά από την έξοδο της σπερματοθήκης να απελευθερώνεται μόνο μικρός αριθμός σπερματοζωαρίων. Με τον τρόπο αυτό δεν είναι απαραίτητη η σύζευξη για κάθε γονιμοποίηση ωαρίου (π.χ. στη βασίλισσα των μελισσών).

Η σύζευξη των δύο φύλων παρακινείται από ποικίλα ερεθίσματα, όπως ιδιόρρυθμες κινήσεις του άρρενος, διακριτικοί ήχοι (π.χ. στις ακρίδες και στους γρύλους), ειδικοί χρωματισμοί και διάφορες σεξουαλικές οσμές που προέρχονται από εκκρίματα βοηθητικών αδένων (φερομόνες).

Η ωριμότητα των γεννητικών οργάνων (γονάδων) και στα δυο φύλλα δεν φαίνεται να έχει ιδιαίτερη επίδραση στη σεξουαλική παρόρμηση για σύζευξη. Έχουν παρατηρηθεί συζεύξεις σε έντομα στα οποία το θηλυκό είχε τελείως άωρες ωοθήκες, ενώ σε άλλες περιπτώσεις τα άρρενα είχαν προηγούμενα ευνουχισθεί.

4.2.8 Ορμόνες

Οι ορμόνες είναι χημικές ουσίες που παράγονται από το ενδοκρινικό σύστημα των εντόμων. Τα κύρια κέντρα όπου παράγονται οι ουσίες αυτές σχετίζονται με το κεντρικό νευρικό σύστημα. Στην κεφαλή νευροενδοκρινικά κύτταρα, που βρίσκονται στο μέσο του πρωτεγκεφάλου (*pars intercerebralis*) παράγουν μια ορμόνη, γνωστή σαν εγκεφαλική ορμόνη, η οποία συσσωρεύεται σε σωματίδια που βρίσκονται δεξιά και αριστερά της αορτής, τα *corpora cardiaca*. Από τα σημεία αυτά η ορμόνη απελευθερώνεται στο αίμα και δίδει το ερέθισμα στους προθωρακικούς αδένες να παράγουν μια άλλη ορμόνη την εκδυσόνη. Δύο άλλα ενδοκρινή σωματίδια, τα *corpora allata* παράγουν μια άλλη πάλι ορμόνη, γνωστή σαν νεανική ορμόνη.

Ο ρόλος των ορμονών αυτών ελέγχεται από τον εγκέφαλο. Η εκδυσόνη, που είναι η ορμόνη της αύξησης και των εκδύσεων, είναι επίσης απαραίτητη για το σχηματισμό των οργάνων του ενήλικου εντόμου κατά το στάδιο της πλαγγόνας. Η νεανική ορμόνη ή νεοτίνη, εξουδετερώνει τη δράση της εκδυσόνης, παρεμποδίζει δηλαδή το σχηματισμό των χαρακτηριστικών του ενήλικου κατά τα νεαρά στάδια. Παράγεται σε προοδευτικά μειούμενες ποσότητες όσο το έντομο πλησιάζει την ωριμότητα. Αυτή η σταδιακή μεταβολή στην αναλογία των ορμονών επιτρέπει στο έντομο να συμπληρώσει το κύκλο της ανάπτυξης του.

4.2.9 Φερομόνες

Είναι γνωστές και σαν εκτορμόνες. Είναι ουσίες ελκυσμού και παράγονται από εξωτερικούς αδένες των εντόμων. Κάθε μια από τις ουσίες αυτές έχει μια ειδική επίδραση πάνω σε άτομα του ίδιου είδους.

Μια ειδική κατηγορία φερομονών είναι οι φερομόνες φύλου ή σεξουαλικές ορμόνες. Αυτές μπορεί να εκκρίνονται και από τα δύο φύλα. Πιο πολύ πάντως είναι γνωστές αυτές που εκκρίνονται από το θήλυ για να ελκύσουν το άρρεν με σκοπό τη σύζευξη. Αδένες που βρίσκονται στο τελευταίο κοιλιακό τμήμα είναι η πηγή των σεξουαλικών ορμονών σε παρθένα νυκτόβια Λεπιδόπτερα. Σε πολλά είδη ημερόβιων Λεπιδοπτέρων (πεταλούδων) οι πτέρυγες φέρουν ειδικά λέπια, τα ανδροκόνια. Αυτά έχουν βασικούς αδένες που εκκρίνουν ουσίες ελκυστικές φύλου. Στο είδος *Tenebrio molitor* (Coleoptera) εχθρό αποθηκευμένων προϊόντων, και τα δύο φύλα εκκρίνουν φερομόνες φύλου. Οι σεξουαλικές ορμόνες των εντόμων έχουν μελετηθεί εκτενέστατα και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σήμερα στην καταπολέμηση των φυτοπαράσιτων.

Στην περίπτωση της μέλισσας άλλες φερομόνες (που δεν είναι φερομόνες φύλου) παίζουν ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Παρέχουν τη δυνατότητα σήμανσης ατόμων και τοποθεσιών με τη βοήθεια οσμών. Φερομόνες που εκκρίνονται από το στόμα της βασίλισσας κάνουν αισθητή την παρουσία της. Όταν τις «γλείψουν» οι εργάτριες, οι φερομόνες αυτές τους επιβραδύνουν την αύξηση των ωοθηκών και επηρεάζουν τη συμπεριφορά των. Είδη σκαθαριών που ζουν συνεχώς μέσα στις φωλιές τερμιτών εκκρίνουν ουσίες που είναι ελκυστικές για τους εργάτες τερμίτες. Έτσι τα σκαθάκια αυτά γίνονται αποδεκτά στις αποικίες των τερμιτών.