

Γενική Εντομολογία

Νικόλαος Παπαδόπουλος

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

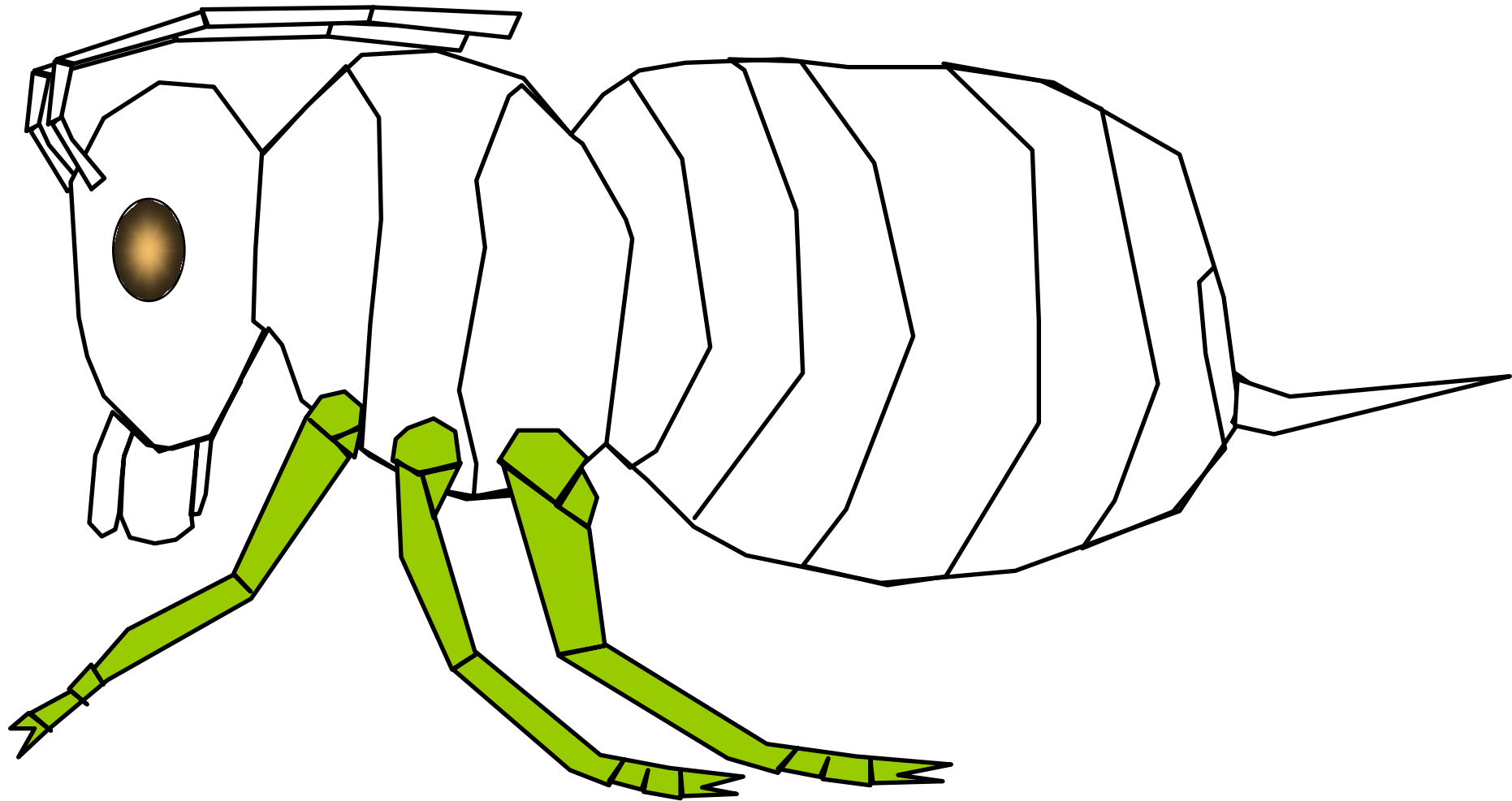
Τηλ.: 24210 93285

E-mail: nikopap@uth.gr

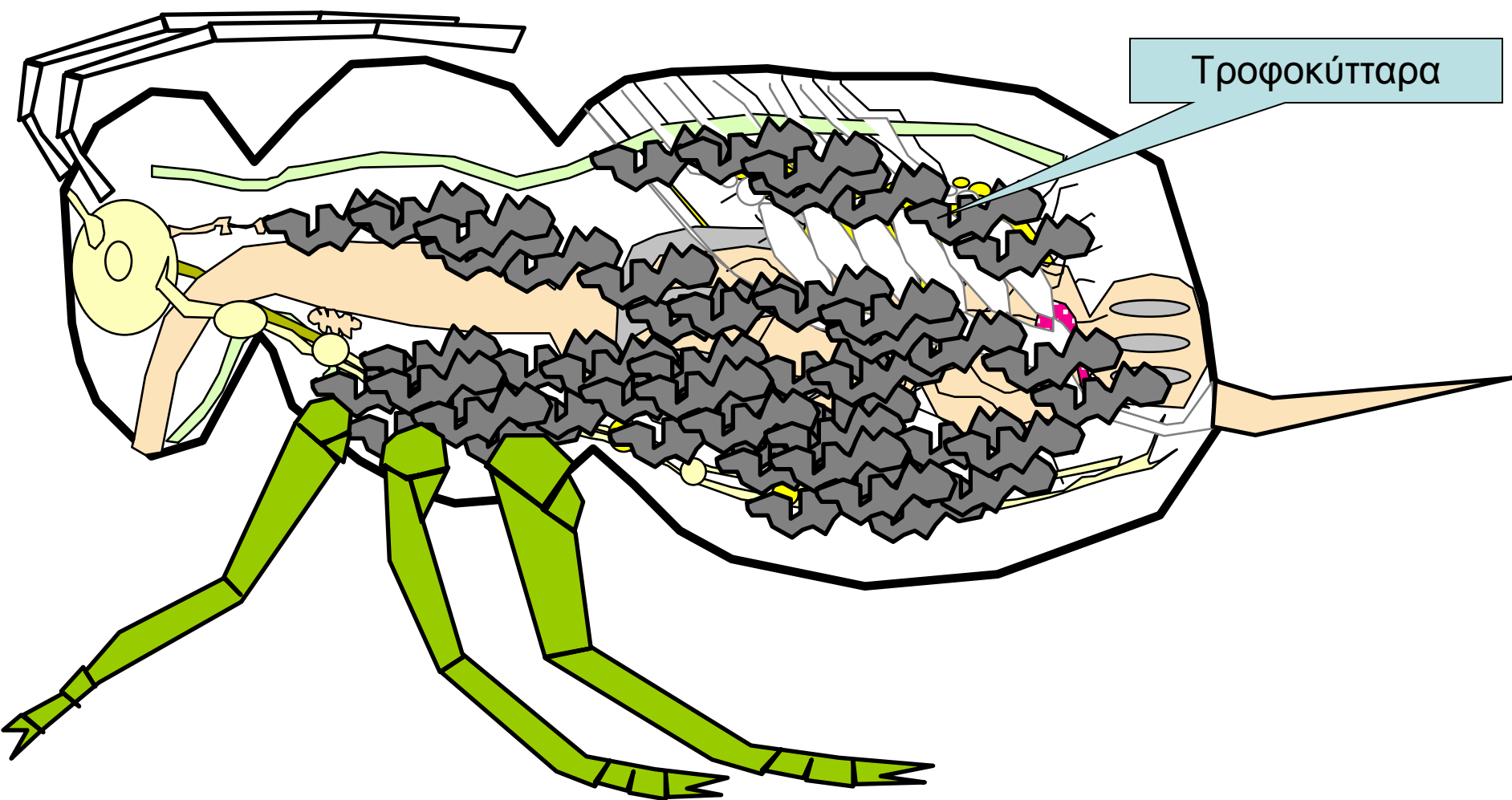
Πρόγραμμα μαθημάτων θεωρίας Γενικής Εντομολογίας

<http://eclass.uth.gr/SGEA117/>

19/02/14	Εισαγωγή στη Εντομολογία και τη σημασία των εντόμων
26/02/14	Εξωσκελετός, δερμάτιο και έκδυση
05/03/14	Ανατομία, πεπτικό σύστημα -
12/03/14	Κυκλοφορικό και αναπνευστικό σύστημα
19/03/14	Νευρικό και ενδοκρινές σύστημα Μυϊκό σύστημα
26/03/14	Αισθητήρια όργανα
02/04/14	Αναπαραγωγικό σύστημα και αναπαραγωγή
09/04/14	Ανάπτυξη εντόμων και βιολογικοί κύκλοι
30/04/14	Συστηματική και ταξινόμηση εντόμων I
07/05/14	Αμετάβολα και Ημιμετάβολα Έντομα
14/05/14	Ολομετάβολα έντομα
21/05/14	Σχέσεις εντόμων και φυτών ξενιστών
28/05/14	Οικολογία εντόμων
04/06/14	Εισαγωγή στις στρατηγικές και μεθόδους αντιμετώπισης εντόμων
?	Επαναληπτικό

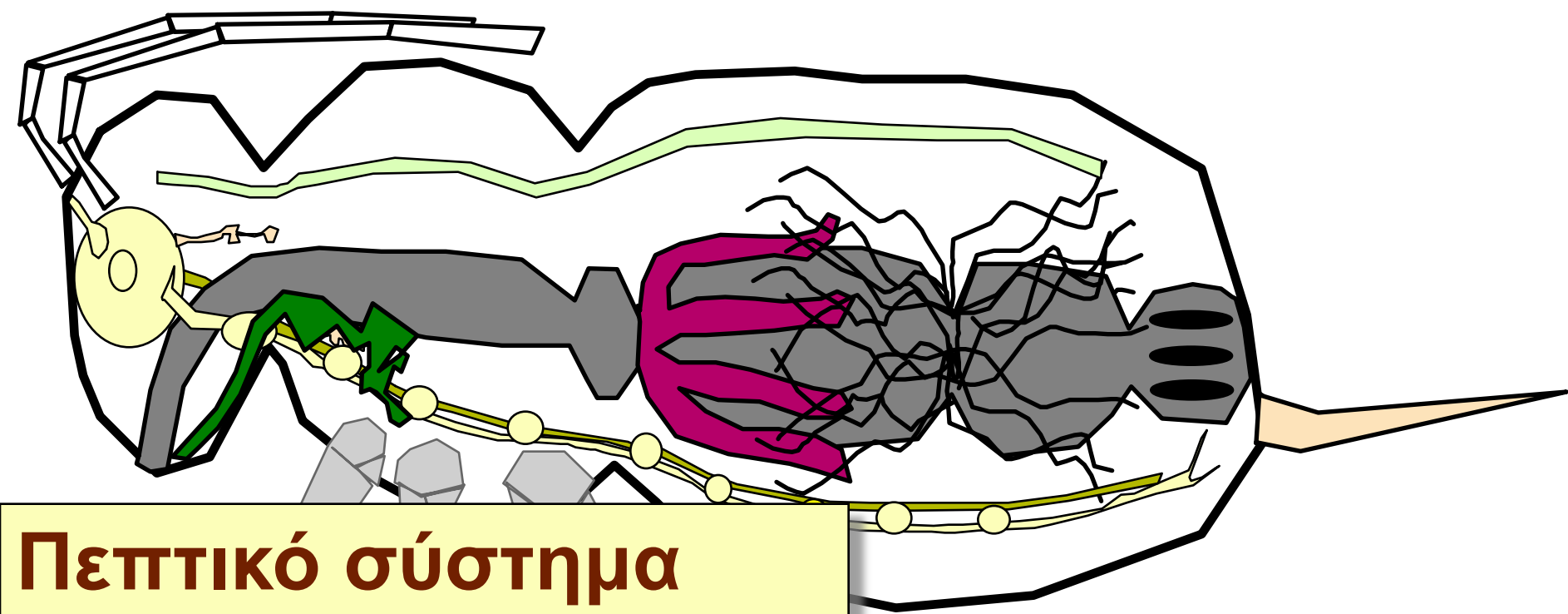


Εσωτερικές δομές και όργανα



Τροφοκύτταρα

Λιπόσωμα γλυκογόνο
τρεχαλόζη
πρωτεΐνες



Πεπτικό σύστημα

Σιελογόνοι αδένες

Πρόσθιο, μέσο και οπίσθιο
έντερο

Crop

Valves

Caecae

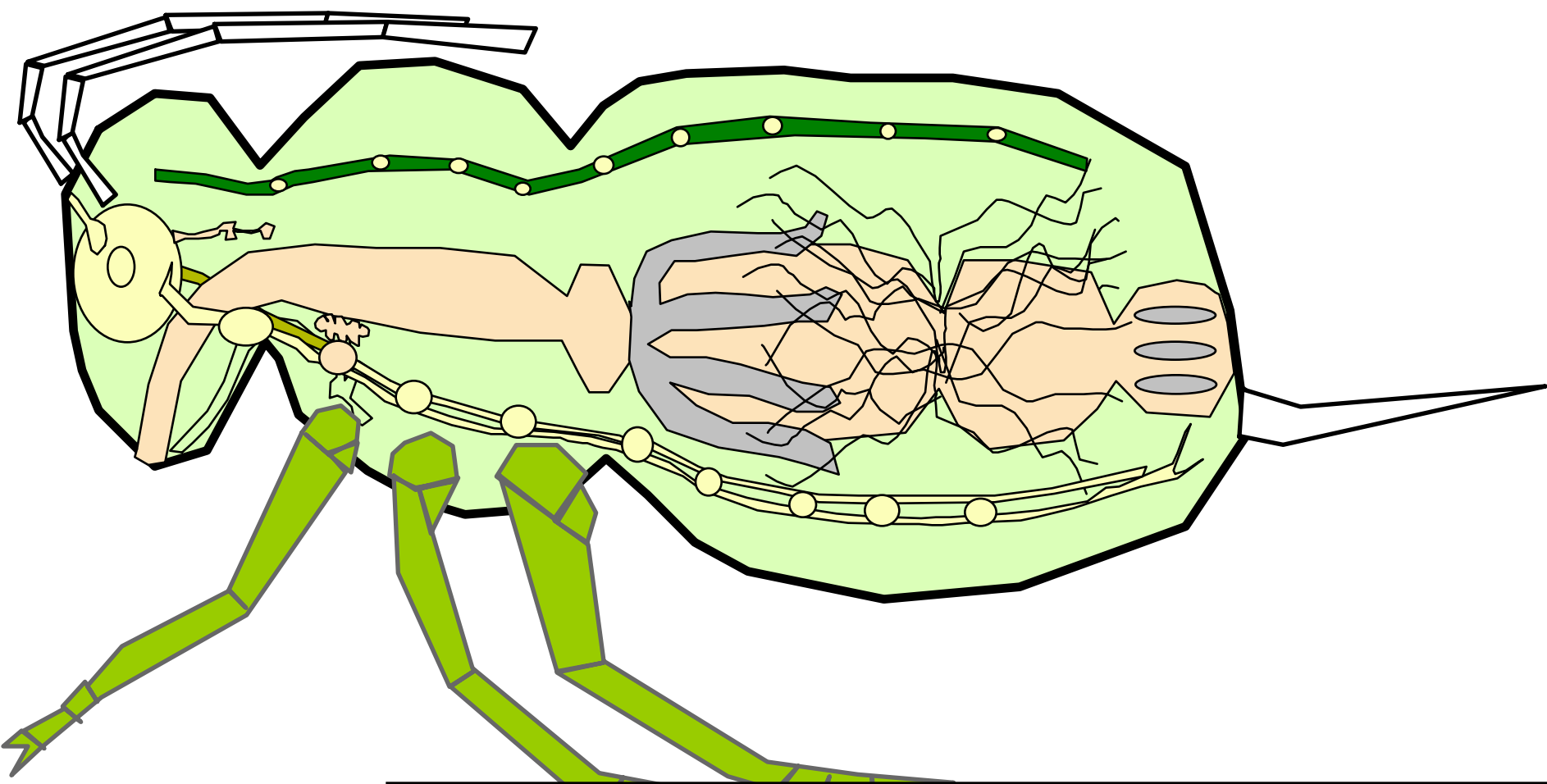
Rectum

Απεκκριτικό σύστημα

Μαλπίγειανοι σωλήνες

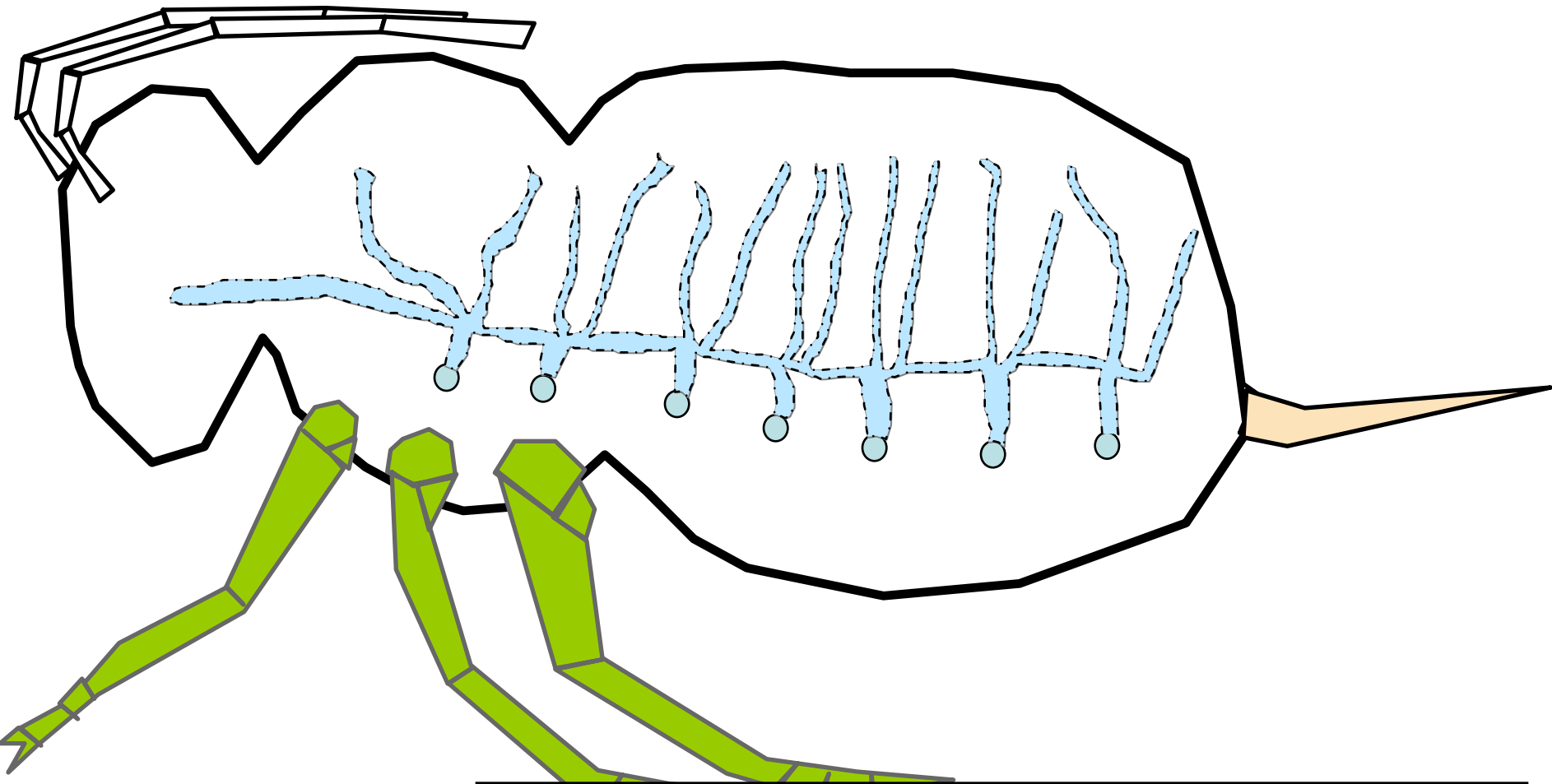
Επιθήλιο οπίσθιου εντέρου

Έδρα



Κυκλοφορικό (ανοικτό)

Αιμόκοιλο, αιμόλεμφος,
αιμοκύτταρα, νωτιαίο αγγείο,
Διαφράγματα

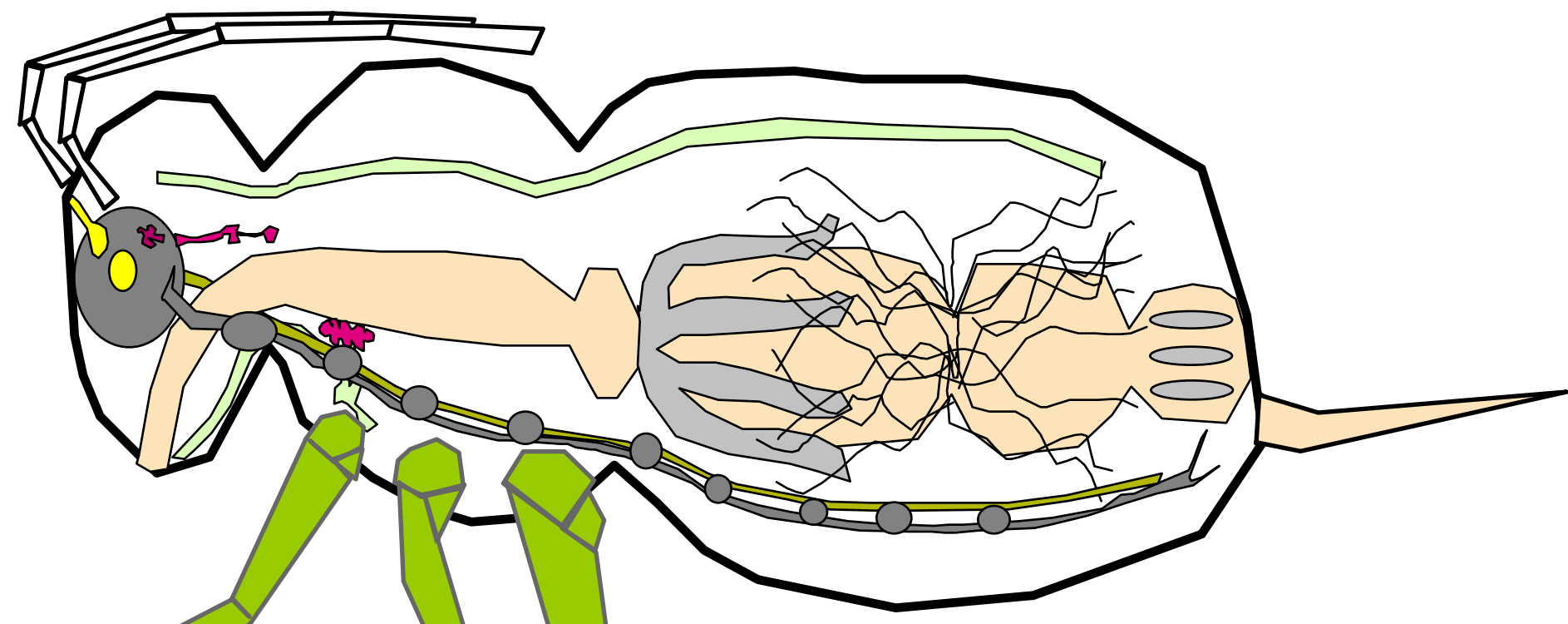


Αναπνευστικό σύστημα

Στίγματα

Τραχείες

Τραχεΐδια



Κεντρικό νευρικό σύστημα

Εγκέφαλος

Υποοισοφαγικό γάγγλιο

Κοιλιακή νευρική αλυσος

Γάγγλια

Αισθητήρια όργανα

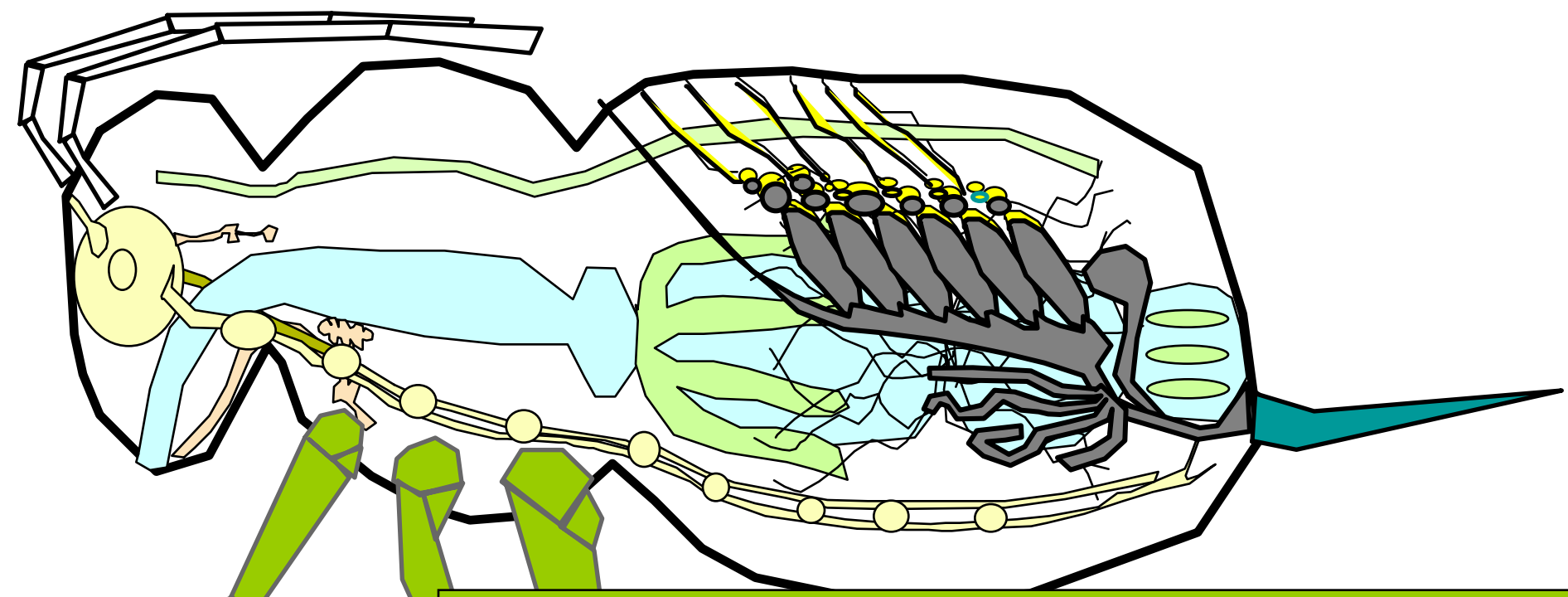
Αδένες

Εγκεφαλικοί

Corpus allatum

Corpus cardiacum

Προθωρακικοί αδένες



Εξωτερικά

genitalia

Φαλός
Γονοπόρος
Αιδιαγός,
Παραμερή,

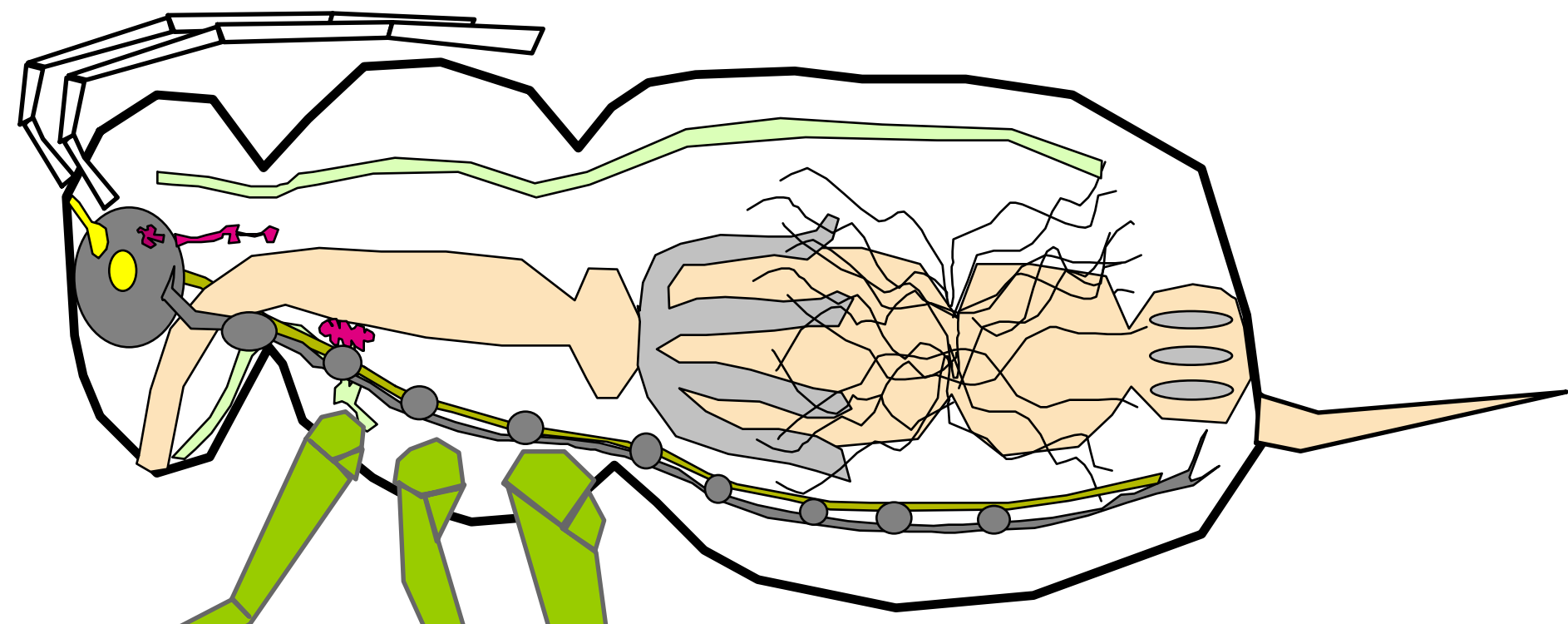
Αναπαραγωγικό σύστημα

Ωοθήκες	Όρχεις
Σπερμοθήκες	Accessory glands
Accessory glands	Αγωγοί
Bursa copulatrix	Σπερματοφόροι
Αγωγοί	

Σύνοψη της σημερινής διάλεξης

- Νευρικό σύστημα
 - Νευρώνας
 - Γάγγλια
 - Κεντρικό νευρικό σύστημα
 - Σπλαχνικό νευρικό σύστημα
- Ενδοκρινές σύστημα εντόμων
- Λειτουργία του νευρικού συστήματος

Νευρικό σύστημα



Κεντρικό νευρικό σύστημα

Εγκέφαλος
Υποοισοφαγικό γάγγλιο
Κοιλιακή νευρική άλυσος
Γάγγλια
Αισθητήρια όργανα

Αδένες

Εγκεφαλικοί
Corpus allatum
Corpus cardiacum
Προθωρακικοί αδένες

Συγχρονισμός λειτουργιών και δραστηριοτήτων σε πολυκύτταρους οργανισμούς

- Περίπλοκες λειτουργίες και δραστηριότητες:
 - Ανάπτυξη – αύξηση
 - Αναπαραγωγή
 - Μετακίνηση
 - Ομοιόσταση (Homeostasis)
- Υπολογίστε τα παρακάτω:

Μερικές δραστηριότητες _____, ενώ άλλες _____.

- Επηρεάζουν λίγα συστήματα, επηρεάζουν πολλά συστήματα
- Απαιτούν γρήγορη αντίδραση, απαιτούν βραδεία αντίδραση

Ολοκληρωμένα συστήματα

- Συντονισμός κυττάρων, ιστών και οργάνων εντός του οργανισμού
- Περιλαμβάνει τα συστήματα
 - Νευρικό
 - Ενδοκρινές

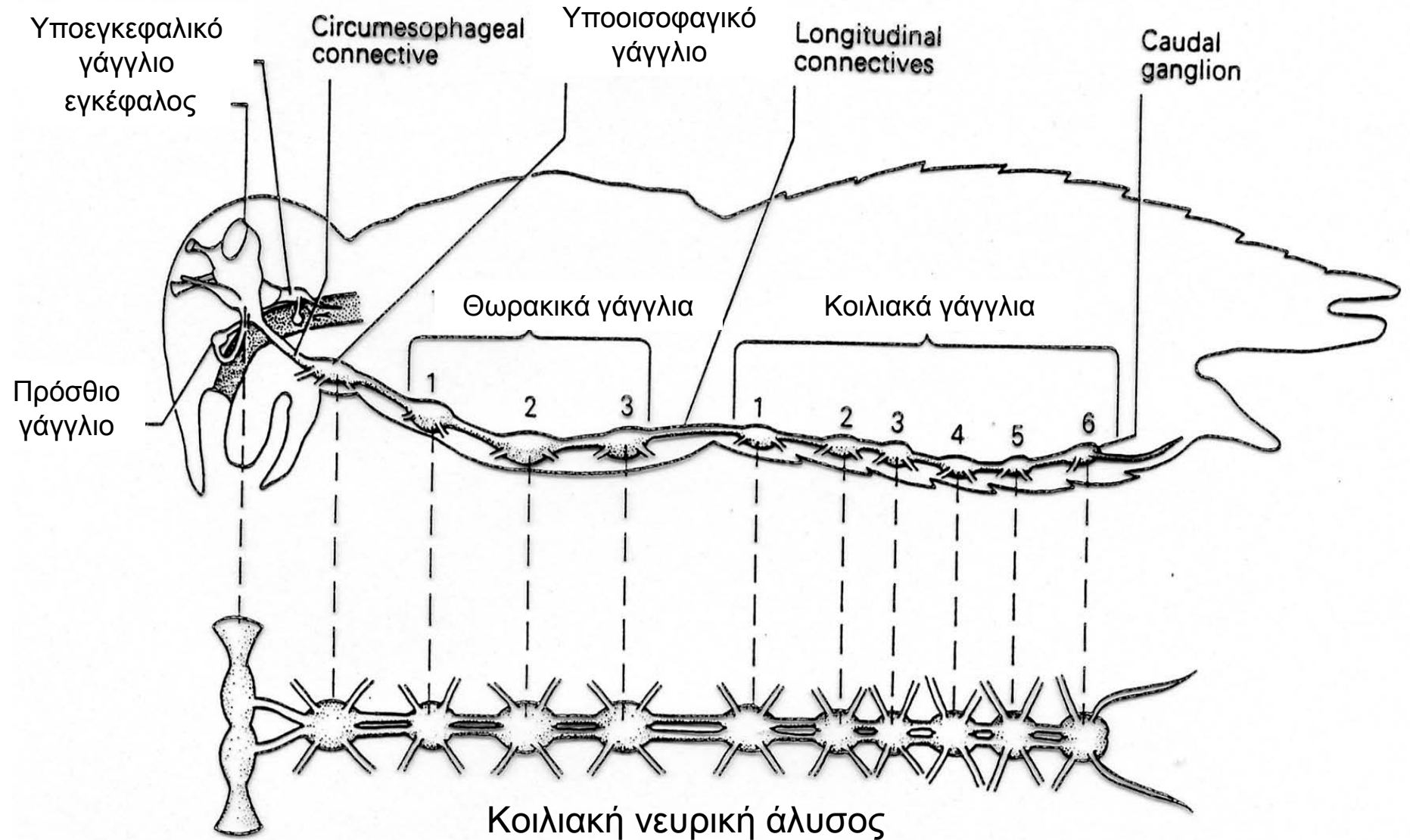


Κάποιο ρόλο πιθανόν να παίζει και το εξωκρινές σύστημα καθώς διαχειρίζεται στοιχεία του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη ζωή των εντόμων.

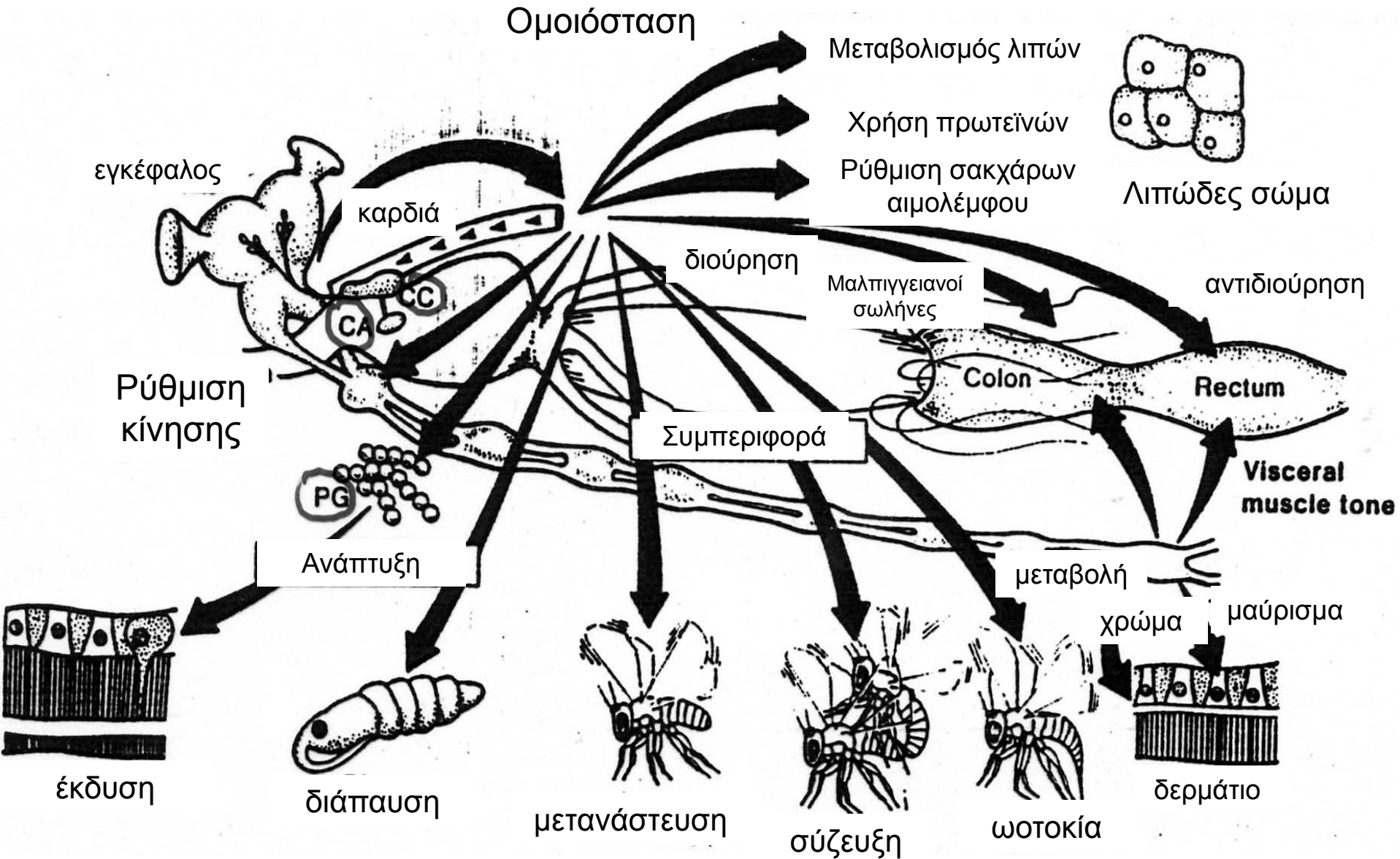
Νευρικό και Ενδοκρινές

	Νευρικό	Ενδοκρινές
Τύπος κυττάρου	Νευρικά	Ενδοκρινή
Αντίδραση	Άμεση	αργή
Διάρκεια	Στιγμιαία	Παρατεταμένη
Μετάδοση	Ανατομική	Χημική
Ρύθμιση	Ακριβής	διαχεόμενη

Νευρικό σύστημα



Ορμονικό σύστημα



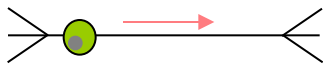
Δομή του νευρικού συστήματος

(από το κύτταρο)

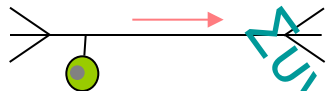
Νευρικό κύτταρο ή νευρώνας

Τύποι:

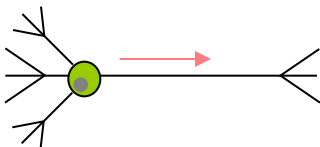
- Διπολικοί



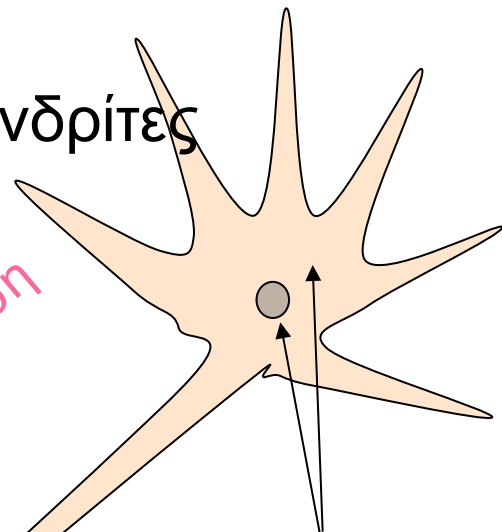
- Μονοπολικοί



- Πολυπολικοί



Δενδρίτες



Πυρήνας και
περικάρυον

άξονας

Κατεύθυνση μετάδοσης
ερεθίσματος

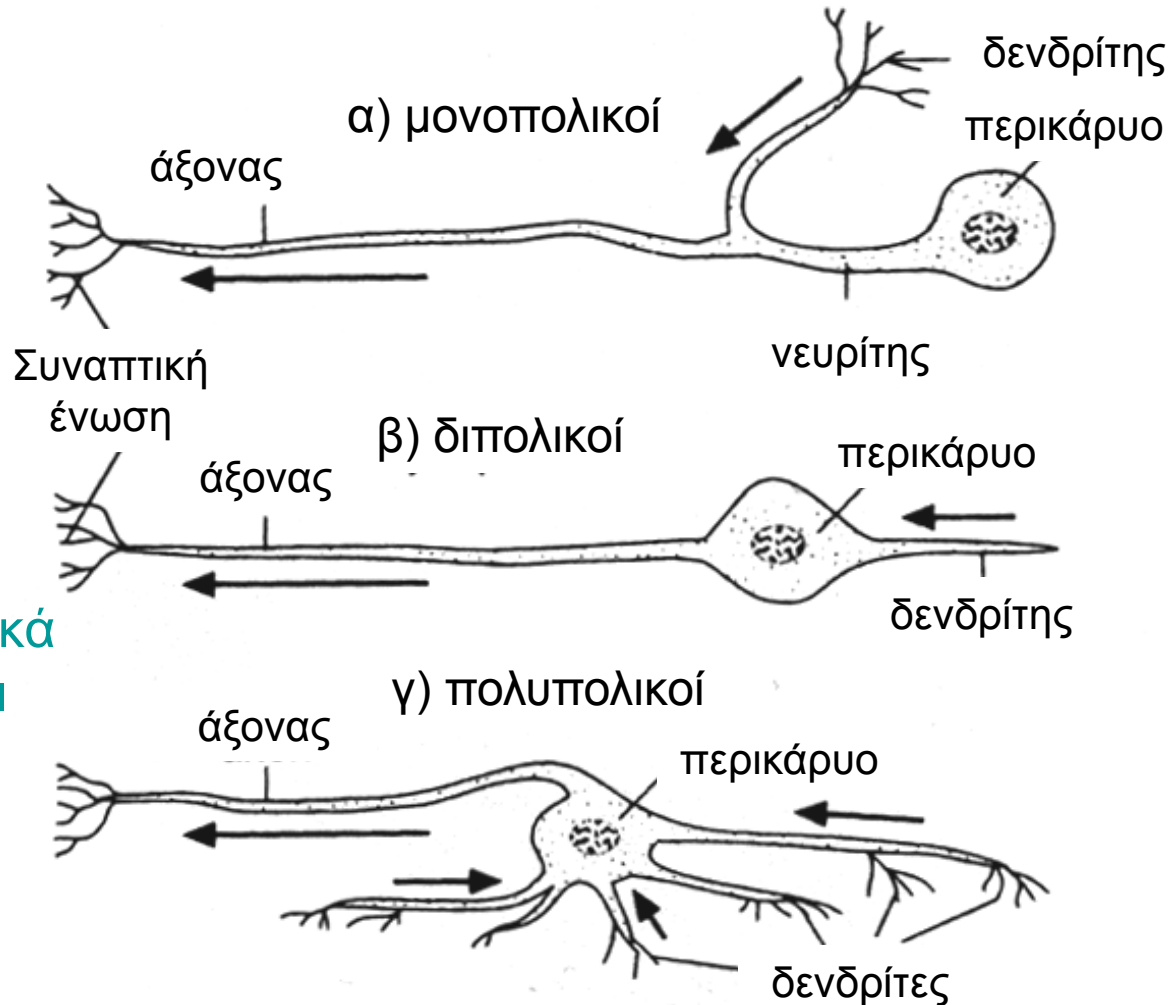
Συναπτική ένωση

Νευρώνες – δομικές μονάδες του συστήματος

α) Μονοπολικόι
Κινητήριοι και ενδιάμεσοι

β) Διπολικόι – αισθητήριοι

γ) Πολυπολικόι
Τυπικόι των σπονδυλωτών
στα έντομα μόνο εσωτερικά
τα αισθητήρια τάσης είναι
πολυπολικά



Βασική μονάδα του ΝΣ είναι τα νευρικά κύτταρα (νευρώνες)

- Νευρώνες

- Μονοπολικοί
- Διπολικοί
- Πολυπολικοί

- Συνάψεις

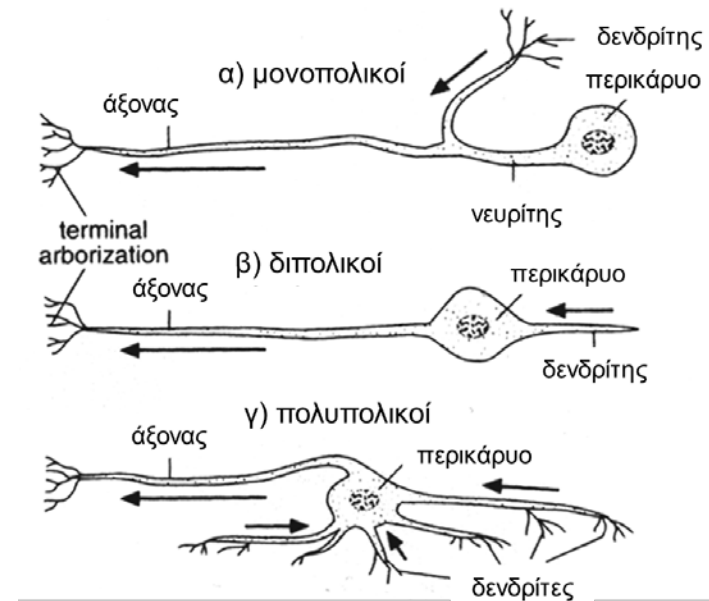
- Σημεία επαφής (επικοινωνίας) 2 νευρώνων.
- Ηλεκτρικός – ηλεκτροχημικός τρόπος επικοινωνίας νευρώνων
- Ανάλογα με τη θέση τους σε σχέση με τη σύναψη: προσυναπτικοί – μετασυναπτικοί νευρώνες

- Γάγγλια

- Κέντρα νευρώνων με ξεχωριστή ιστολογική μορφολογία και κατά κανόνα περίπλοκη δομή

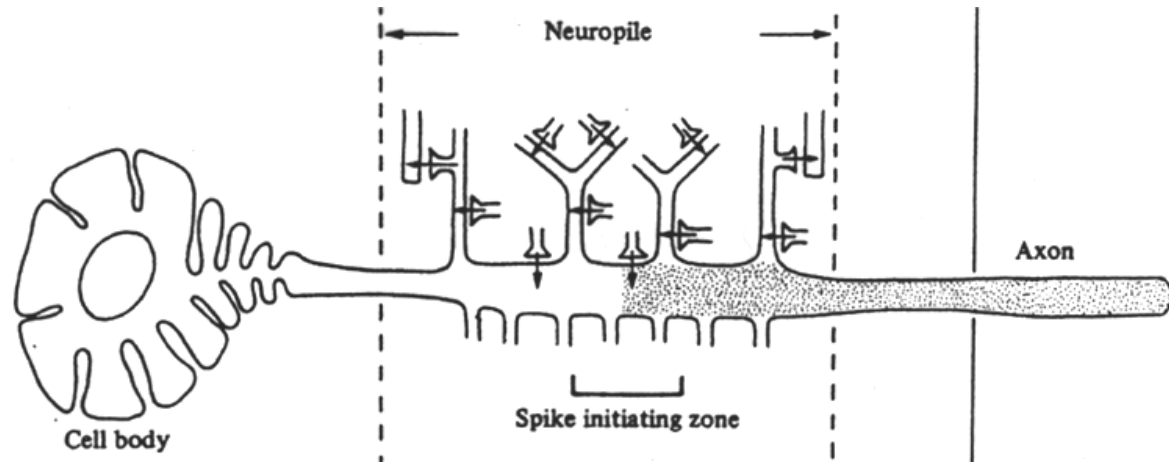
- Νευροπύλη

- Περιοχή του γαγγλίου στην οποία παρατηρείται συνάθροιση συνάψεων

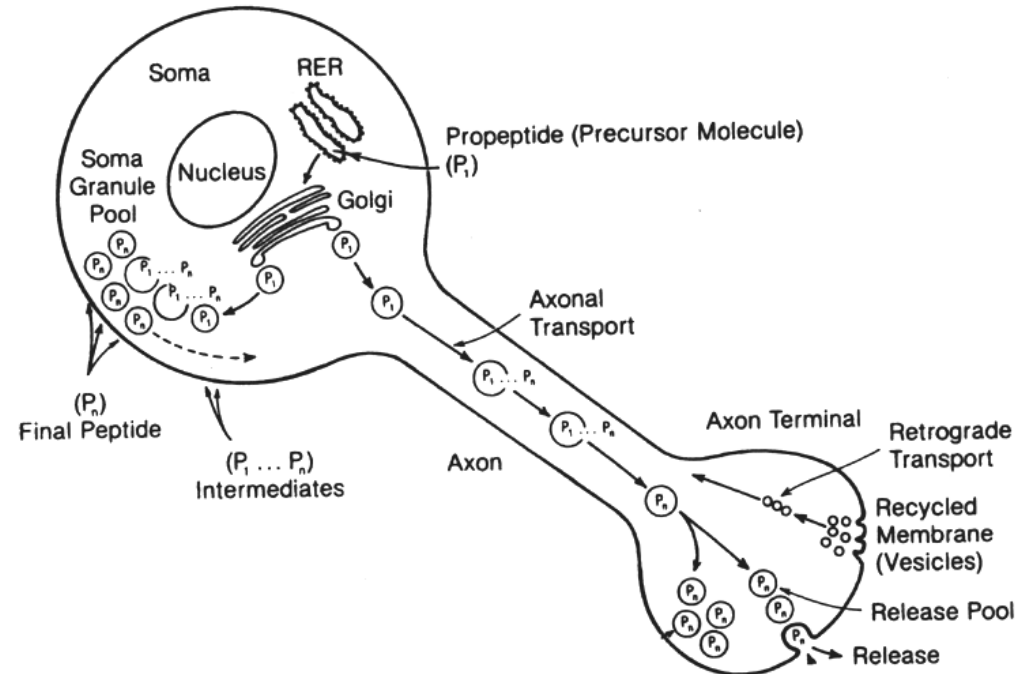


Δράσεις των νευρώνων:

- Δημιουργούν και αναπαράγουν δυναμικά σε αντίδραση ερεθισμάτων

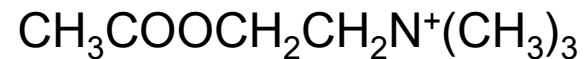
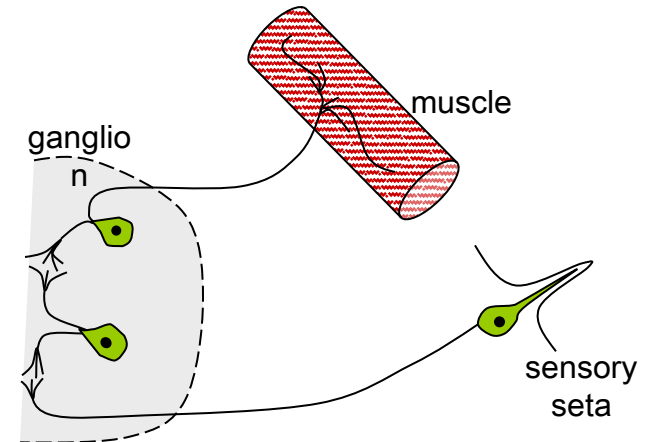


- Παράγουν, μεταφέρουν στην άκρη των αξόνων και εκκρίνουν νευρομεταφορείς



Κατάταξη νευρώνων

- Με βάση την κατεύθυνση του ερεθίσματος
 - Αισθητήριοι (afferent) – συνήθως διπολικοί
 - Κινητήριοι (efferent) – μονοπολικοί
 - Ενδιάμεσοι (associative) – διπολικοί
 - Μπορεί να είναι διατμηματικοί και διακλαδιζόμενοι
- Με βάση τη μετασυναπτική δράση
 - Διεγερτικοί
 - ‘γρήγοροι’ vs ‘αργοί’
 - Ανασταλτικοί
- Με βάση τους νευρομεταφορείς
 - Χολινεργικοί (Cholinergic (Ach))
 - Αμινεργικοί (5-HT, dopamine, noradrenaline)
 - Πεπτιδινεργικοί (διάφορα μικρά πεπτίδια)
 - Γλουταμινεργικοί (L-glutamate)



Οργάνωση νευρώνων

- Γάγγλια

- Μέσα στο σώμα των αρθροπόδων οι νευρώνες δεν απαντώνται μεμονωμένοι ή τυχαία διασκορπισμένοι αλλά σε αλυσίδες από νευρώνες που αποκαλούνται γάγγλια τα οποία είναι συγκεντρωμένα σε δύο κύρια συστήματα:

- Κεντρικό νευρικό σύστημα

- Σπλαχνικό ή συμπαθητικό (visceral) νευρικό σύστημα

- Οισοφαγικό, κοιλιακό, ουριαίο
- Ελέγχει τις κινήσεις του πεπτικού συστήματος και κυρίως των νευρικών εκκρίσεων (neurosecretion).

- Περιφερειακό νευρικό σύστημα

- γάγγλια από το κεντρικό που καταλήγουν στα αισθητήρια όργανα.

Γάγγλια

- Συναθροίσεις νευρώνων
 - Συνήθως σε κάθε τμήμα
 - Ημί – αυτόνομα
- Διάφορα επίπεδα:
 - Νευρική lamella – προστατευτικό κάλυμμα συνδετικού ιστού
 - Περινέυριο – διαχωρισμός αίματος/εγκεφάλου
 - Περικάρυο – κυτταρικό σώμα νευρώνων
 - Νευροπύλη – κεντρική περιοχή, περιοχή συναπτικών ενώσεων, κανάλια

Διαφορετικός βαθμός ένωσης των γαγγλίων στο κεντρικό νευρικό σύστημα

Κολεόπτερα

Κατσαρίδες

Δίπτερα

Scarabidae

εγκέφαλος



Υποοισοφαγικό γάγγλιο



Θωρακικά γάγγλια



Κοιλιακή νευρική αλυσος



Νευρώνες



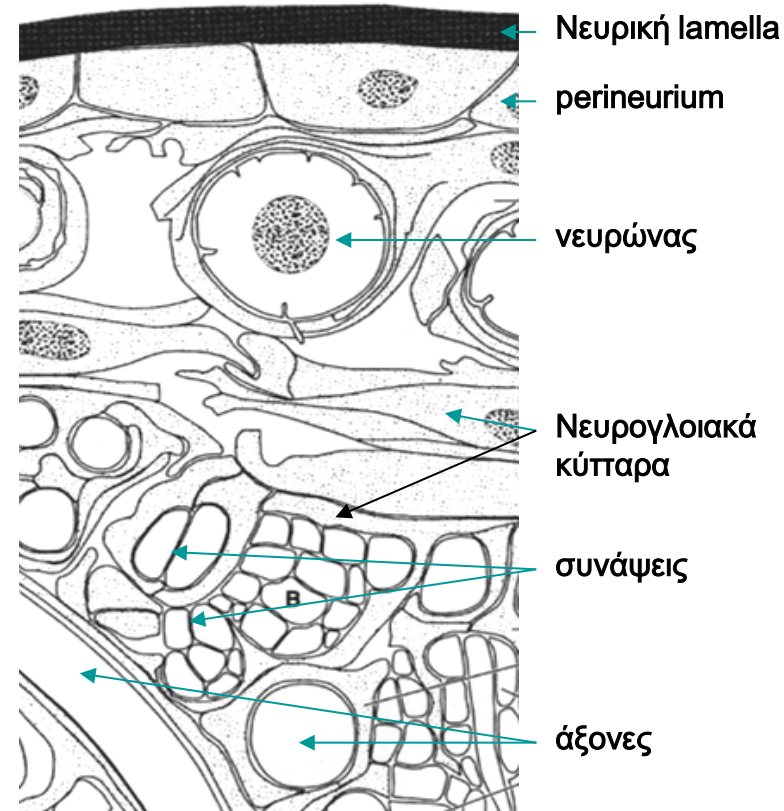
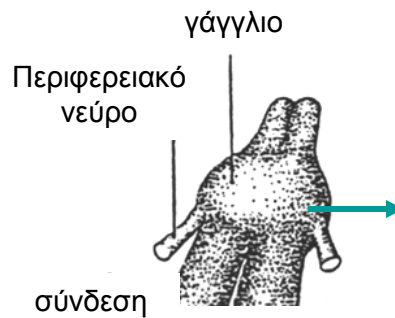
Κοιλιακά γάγγλια



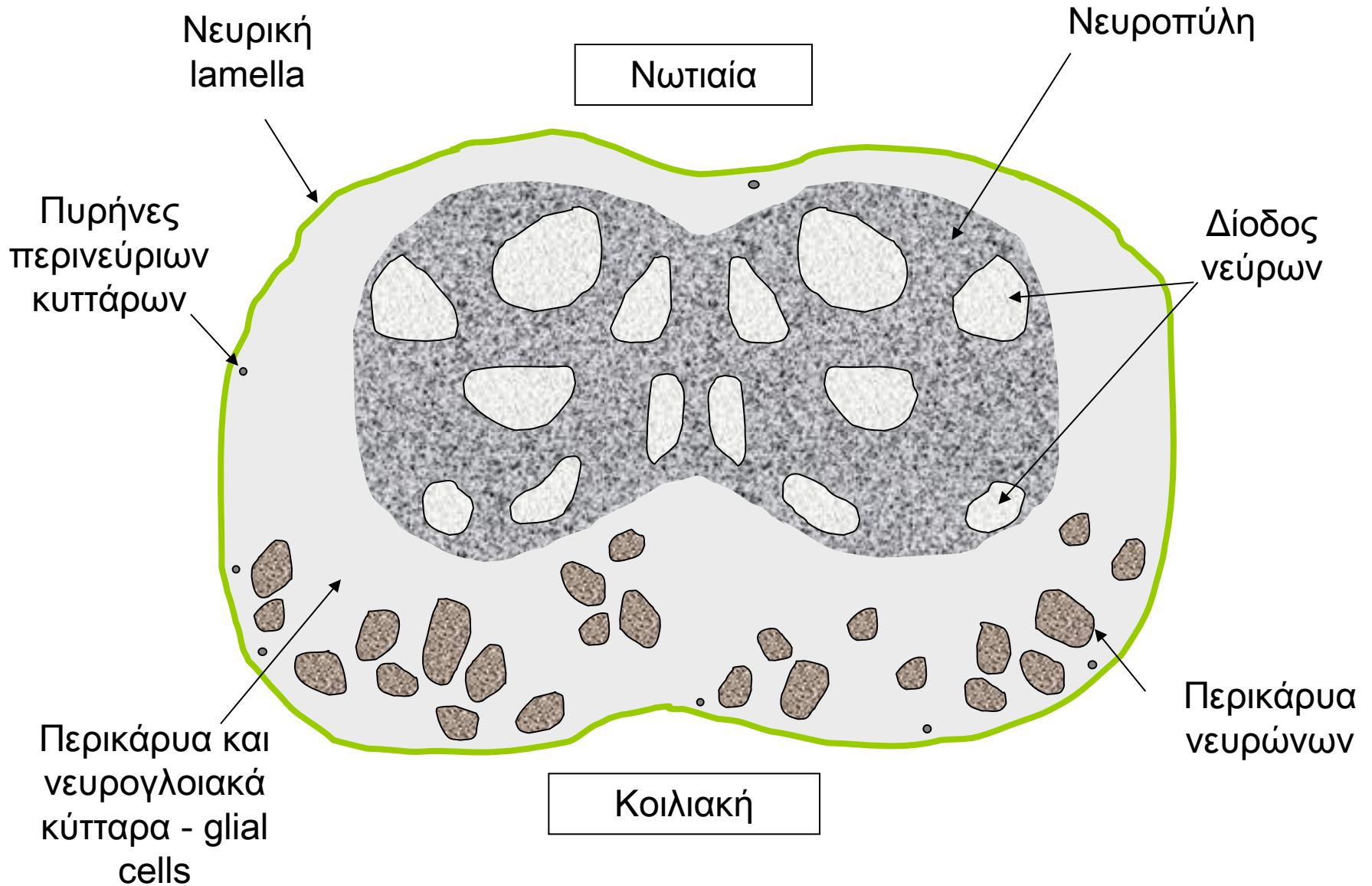
Συνενωμένα
θωρακικά και
κοιλιακά
γάγγλια

Νευρογλοιακά κύτταρα περικλείουν νευρώνες

- Προστατεύουν τον εγκέφαλο από άμεση επαφή με την αιμόλεμφο
- Συμβάλλουν στην ομοιόσταση των υγρών που περιβάλλουν τους νευρώνες
- Θρέψη νευρώνων
- Βοηθούν την επικοινωνία στις συνάψεις χωρίς προβλήματα και αξονική αγωγιμότητα

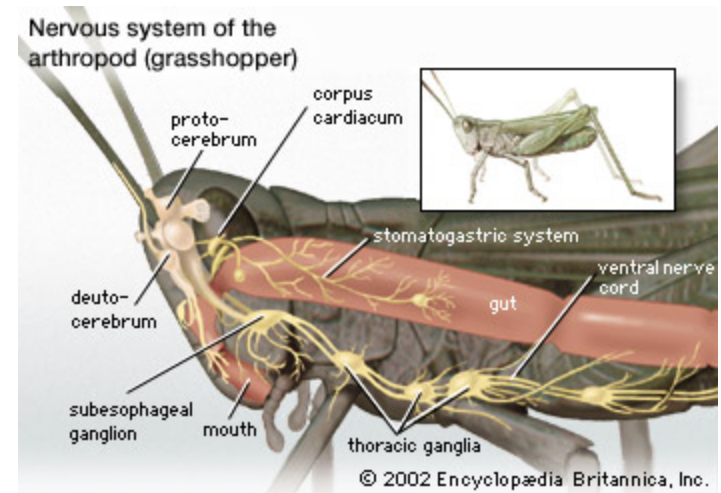


Σχηματική παράσταση εγκάρσιας τομής κοιλιακού γαγγλίου



Ενώσεις και ομάδες γαγγλίων

- **Κεντρικό νευρικό σύστημα (CNS)**
 - Διπλή αλυσίδα γαγγλίων ενωμένων κατά μήκος και παραπλεύρως
 - Σε ορισμένα έντομα (water strider, δίπτερα), τα κοιλιακά και τα θωρακικά γάγγλια μπορεί να έχουν ενωθεί σε ένα μεγάλο γάγγλιο
- **Σπλαχνικό (VNS)**
 - Στοματογαστρικό – νευρώνει το πρόσθιο και το μέσο έντερο
 - Ουριαίο σπλαχνικό – νεύρα από το τελευταίο γάγγλιο: νευρώνουν τα γενετικά όργανα και το οπίσθιο έντερο
- **Περιφερειακό (PNS)**
 - Όλα τα εναπομείναντα νεύρα ξεκινώντας από το CNS και το VNS
 - Τα νεύρα που ξεκινούν από το γάγγλιο ενός μεταμερούς νευρώνουν κατασκευές και ιστούς στο συγκεκριμένο μεταμερές

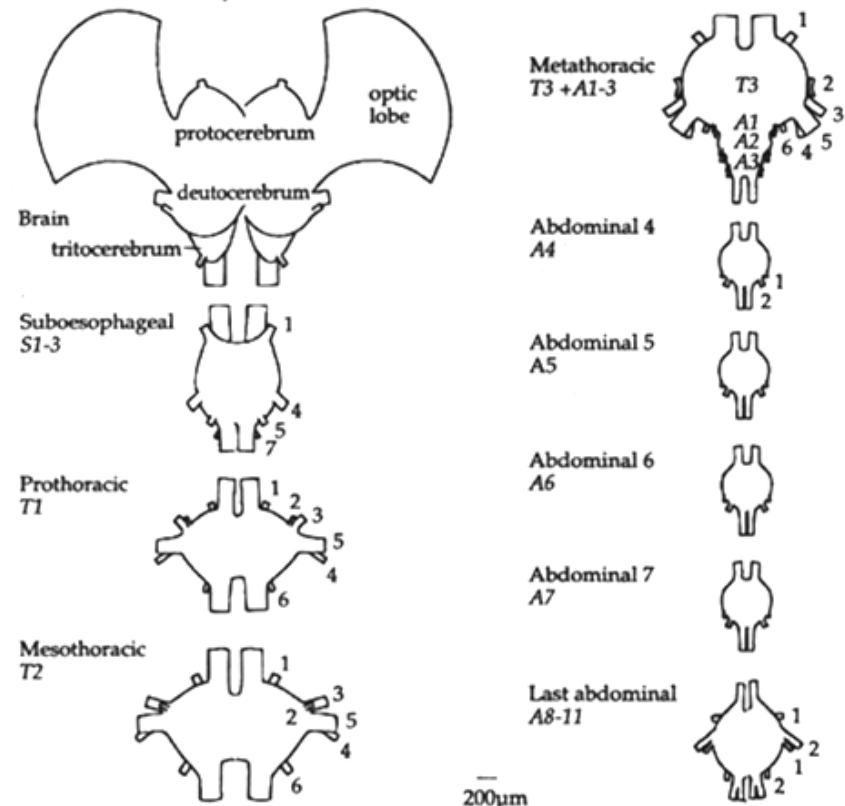
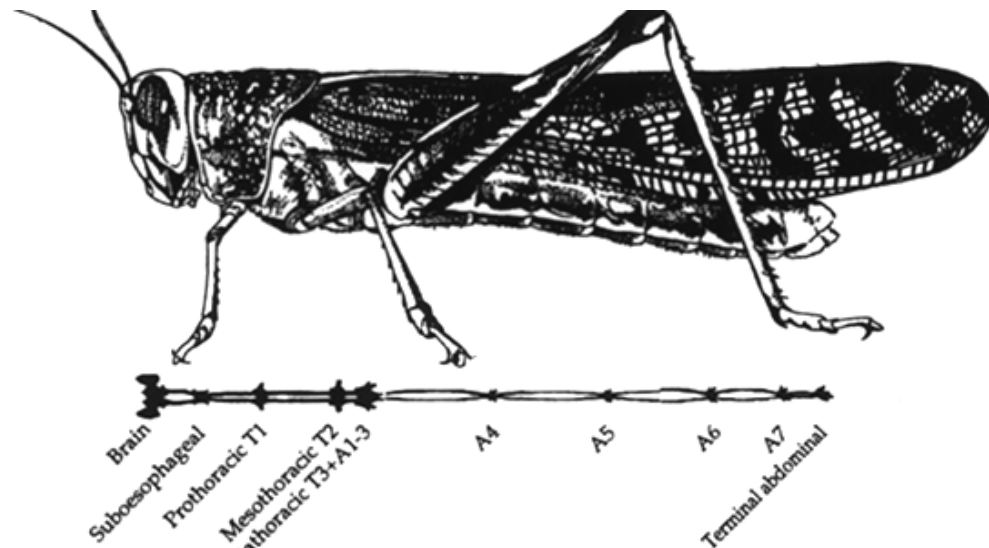


Οργάνωση κεντρικού νευρικού συστήματος

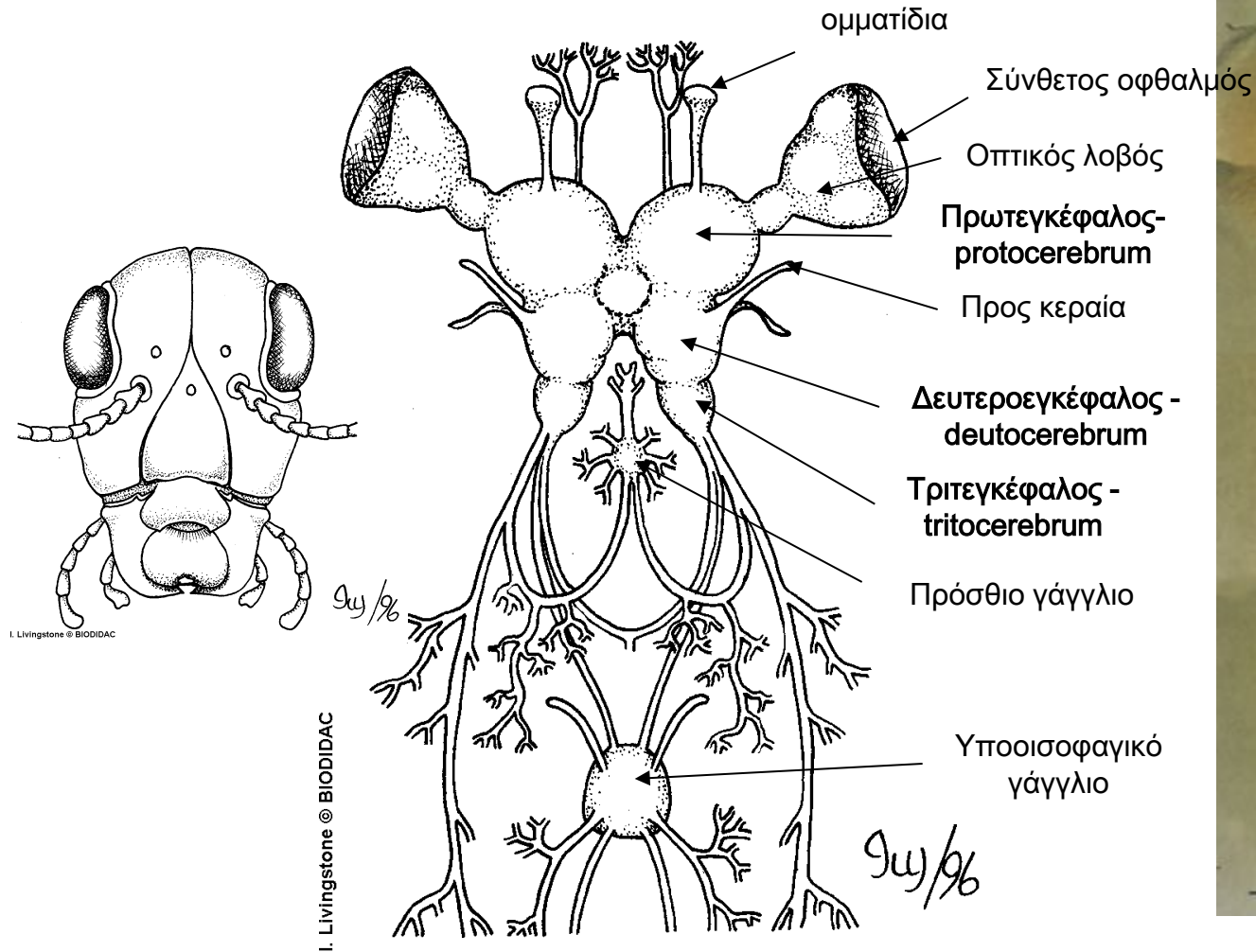
CNS:

- εγκέφαλος
- κοιλιακή νευρική αλυσος
- γάγγλια
- Διαγαγγλιακές ενώσεις

Εγκέφαλος και γάγγλια:
 Διαχειρίζονται τις πληροφορίες
 Νεύρα και συνδέσεις:
 Μεταδίδουν πληροφορίες



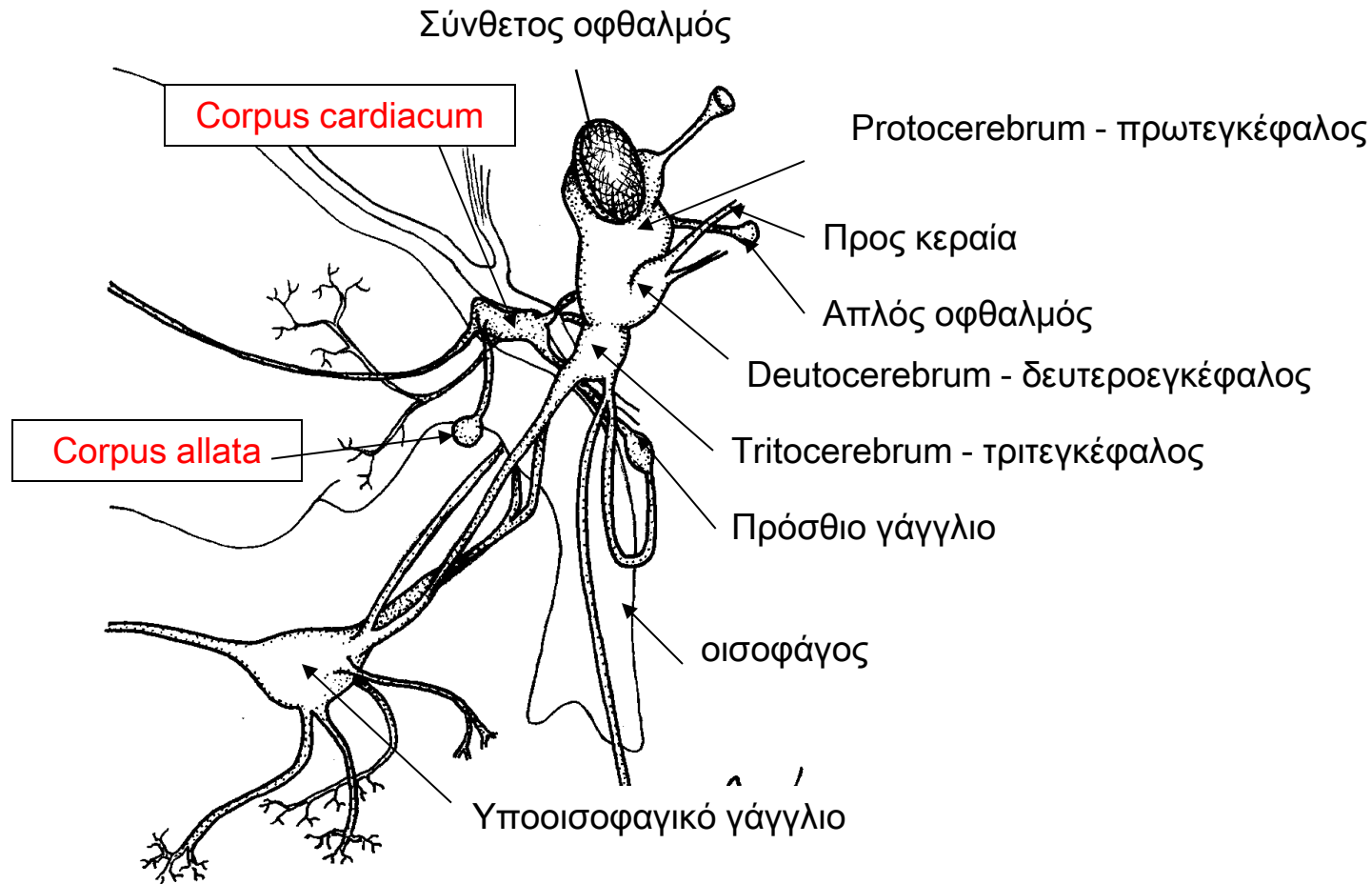
Εγκέφαλος



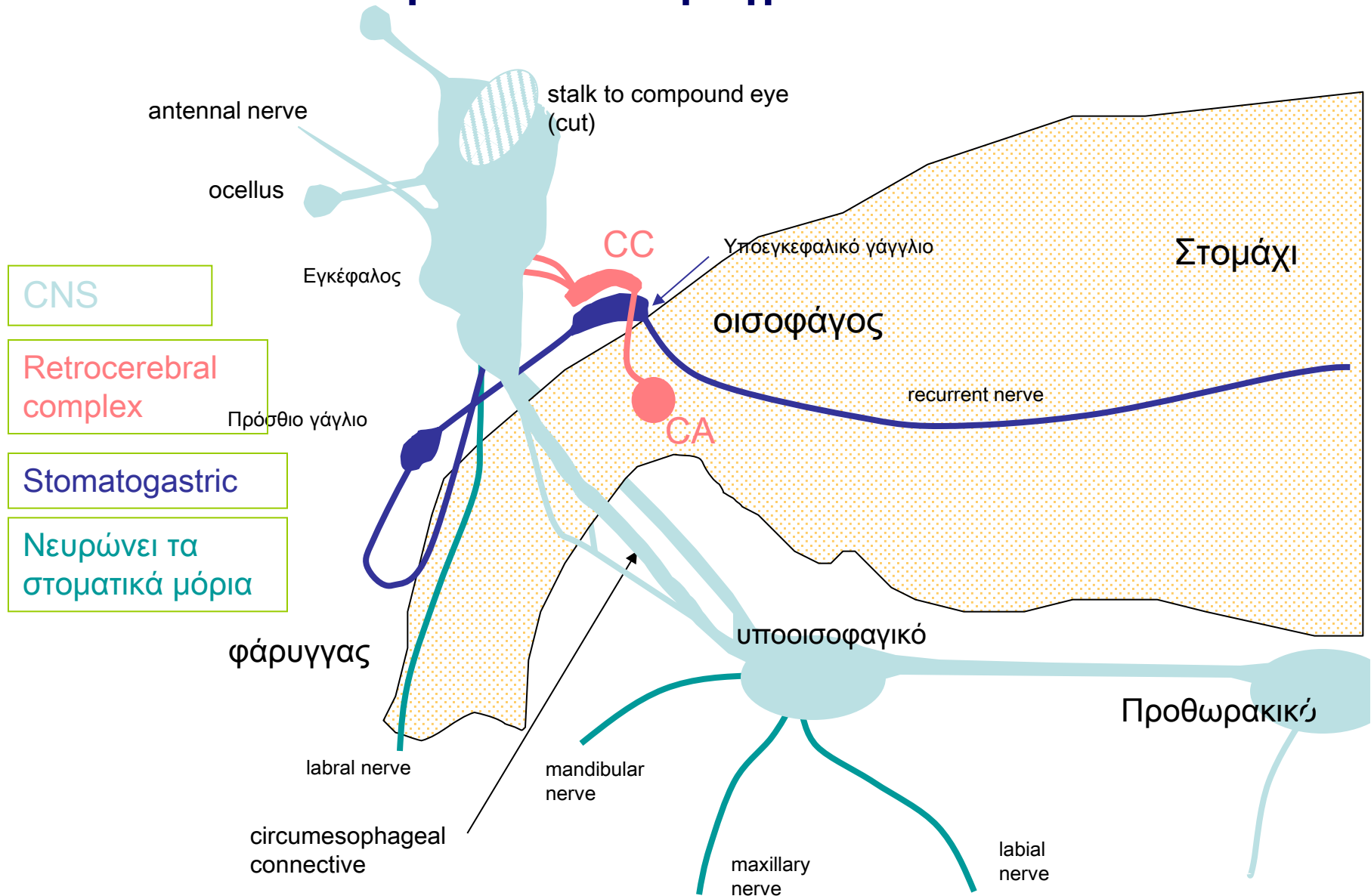
Στοματογαστρικό νευρικό σύστημα

- Πρόσθιο γάγγλιο και συνδέεται με τον εγκέφαλο και άλλα μικρότερα γάγγλια στην κεφαλή
- Νευρώνουν την πεπτική κοιλότητα και το νευροεκκριτικό σύστημα, **corpus cardiaca** και **corpus allata**

Στοματογαστρικό Νευρικό σύστημα



Το πρόσθιο τμήμα του CNS



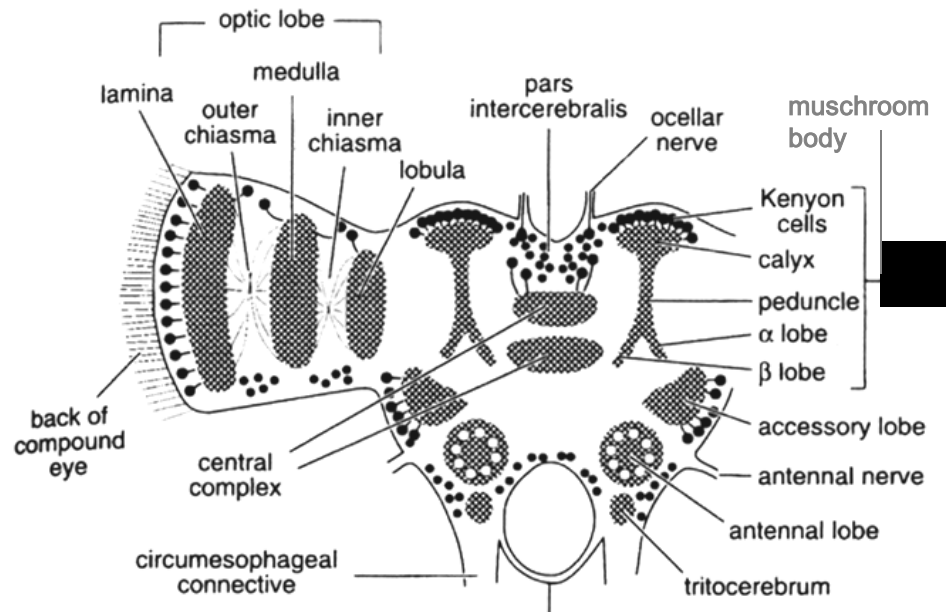
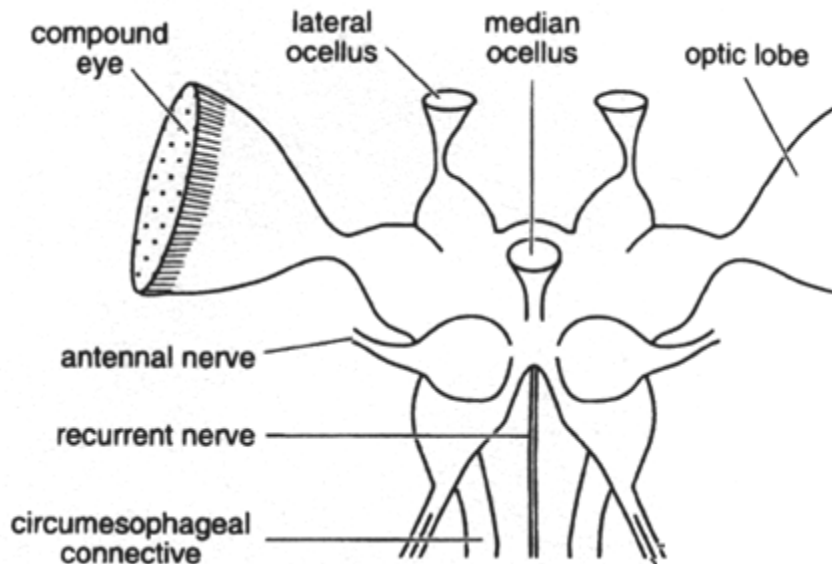
Εγκέφαλος το πιο περίπλοκο γάγγλιο

Protocerebrum

- Οπτικοί λοβοί: διαχειρίζονται οπτικές πληροφορίες
- Mushroom bodies: ρυθμίζουν περίπλοκες συμπεριφορές, εκμάθηση
- Central body: οπτική ανάλυση και ολοκλήρωση

Deutocerebrum: οσμηρά ερεθίσματα

Tritocerebrum: συνδέει το στοματογαστρικό σύστημα



Ο εγκέφαλος των εντόμων

- Αμφίπλευρη συμμετρία, νωτιαία σε σχέση με το έντερο
 - Circumesophageal ενώσεις του VNC

Υπάρχουν τρία ενωμένα γάγγλια:

1. Tritocerebrum

- Νεύρα στο υποοισοφαγικό γάγγλιο (SOG), Στοματογαστρικό νευρικό σύστημα, και labrum

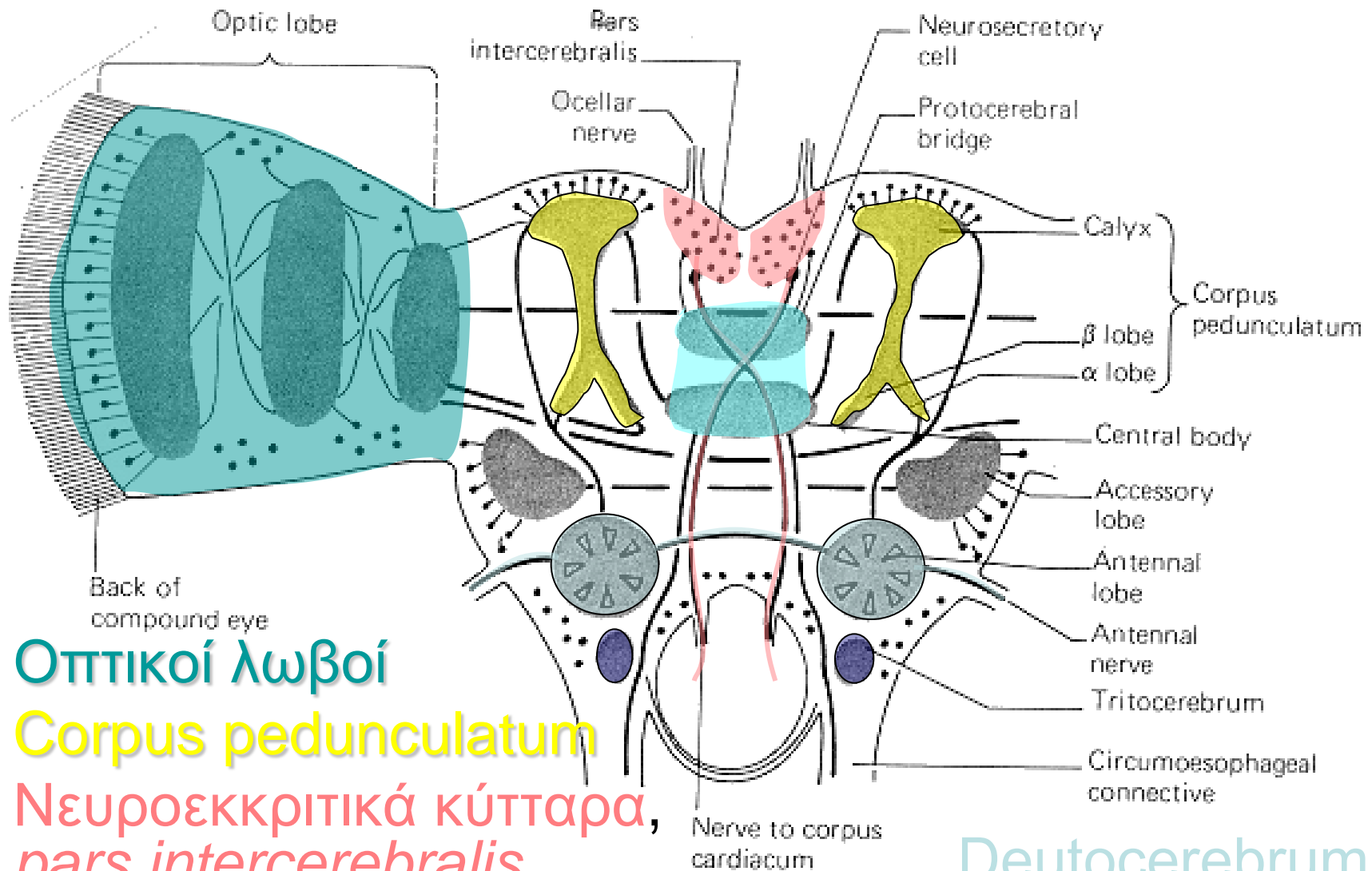
2. Deuterocephalum

- Δέχεται νεύρα από τις κεραίες

3. Protocerebrum

- Μεγαλύτερα γάγγλια $\geq 100,000$ νευρώνες
- Ιδιαίτερα περίπλοκο όργανο

Ο εγκέφαλος των εντόμων



- **Οπτικοί λωβοί**
- **Corpus pedunculatum**
- **Νευροεκκριτικά κύτταρα, *pars intercerebralis***
- **Κεντρική μάζα**

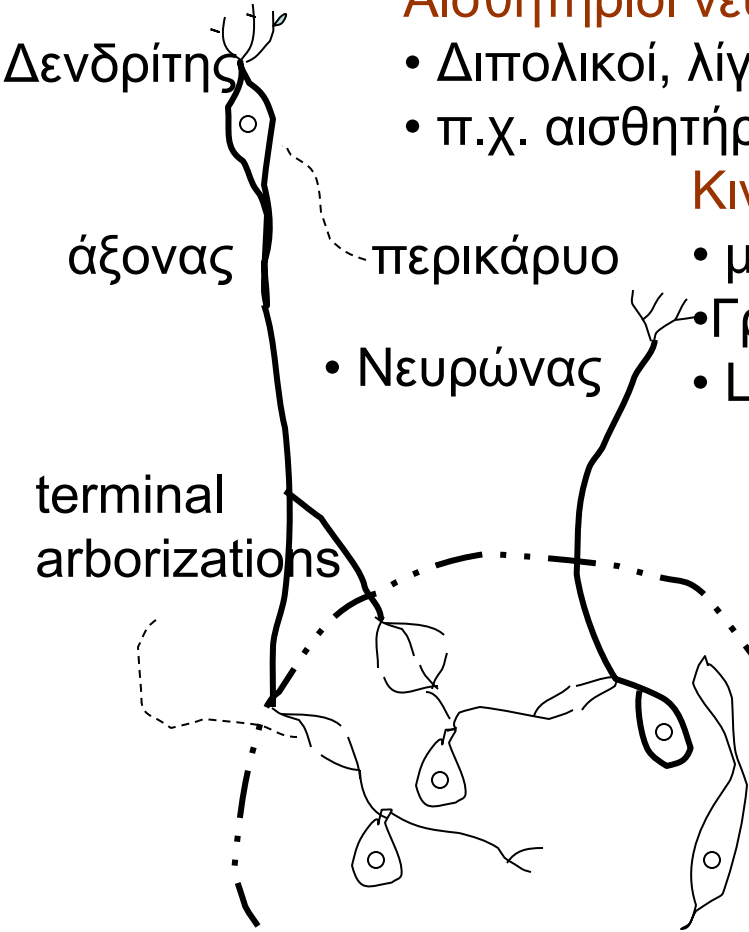
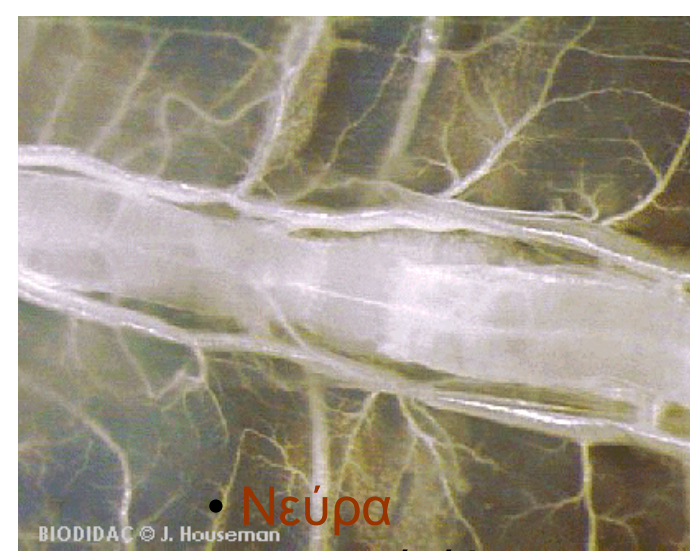
Deutocerebrum
Tritocerebrum

Deuterocephalum - δευτεροεγκέφαλος

- Antennal lobe
 - Chemosensory
 - Τροφή και άλλες ουσίες
 - Σεξουαλικές φερομόνες, μακρομοριακά σύμπλοκα
- Antennal mechanosensory and motor center
- Glomeruli
 - Κυτταλλοειδείς κατασκευές από τελικά τμήματα αξόνων
 - Ο αριθμός τους ποικίλει
 - Μπορεί να είναι εξειδικευμένα ως προς την οσμή που αναγνωρίζουν
 - Ομάδες ενδιάμεσων νευρώνων
 - Τοπικοί
 - Projection – κατευθύνονται στα mushroom bodies και στα πλευρικά σημεία του προτεγκεφάλου
 - Centrifugal, κυτταρικό σώμα και δενδρίτες βρίσκονται έξω από το glomeruli

Tritocerebrum - τριτεγκέφαλος

- Στέλνει νεύρα στο φάρυγγα και στο άνω χείλος και νευρώνει το στοματογαστρικό σύστημα
- Συνδέεται με το πρόσθιο γάγγλιο, το οποίο συνδέεται με το υπο-εγκεφαλικό γάγγλιο που στη συνέχεια νευρώνει τα corpora allata και corpora cardiaca
- Συνδέεται με το υποοισοφαγικό γάγγλιο (ένωση τριών γαγγλίων)



Αισθητήριοι νευρώνες (afferent)

- Διπολικοί, λίγοι μονοπολικοί
- π.χ. αισθητήρια τάσης

Κινητήριοι νευρώνες (efferent)

- μονοπολικοί
- Γρήγοροι, αργοί
- L-glutamine

Συνάψεις

- ACH
- acetylcholinesterase
- εντομοκτόνα

Ενδιάμεσοι νευρώνες

- Συνάπτουν όλους του τύπους νευρώνων
- Internuncial axons, giant axons

• Νεύρα

- νευρική αλυσσος
- γάγγλια
- νευρική μεμβράνη lammella
- μη-κυτταρική
- περινεύριο
- νευρογλοιακά κύτταρα
- επιπλέον κυτταρικός χώρος
- νευροπύλη
- διεργασίες αξόνων και νευρογλοιακών κυττάρων

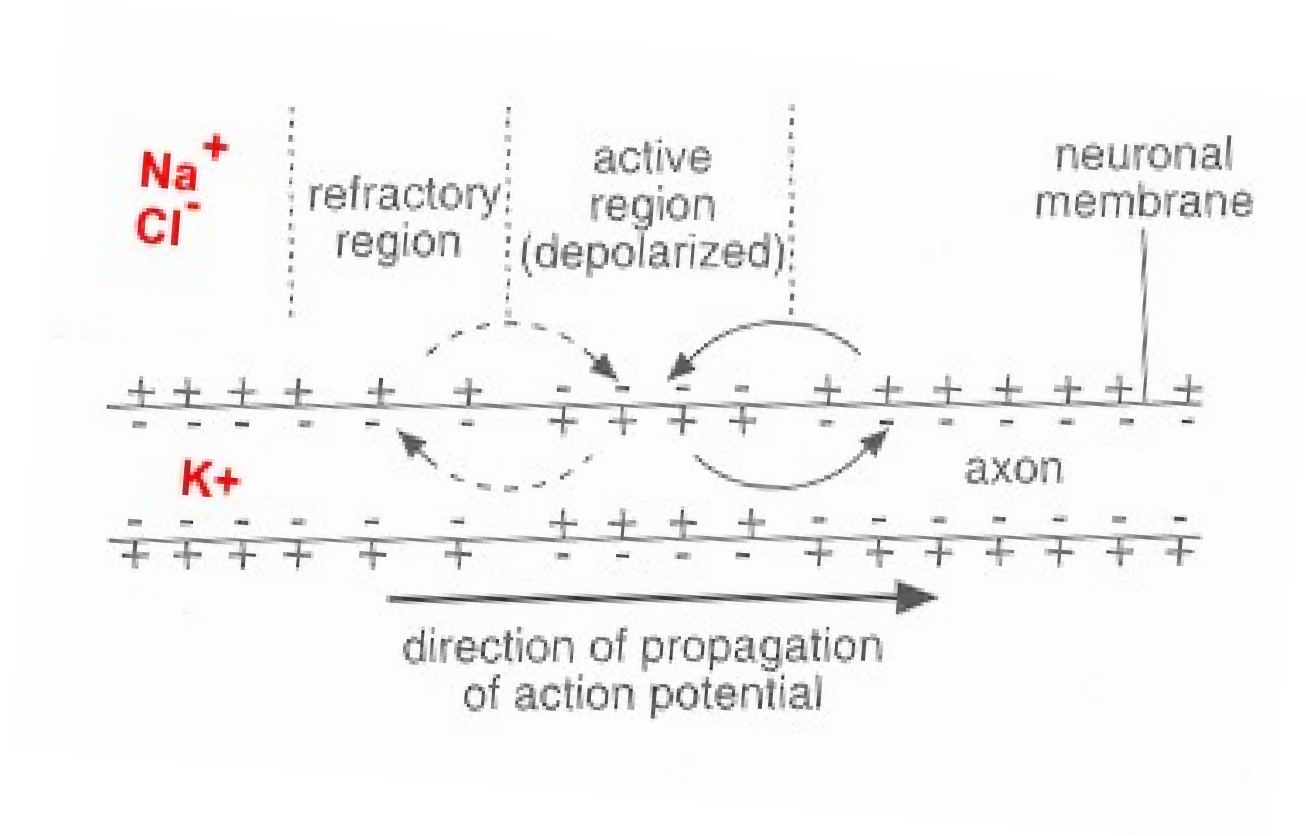
Μετασυναπτικά

- διέγερση
- καταστολή

Φυσιολογία Νευρικού Συστήματος

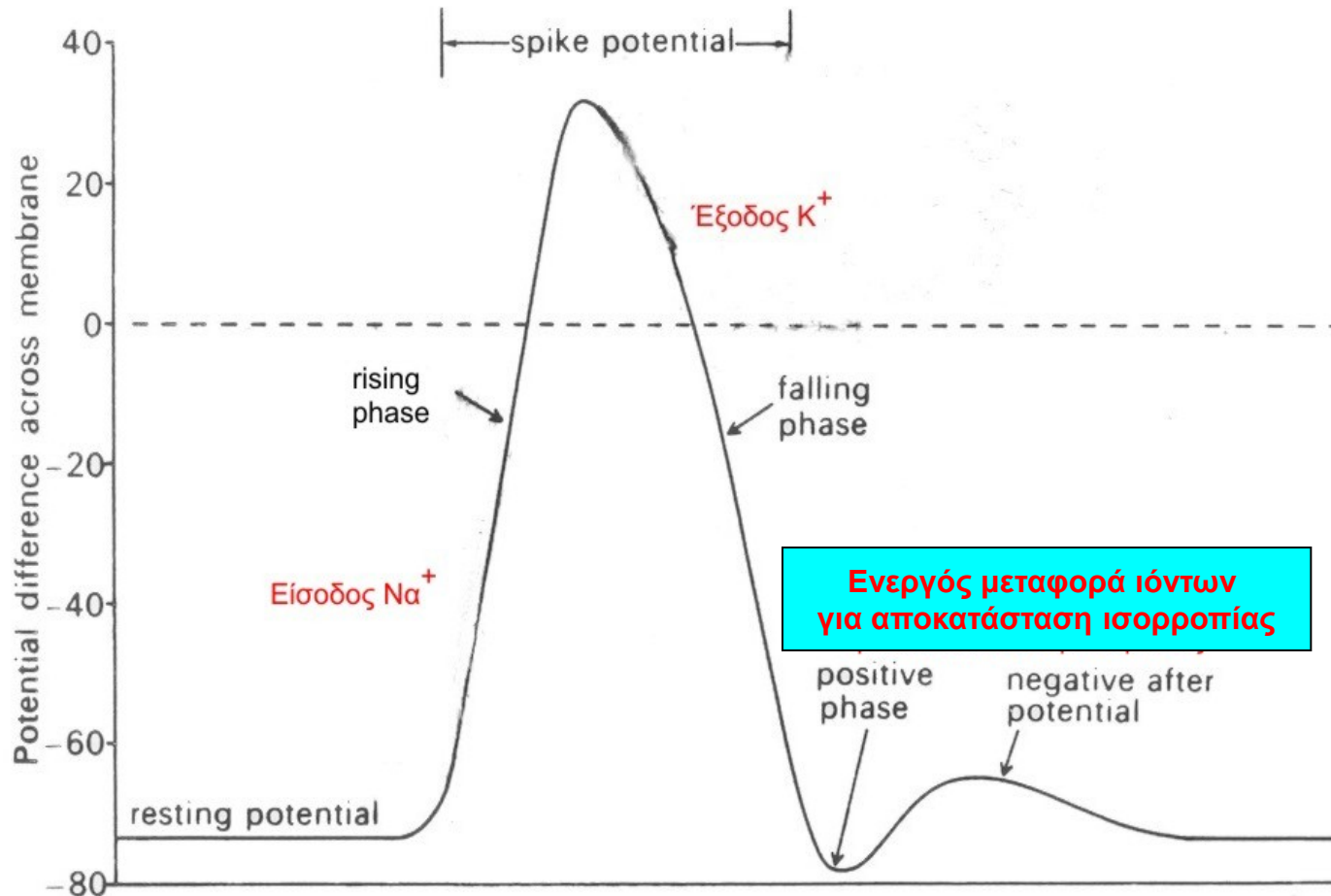
- Αισθητήριο όργανο
 - Ερέθισμα → αλλαγή περατότητας μεμβράνης δενδρίτη → αποπόλωση (δυναμικό δέκτη) → δυναμικό έναρξης (μάλλον στο περικάρυο) → μετάδοση νευρικού παλμού.
 - Ενδογενής δραστηριότητα
- Ενέργεια ερεθίσματος μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια → ηλεκτρικοί παλμοί ταξιδεύουν μέσω CNS → συνδετικοί νευρώνες → κινητήριοι νευρώνες → όργανο

Μετάδοση ηλεκτρικού παλμού

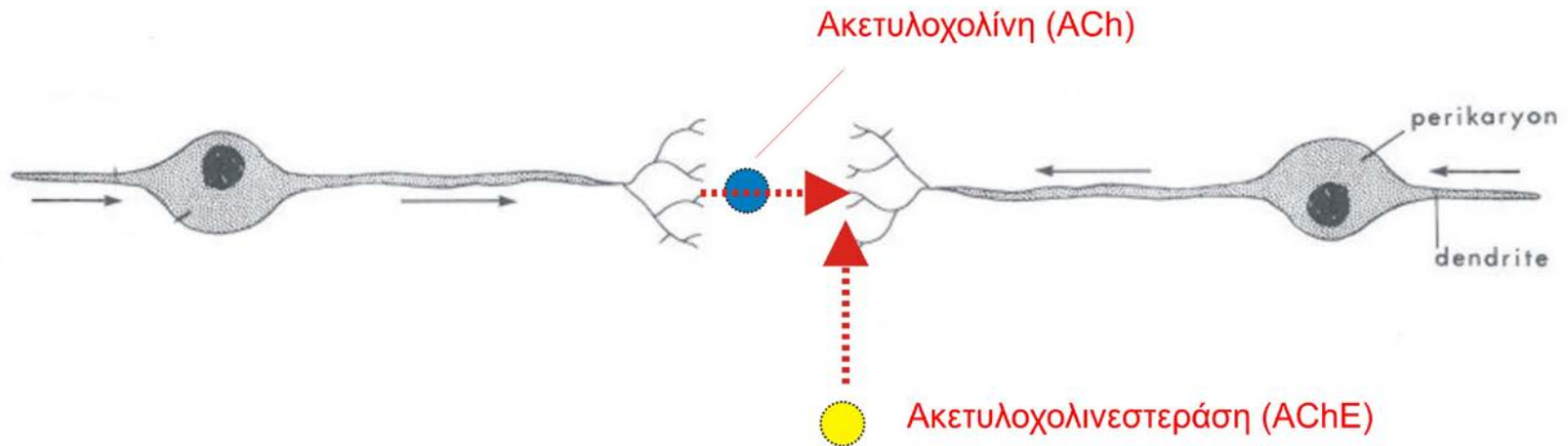


- Δίοδος (αντλία, κανάλι) Νατρίου (Sodium channel)
- Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (ομάδα του DDT), Πυρεθρίνες

Αλλαγή διαφοράς δυναμικού κατά μήκος της μεμβράνης



Μετάδοση νευρικού παλμού στη σύναψη

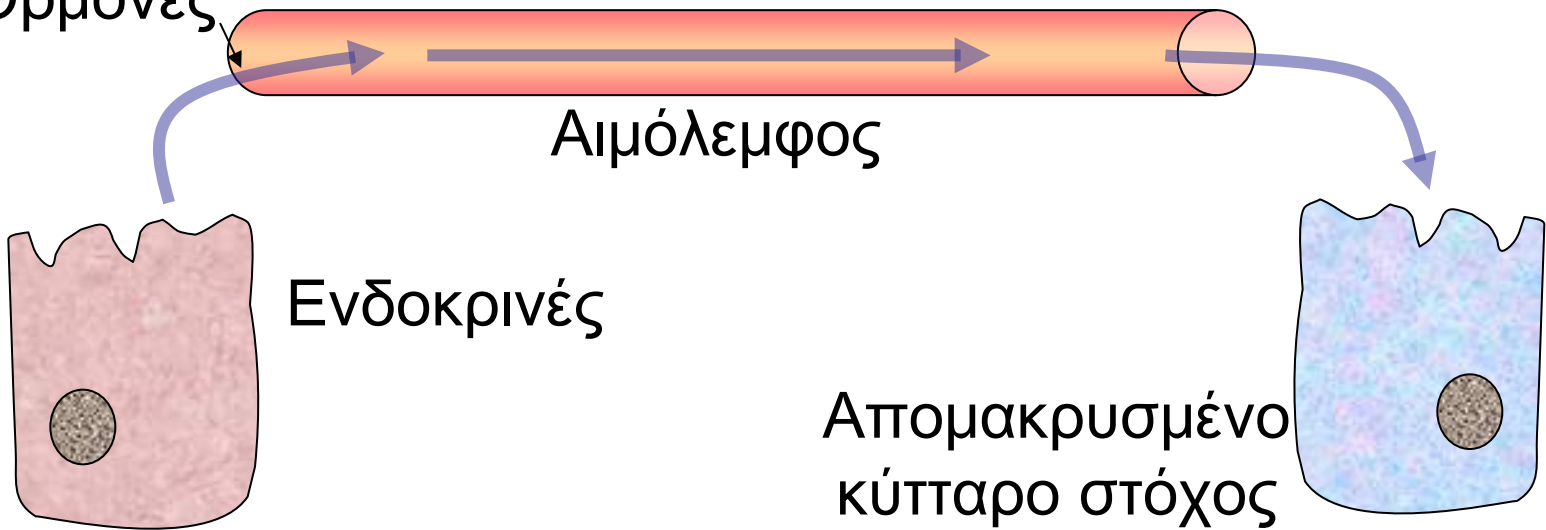


- AChE υδρολύει την Ακετυλοχολίνη μετά τη μετάδοση του σήματος στη μετασυναπτική μεμβράνη
- OP (οργανοφωσφορικά), Ca (καρβαμιδικά) δεσμεύουν την AChE → υπερδιέγερση
- Ανθεκτικά έντομα → τροποποιημένη AChE
- Νευρομυϊκή σύναψη: **glutamate**

Ενδοκρινές σύστημα I

- Εκκρίσεις στην αιμόλεμφο

Ορμόνες



– Ανοιχτό κυκλοφορικό σύστημα

- Κύτταρα στόχοι έχουν ειδικούς υποδοχείς ορμόνης
- Σε κάποια συστήματα, τα κύτταρα στόχοι βρίσκονται κοντά σε εκκριτικά κύτταρα

Ενδοκρινές σύστημα II

- Τύποι κυττάρων και θέσεις
 - Νευροεκκριτικά κύτταρα: pars intercerebralis, CC, SOG & άλλα κοιλιακά γάγγλια
 - Ενδοκρινή κύτταρα: CC, CA, PG, ωοθήκες, μέσο έντερο
- Τύποι ορμονών
 - Πεπτιδικές: proctolin, PTTH, EH, bursicon
 - Στεροειδείς: ecdysteroids
 - Νεανικές ορμόνες
- Λειτουργίες
 - Ομοιόσταση - Homeostasis:
 - Ισορροπία νερού, διουρητικές και αντιουρητικές ορμόνες
 - Μεταβολισμός λιπιδίων, adipokinetic ορμόνη
 - Ανάπτυξη
 - Συμπεριφορά
 - Για παράδειγμα: εύρεση ξενιστή

Νευροεκκριτικά κύτταρα

- Η δεύτερη ομάδα νευροεκκριτικών κυττάρων έχει διάφορη θέση στον εγκέφαλο (mNSC, INSC).
- Μερικές φορές είναι στα *corpora pedunculata* και μερικές φορές μεταξύ αυτών και των οπτικών λοβών.
- Οι άξονες αυτών πηγαίνουν στα καρδιακά σώματα και τα *corpora allata*, μπορεί να συνδέονται και με τα κύτταρα *pars intercerebralis*

Νευροεκκριτικά κύτταρα

- Μερικά κύτταρα υπάρχουν σε άλλα γάγγλια της κοιλιακής νευρικής αλύσου (υποοισοφαγικό, κοιλιακά).
- Τα προϊόντα απελευθερώνονται σε διάφορα όργανα (CC, άξονες σχηματίζουν πλευρικά διάφορα περισπλαχνικά όργανα).

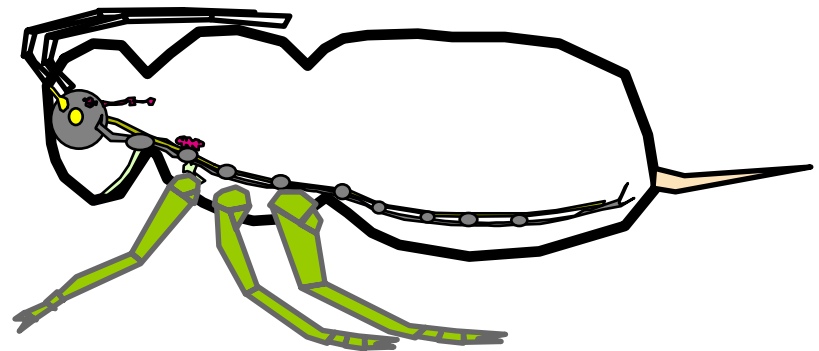
Ορμόνες που παράγονται από τα mNSC

- Προθωρακοτρόπος (prothoracicotropic) ορμόνη
 - Ενεργοποιεί προθωρακικούς αδένες
- Αλλατοτρόπος (allatotropic) ορμόνη
 - Ρυθμίζει δραστηριότητα *corpora allata*
- Μπουρσικόνη (bursicone)
 - Περαιτότητα μεμβράνης αιμοκυττάρων και επιδερμικών κυττάρων για να περάσουν η τυροσίνη και η dopamine.
 - Ενεργοποιεί τυροσινάση.
- Διουρητική ορμόνη
- Ορμόνες που εμπλέκονται στην **ωοπαραγωγή, εναπόθεση ωών (μυοτροπική ορμόνη), δεκτικότητα στη σύζευξη**
- Νευροεκκρίσεις που εμπλέκονται στην **πρωτεϊνοσύνθεση**

Εντομο – Quiz!

Το κεντρικό νευρικό σύστημα των εντόμων αποτελείται από τον εγκέφαλο και την κοιλιακή νευρική αλυσίδα όπου βρίσκονται πλήθος γαγγλίων.

- Σωστό
- Λάθος

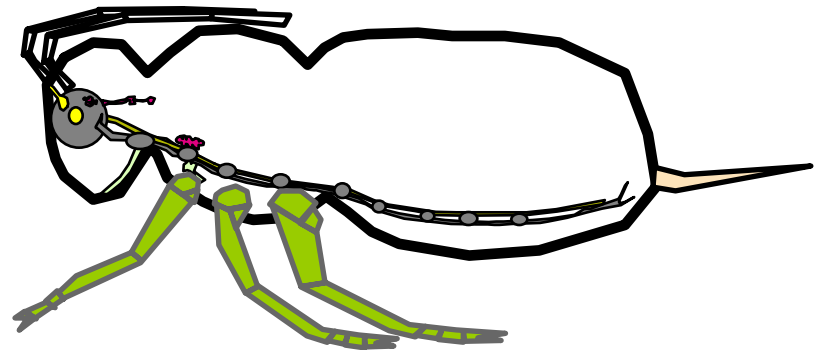


Εντομο – Quiz!

Το νευρικό σύστημα των εντόμων λειτουργεί ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα συστήματα.

- Σωστό
- Λάθος

Το νευρικό σύστημα των εντόμων εξαρτάται άμεσα από το νευροεκκριτικό σύστημα και αλληλεπιδρά σχεδόν με όλα τα υπόλοιπα οργανικά συστήματα (μυϊκό, αναπαραγωγικό κ.λπ.)



Ερωτήσεις

1. Από ποια μέρη αποτελείται το νευρικό σύστημα των εντόμων;
2. Πως συνδέονται οι έννοιες γάγλια, συνάψεις και νευροπύλη.
3. Τι είναι τα γάγλια και τι τα νεύρα;
4. Από ποιά μέρη αποτελείται ο εγκέφαλος και ποια η λειτουργία τους
5. Ποιά είναι τα είδη των νευρικών κυττάρων και πως χαρακτηρίζονται με βάση τη λειτουργία τους;
6. Τι γνωρίζετε για το ενδοκρινές σύστημα και πως συνδέεται με το νευρικό
7. Πως γίνεται η μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων.
8. Τι γνωρίζετε για το κεντρικό και το σπλαχνικό νευρικό σύστημα
9. Ποιες είναι οι σημαντικότερες ορμόνες και ποιά η λειτουργία τους

Ερωτήσεις

- Ποιά είναι τα βασικά τμήματα του νευρικού συστήματος των εντόμων
- Ποιά η σχέση του νευρικού και του ενδοκρινούς συστήματος στα έντομα και ποιές λειτουργίες ελέγχουν
- Περιγράψτε το νευρικό κύτταρο, το γάγγλιο, τη σύναψη και τα νεύρα.
- Ποιά είναι τα σημαντικότερα τμήματα του εγκεφάλου και ποιές οι βασικές τους λειτουργίες
- Πώς γίνεται η μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων
- Ποιές είναι οι κατηγορίες των νευρικών κυττάρων, αναλύστε συνοπτικά
- Ποιά είναι τα σημαντικότερα νευροεκκριτικά κέντρα στα έντομα.
- Ποιά είναι τα νευρικά συστήματα των εντόμων και ποιές οι σημαντικότερες λειτουργίες τους.