

# 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)

# Πρόγραμμα μαθημάτων θεωρίας Γενικής Εντομολογίας

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

---

18/02/15	Εισαγωγή στη Εντομολογία και τη σημασία των εντόμων
25/02/15	Εξωσκελετός, δερμάτιο και έκδυση
04/03/15	Πεπτικό σύστημα
11/03/15	Ανατομία, κυκλοφορικό και αναπνευστικό σύστημα
18/03/15	Νευρικό και ενδοκρινές σύστημα
26/03/15	Μυϊκό σύστημα
01/04/15	Αισθητήρια όργανα
22/04/15	Αναπαραγωγικό σύστημα και αναπαραγωγή
29/04/15	Ανάπτυξη εντόμων και βιολογικοί κύκλοι
06/05/15	Συστηματική και ταξινόμηση εντόμων I
13/05/15	Αμετάβολα και Ημιμετάβολα Έντομα
20/05/15	Ολομετάβολα έντομα
27/05/15	Σχέσεις εντόμων και φυτών ξενιστών
03/06/15	Οικολογία εντόμων
	Εισαγωγή στις στρατηγικές και μεθόδους αντιμετώπισης εντόμων
?	Επαναληπτικό

---

# Προηγούμενη ενότητα

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

# Σύνοψη της σημερινής διάλεξης

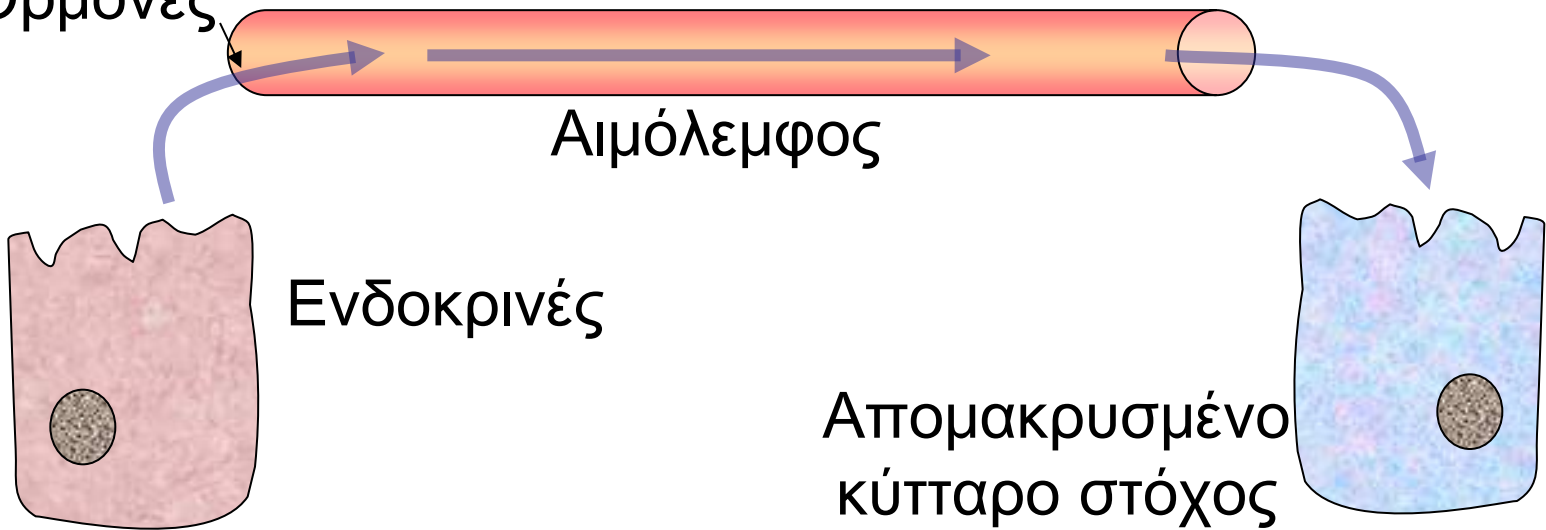
- Νευροεκκριντικό (ενδοκρινικό) σύστημα
  - Έκδυση
  - Μεταμόρφωση
  
- Μυϊκό σύστημα
  - Μυϊκές ίνες
    - Πρωτεΐνες μυών
  - Κατηγορίες μυών
  - Δομή
  - Φυσιολογία

# Ενδοκρινικό ή ενδοκρινές σύστημα

# Ενδοκρινές σύστημα

- Εκκρίσεις στην αιμόλεμφο

Ορμόνες



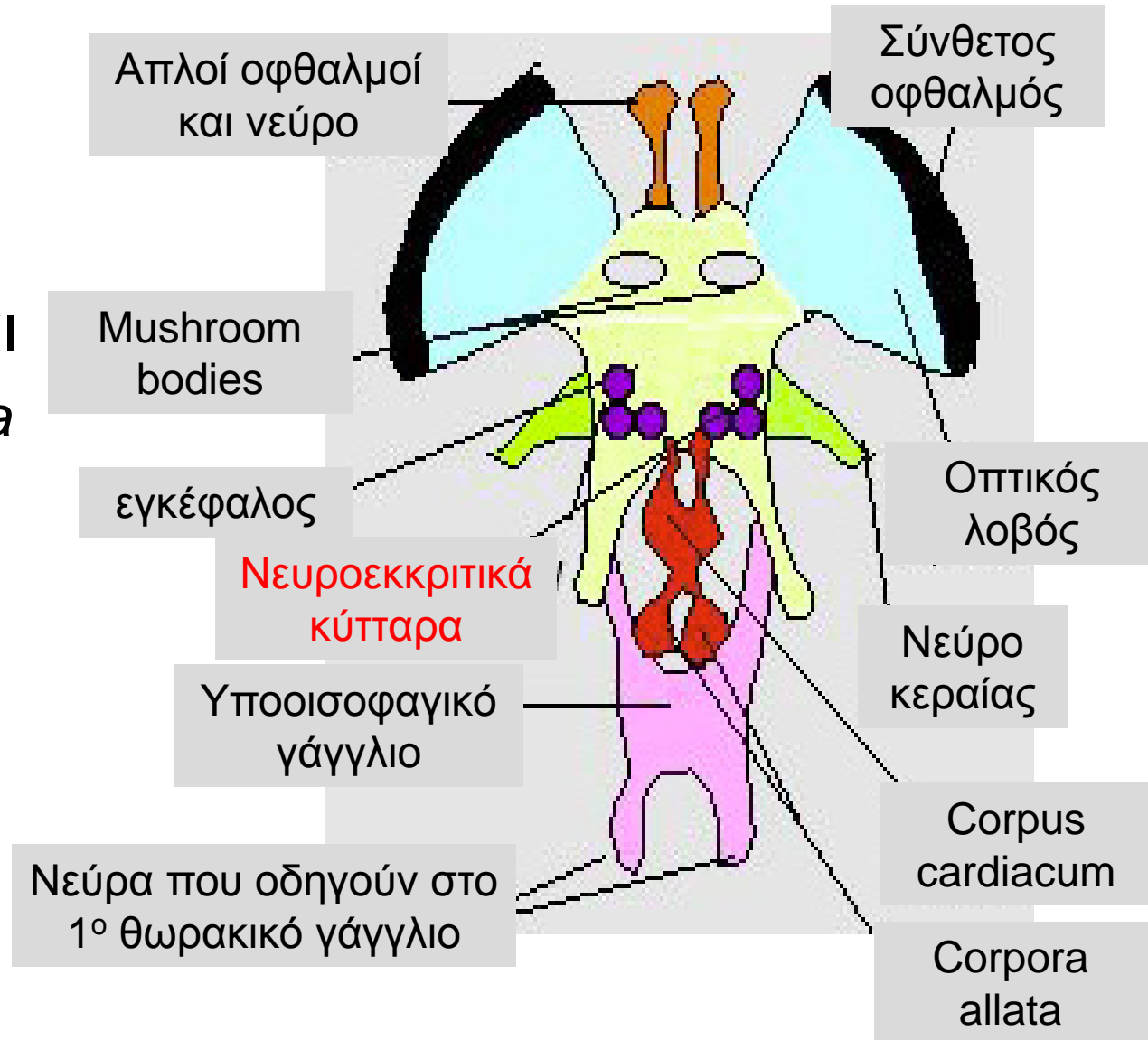
- Ανοιχτό κυκλοφορικό σύστημα
- Κύτταρα στόχοι έχουν ειδικούς υποδοχείς ορμόνης
- Σε κάποια συστήματα, τα κύτταρα στόχοι βρίσκονται κοντά σε εκκριτικά κύτταρα

# Ενδοκρινικό σύστημα

- Νευροεκκριτικά κύτταρα (Neurosecretory cells)
  - Εγκέφαλος
  - Άλλα γάγγλια
- Ενδοκρινείς αδένες (endocrine glands)

# Νευροεκκριτικά κύτταρα εγκεφάλου

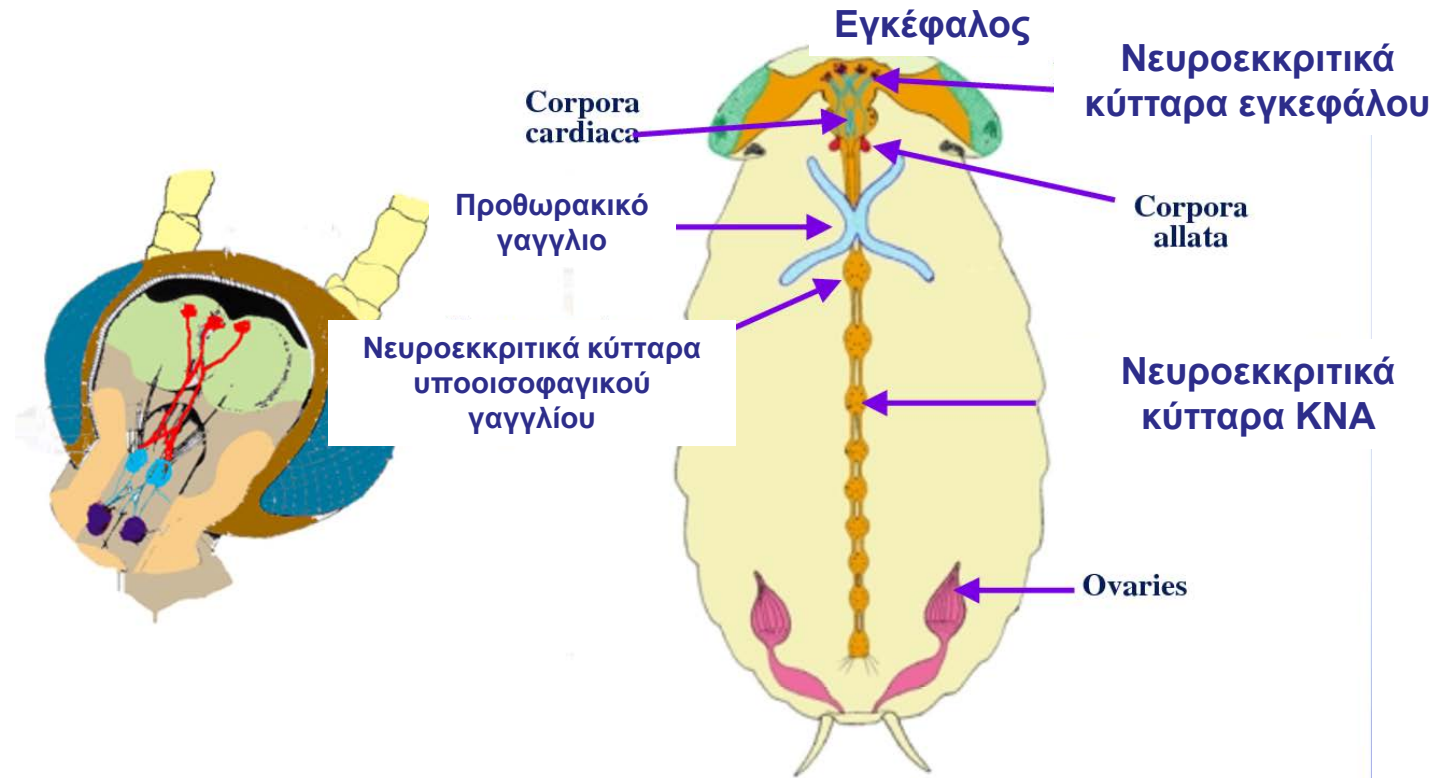
- Παράγουν κοκκώδες υλικό που μεταφέρεται
  - *Corpora ardiaca*
  - *Corpora allata*
  - Απευθείας στο όργανο δράσης
  - Αιμολέμφο





# Νευροεκκριτικά κύτταρα άλλων γαγγλίων

- Βρίσκονται στα κοιλιακά γάγγλια της κοιλιακής νευρικής αλύσου.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις έχει αποδειχθεί νευροεκκριτική λειτουργία.



# Κύριοι ενδοκρινείς (ενδοκρινικοί) αδένες

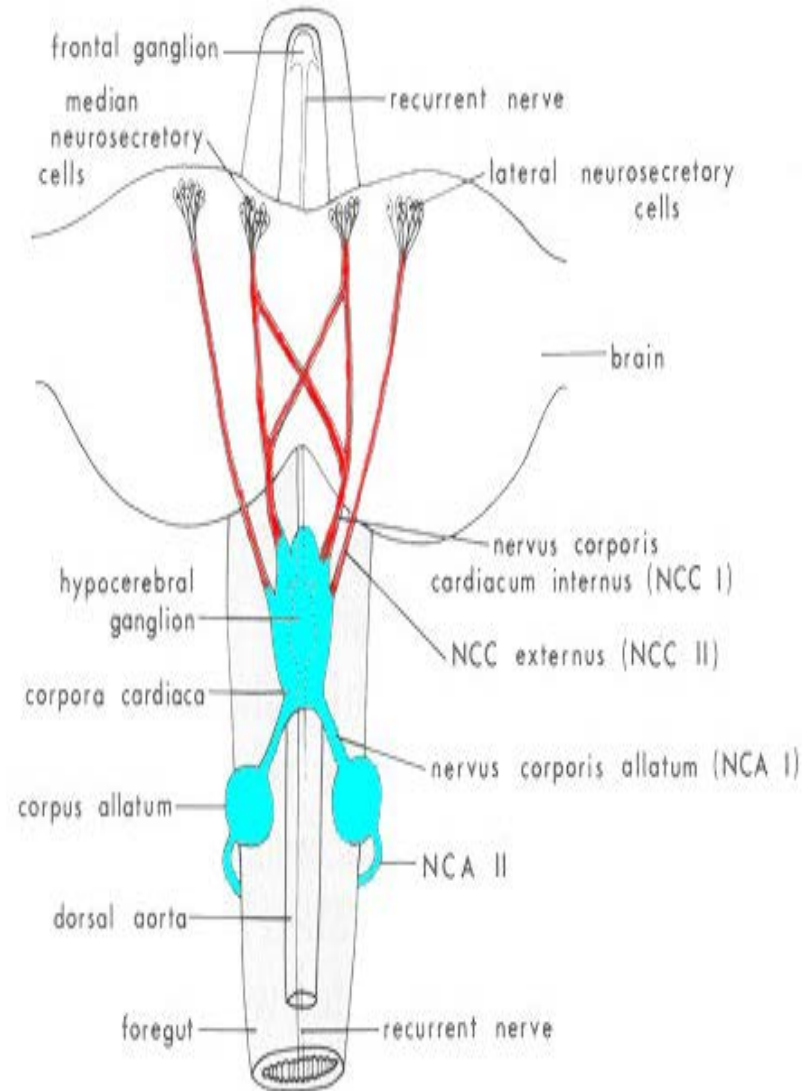
- Νευροεκκριτικά κύτταρα εγκεφάλου
- *Corpora cardiaca* (CC)
- *Corpora allata* (CA)
- Προθωρακικοί αδένες

# Ενδοκρινείς αδένες...

- Αδένες που παράγουν εκδυστεροειδή
- Δακτυλιοειδής αδένας
- Ενδοκρινικά κύτταρα του μεσεντέρου
- Επιτραχειακοί αδένες
- Νευροεκκριτικά κύτταρα – γαγγλίων και άλλων νευρικών κέντρων

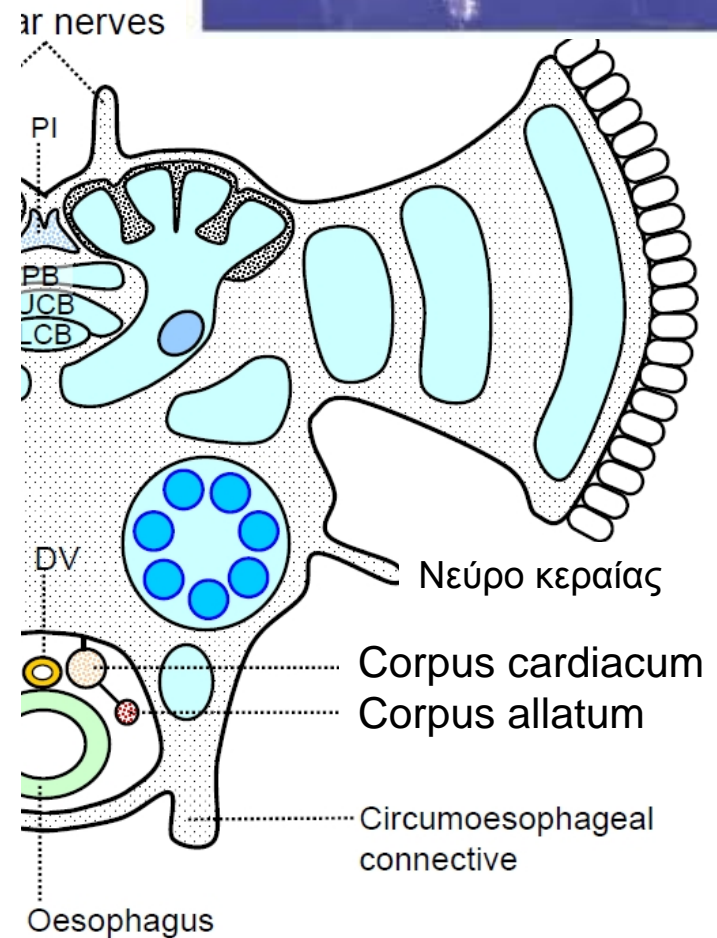
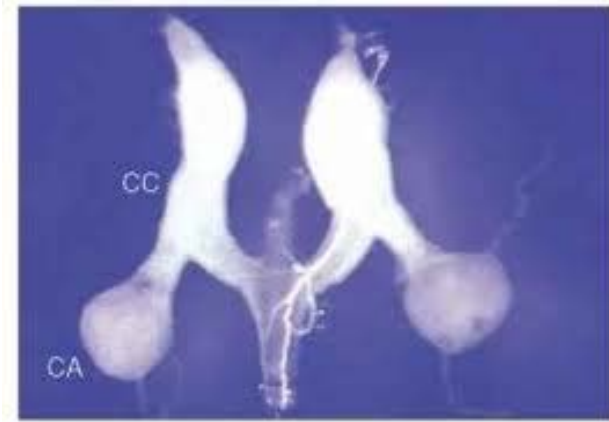
# Νευροεκκριτικά κύτταρα εγκεφάλου

- Παράγουν κοκκώδες υλικό που μεταφέρεται
  - *Corpora cardiaca*
  - *Corpora allata*
  - Απευθείας στο όργανο δράσης
  - Αιμολέμφο



# *Corpora cardiaca* (CC)

- Ζεύγος αδένων κοντά στην αορτή που συνδέονται με τα νευροεκκριτικά κύτταρα του εγκεφάλου και CA.
- Άξονες από τα CA συνεχίζουν σε νευρικά κύτταρα του στοματογαστρικού, ή άλλα γάγγλια.
- Το περιεχόμενο των CC μπορεί να ελευθερωθεί απευθείας στην αιμόλεμφο



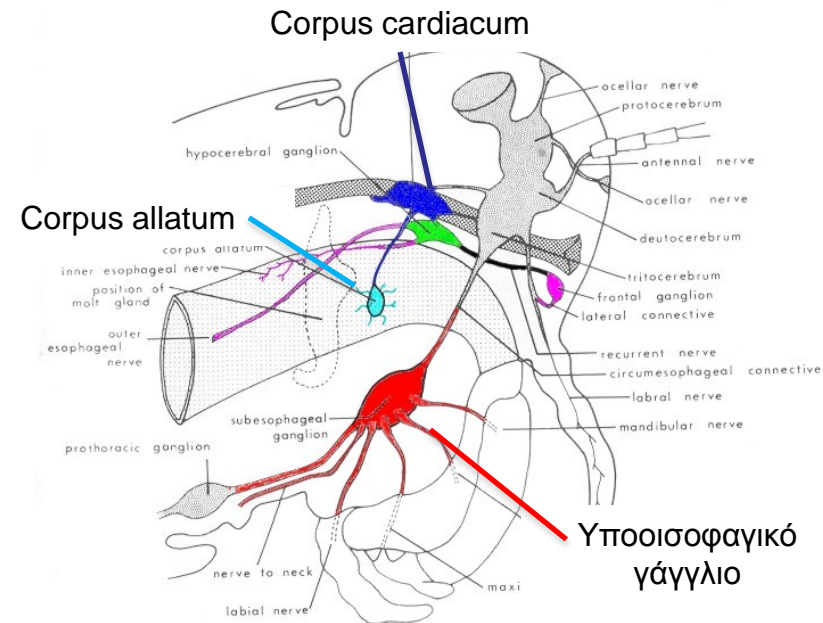
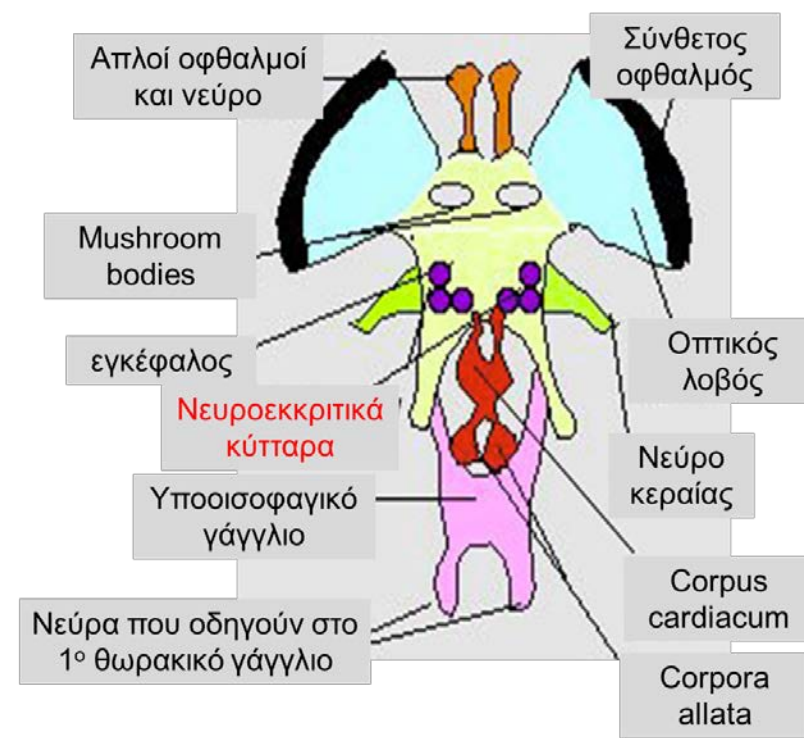
Σύνθετος οφθαλμός

# Ορμόνες που παράγονται από τα mNSC

- **Προθωρακοτρόπος** (thoracotropic) ορμόνη
  - Ενεργοποιεί προθωρακικούς αδένες
- **Αλλατοτρόπος** (allatotropic) ορμόνη
  - Ρυθμίζει δραστηριότητα *corpora allata*
- **Μπουρσικόνη** (bursicone)
  - Περαιότητα μεμβράνης αιμοκυττάρων και επιδερμικών κυττάρων για να περάσουν η τυροσίνη και η dopamine.
  - Ενεργοποιεί τυροσινάση.
- **Διουρητική** ορμόνη
- Ορμόνες που εμπλέκονται στην **ωοπαραγωγή, εναπόθεση ωών, δεκτικότητα στη σύζευξη**
- Προϊόντα που εμπλέκονται στην **πρωτεϊνοσύνθεση**
- **Υπεργλυκαιμική** (hyperglycemic) ορμόνη
- **Αδηποκινητική** (adepokinetic) ορμόνη
- Ορμόνες που καθορίζουν **κίνηση σωλήνων Malpighi, συστολή μυών πεπτικού σωλήνα, ρυθμό χτύπων καρδιάς**

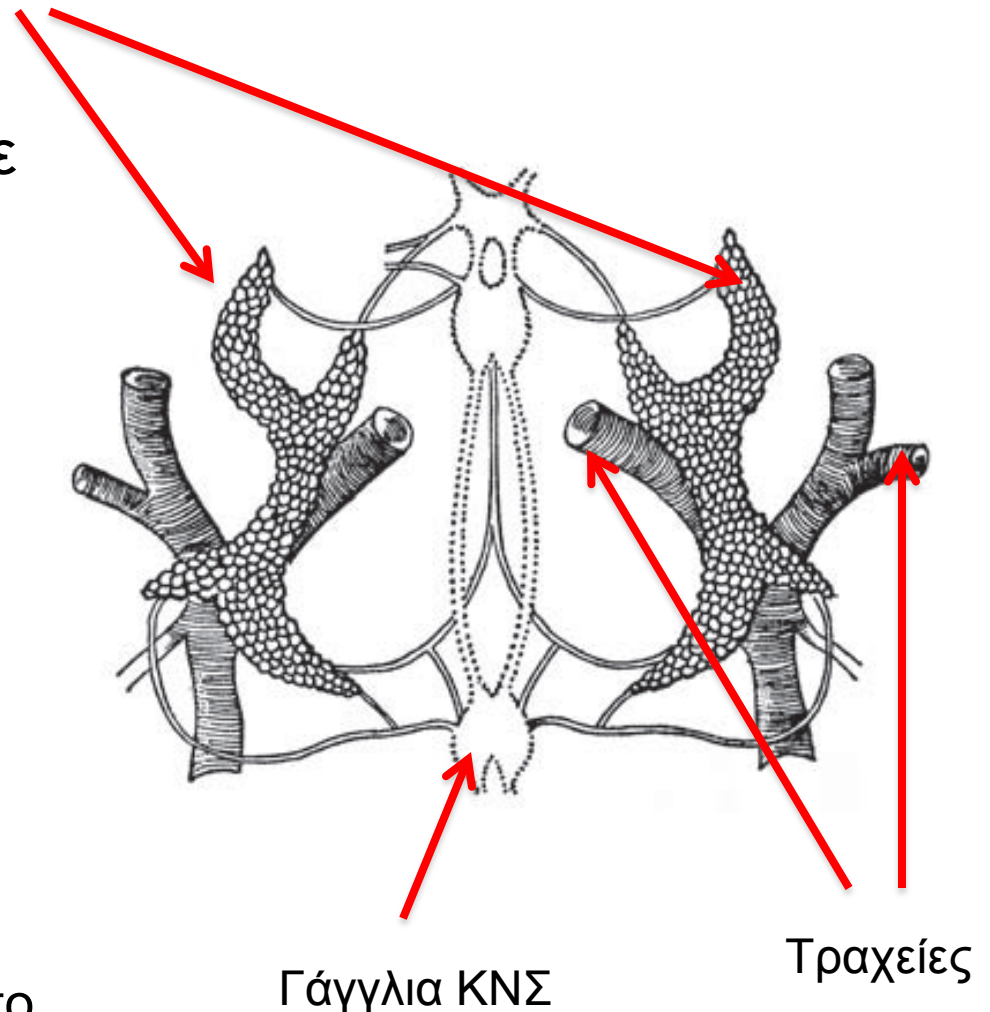
# Corpora allata (CA)

- Στα δίπτερα ενιαίο όργανο, ή ενώνονται με CC, προθωρακικούς αδένες και υποοισοφαγικό γάγγλιο και σχηματίζουν δακτύλιο γύρω από την αορτή (ring gland).
- Συνδέονται με CC (μπορεί από mNSC) και υποοισοφαγικό γάγγλιο.
- Παράγουν την ορμόνη νεότητας (Juvenile hormone) (γοναδοτροπική ορμόνη στα ενήλικα).
  - Υπό την παρουσία της η επιδερμίδα παράγει δερμάτιο με χαρακτηριστικά ανήλικου σταδίου
  - Στα ενήλικα, ωρίμανση και ανάπτυξη ωοθηκών
  - Τερπενοειδή διάφοροι τύποι:
    - JH I (18C),
    - JH II (17C),
    - JH III (16C).



# Προθωρακικοί αδένες

- Δύο στον προθώρακα (ή σε άλλο σημείο).
- Μόνο στα ανήλικα στάδια
  - εκτός απτερύγων, κατώτερων τερμιτών, ορισμένων ακρίδων.
- Εκδυσόνη (στερόλη που προέρχεται από χοληστερόλη)
  - Πρόδρομος εκδυσόνης που μετατρέπεται σε εκδυσόνη στο κύτταρο στόχο.

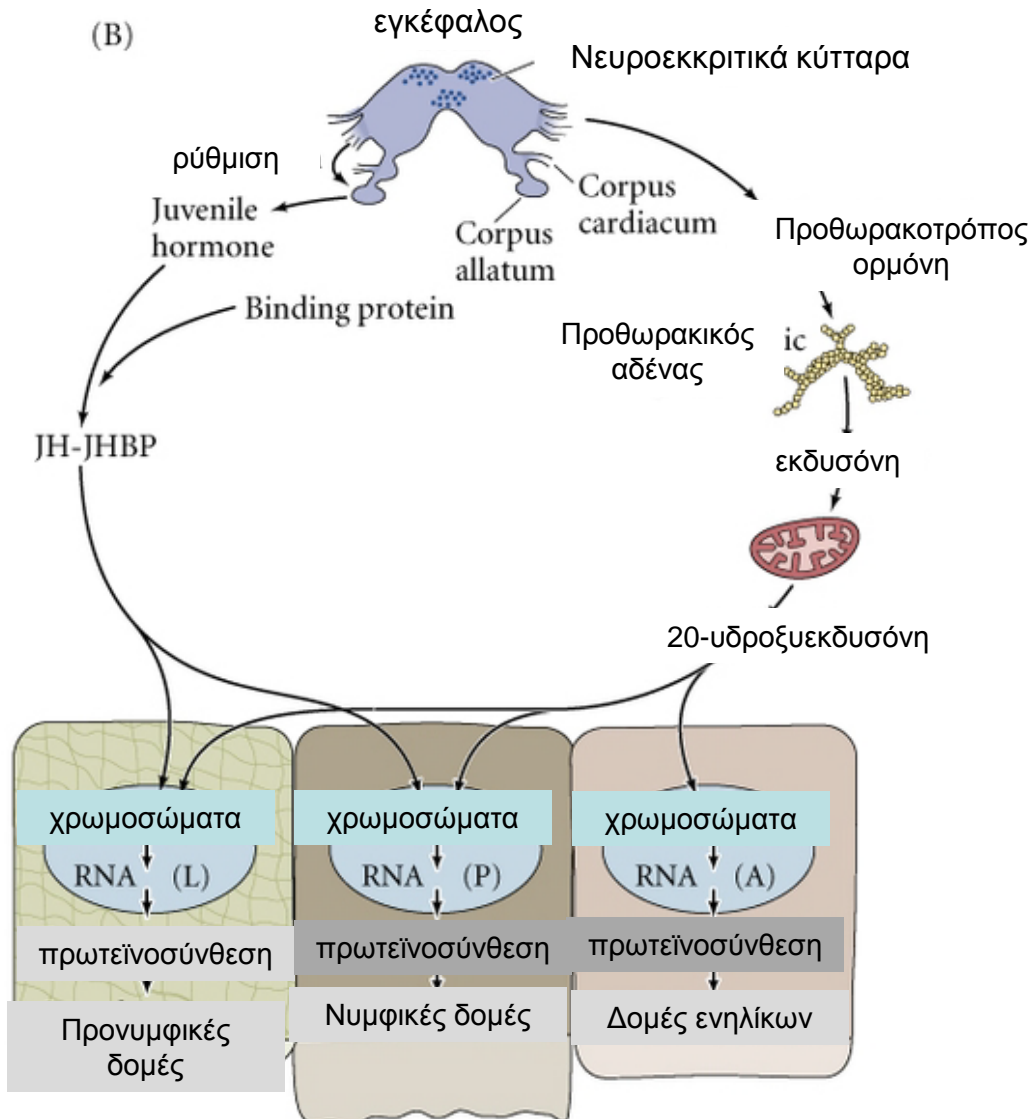




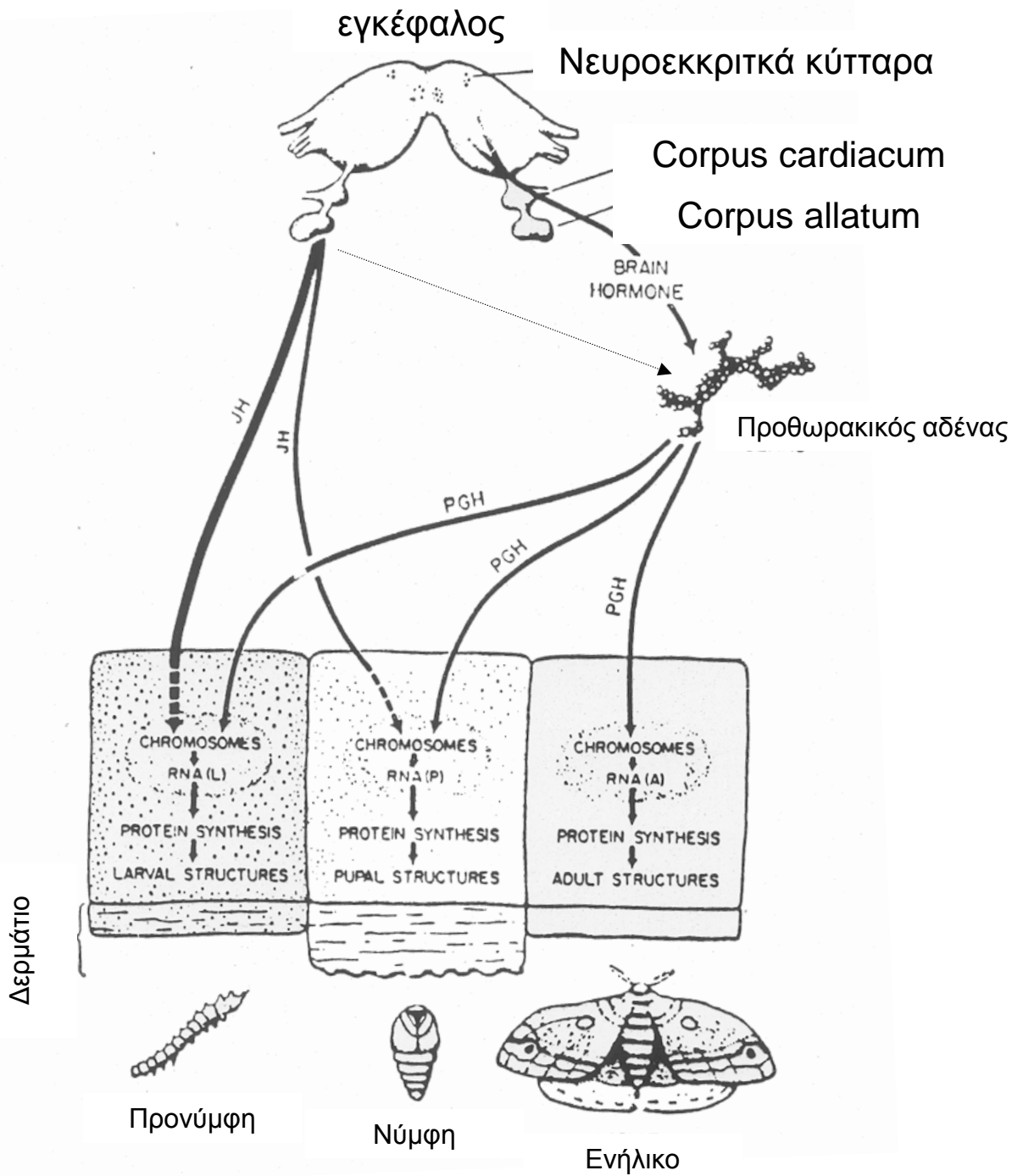
# Ρόλος εκδυσόνης

- Ξεκινάει έκδυση.
- Προκαλεί την έναρξη απόλυσης.
- Αύξηση δραστηριότητας επιδερμικών κυττάρων.
- Προάγει τη σύνθεση του mRNA για την παραγωγή της *dopa* αποκαρβοξυλάσης.

# Μεταμόρφωση στα έντομα



- Εκδυσόνη, έκδυση και μεταμόρφωση
- Έκδυσες ουσίες που εκκρίνονται από τον εγκέφαλο (PTTH)
- PTTH δεν λειτουργεί από μόνη της, διεγείρει την έκκριση εκδυσόνης
- Μετάβαση από προηγούμενο σε επόμενο προνυμφικό στάδιο απαιτεί νεανική ορμόνη JH



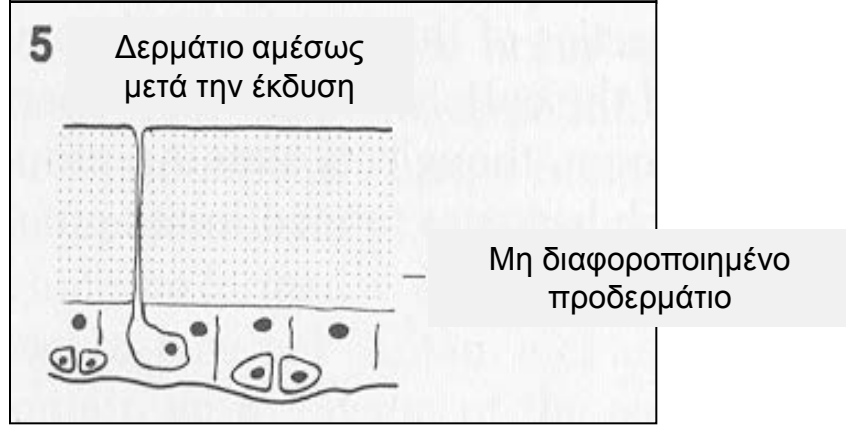
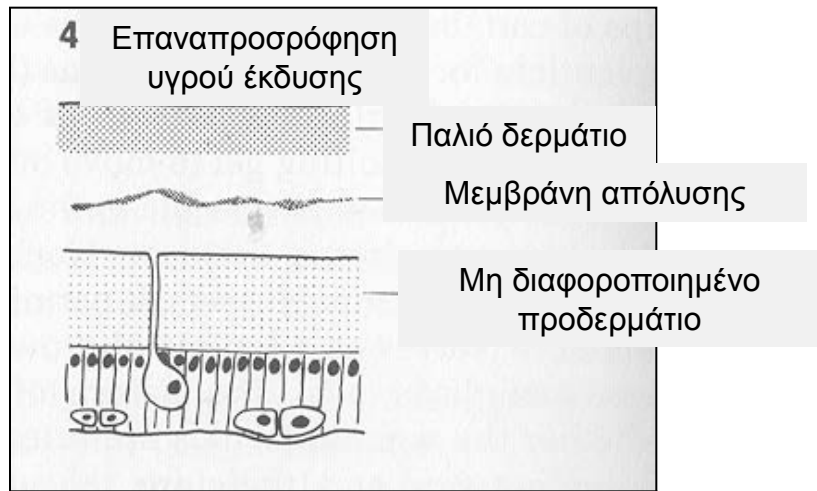
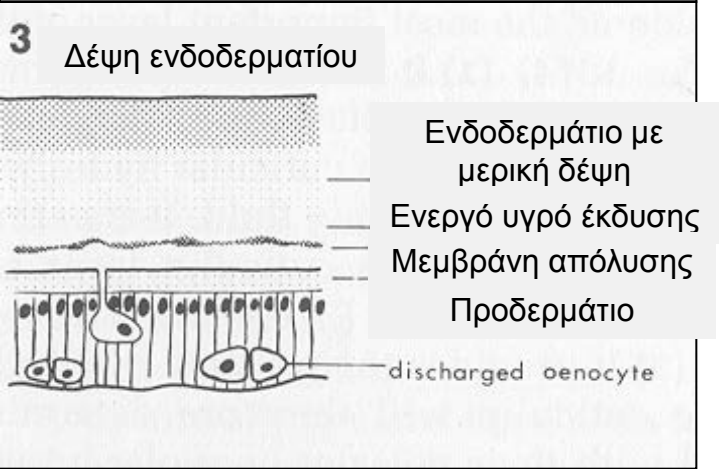
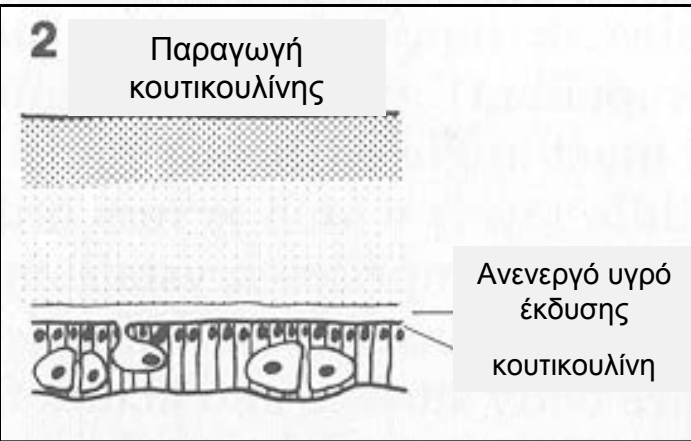
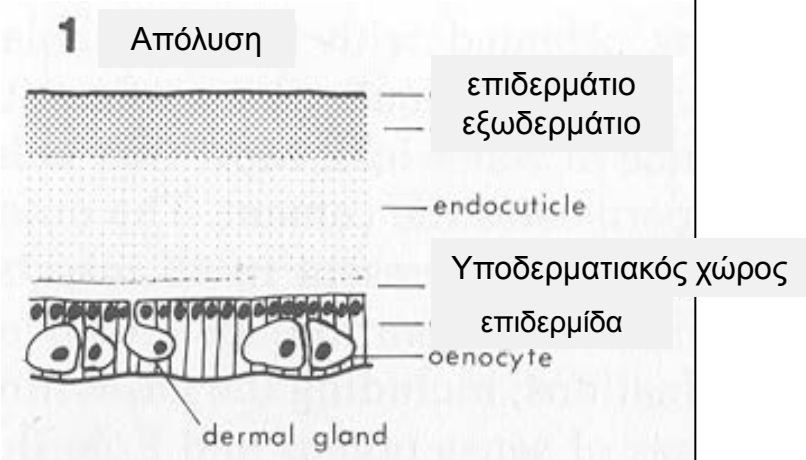
Αλατοτρόπος ορμόνη

- Από mNSC αποθηκεύεται στα CC και ελευθερώνεται στην αιμολέμφο
- Απευθείας στα CA μέσω αζόνων

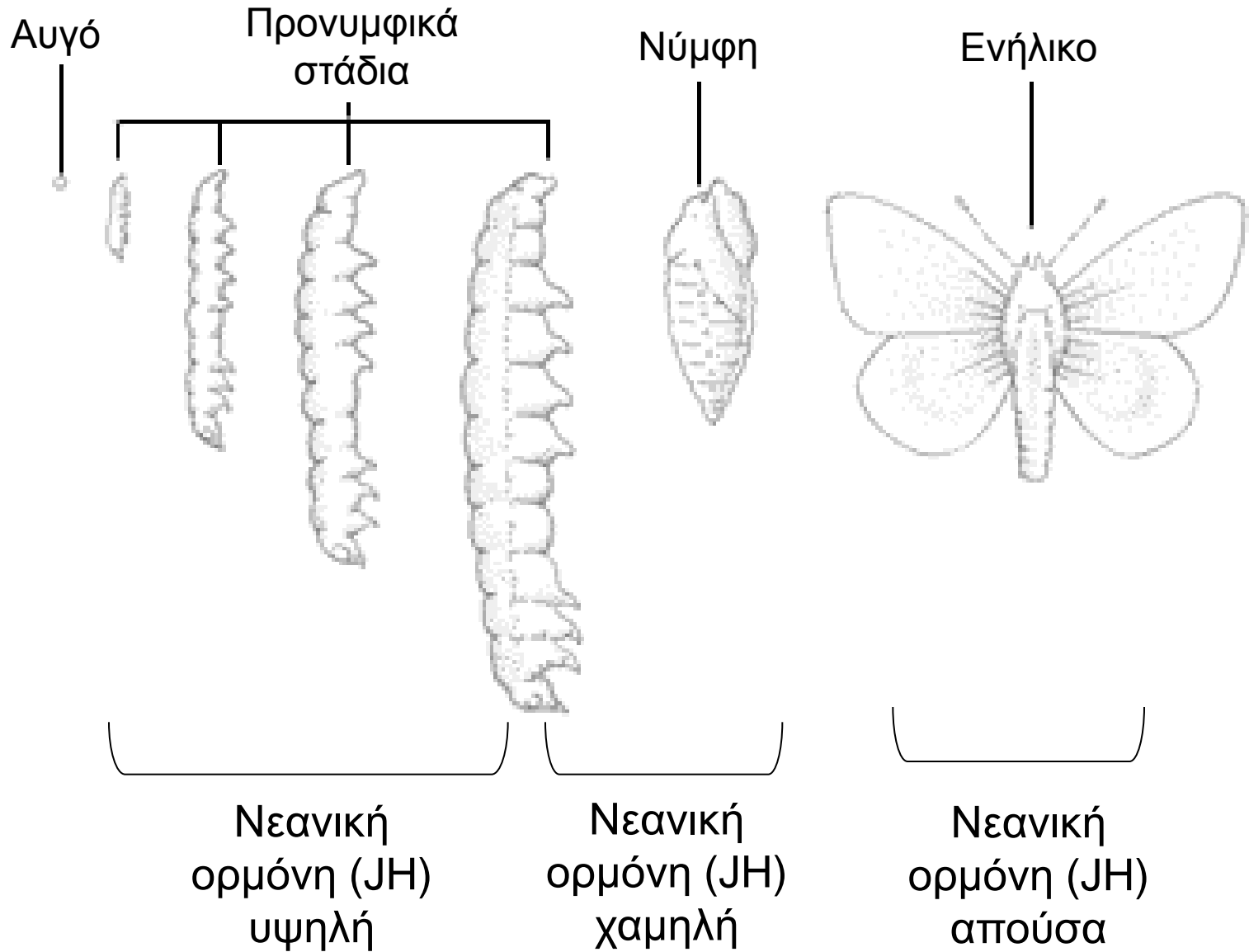
Προθωρακοτρόπος

- Μέσω αιμολέμφου

# Διαδικασία Έκδυσης



# Έκδυση και μεταμόρφωση

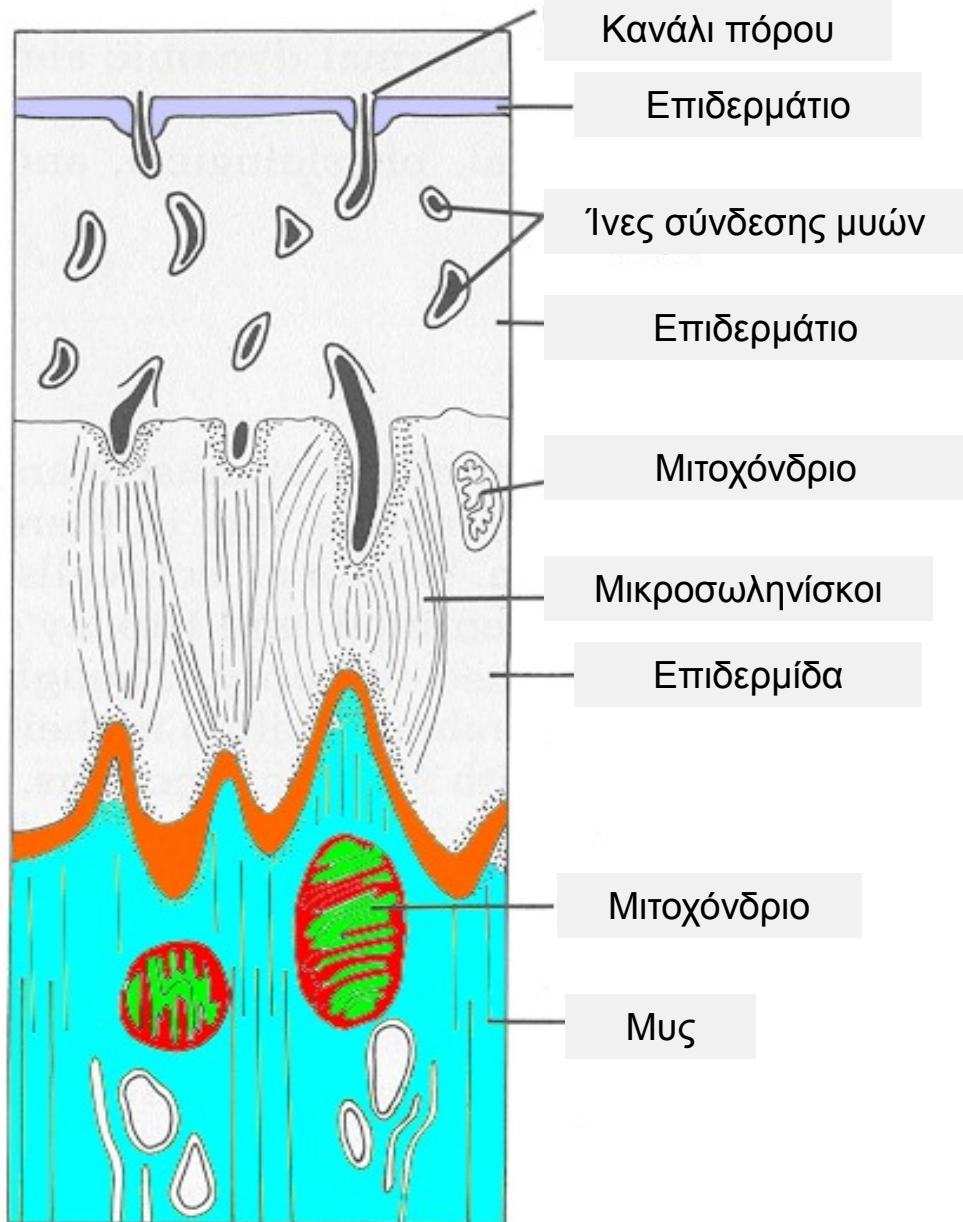


Μυϊκό σύστημα εντόμων

# Κατηγορίες μυών

- Σκελετικοί
- Σπλαχνικοί
  
- Κεφαλικοί
- Θωρακικοί
- Πτήσεως
- Κοιλιακοί
  
- Γραμμωτοί
  - μυϊκές ίνες (fibers)

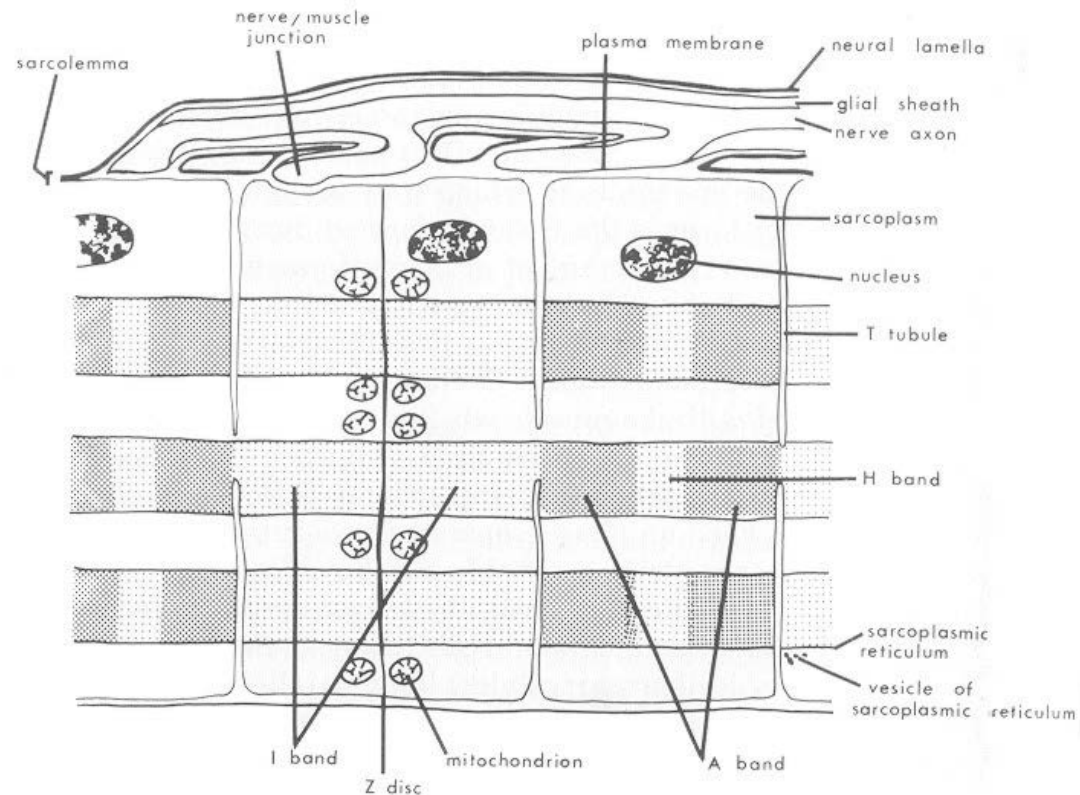
# Σύνδεση μυών με εξωσκελετό





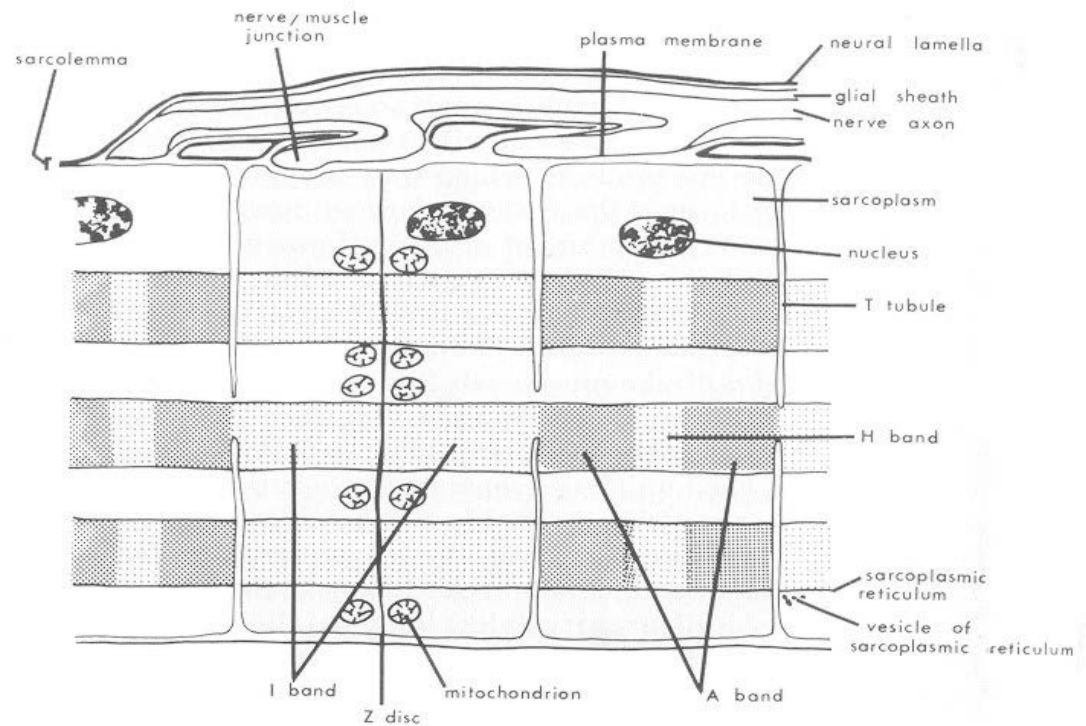
# Ανατομία μυών

- 10-20 μυϊκές ίνες (fibres).
  - μιονημάτια (myofibrils)
- Δύο πρωτεΐνες
  - Μυοσίνη (H bands)
  - ακτίνη (I bands)
- A bands: όταν επικαλύπτονται
- Σαρκόλημμα, σαρκόπλάσμα, σαρκοσώματα

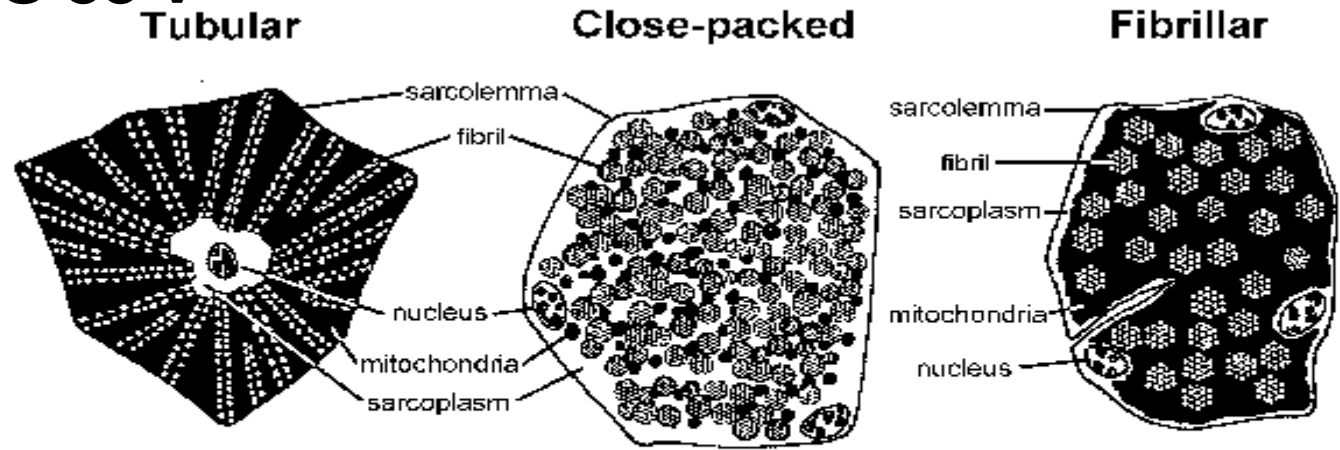


# Ανατομία μυών

- Εγκολπώσεις της πλασματικής μεμβράνης (T)
- Γραμμώσεις (Z)



# Τύποι μυών

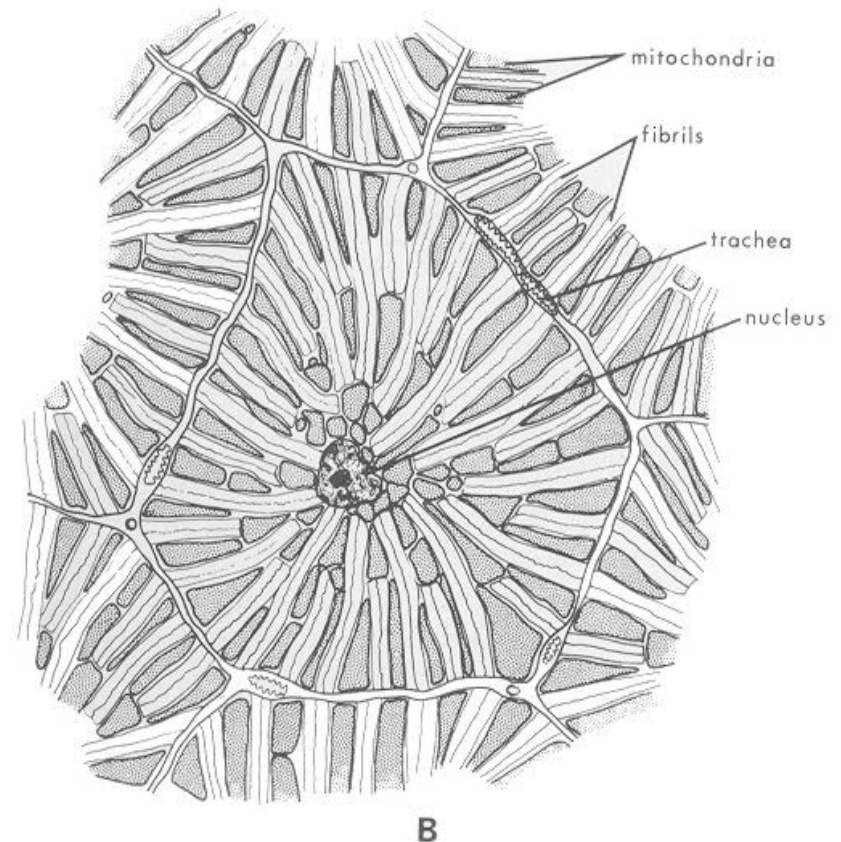
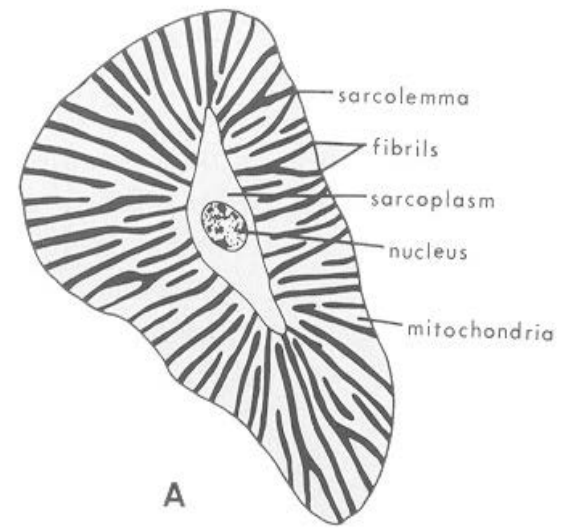


Transverse sections of flight muscle fibers

- Σύγχρονοι (μυογενικοί)
- Ασύγχρονοι (νευρογενικοί)
- Σωληνωτοί (tubular)
  - Μύες ποδιών και άλλων τμημάτων του σώματος
  - Μύες πτήσης στα Odonata και Dictyoptera
- Στενά στοιβαγμένοι (close-packed)
  - Στο σώμα απτερόγυτων, προνύμφες πτερυγωτών
  - Μύες πτήσης στα Lepidoptera και Orthoptera
- Ινώδεις (fibrillar)
  - Μύες πτήσης στα υπόλοιπα έντομα

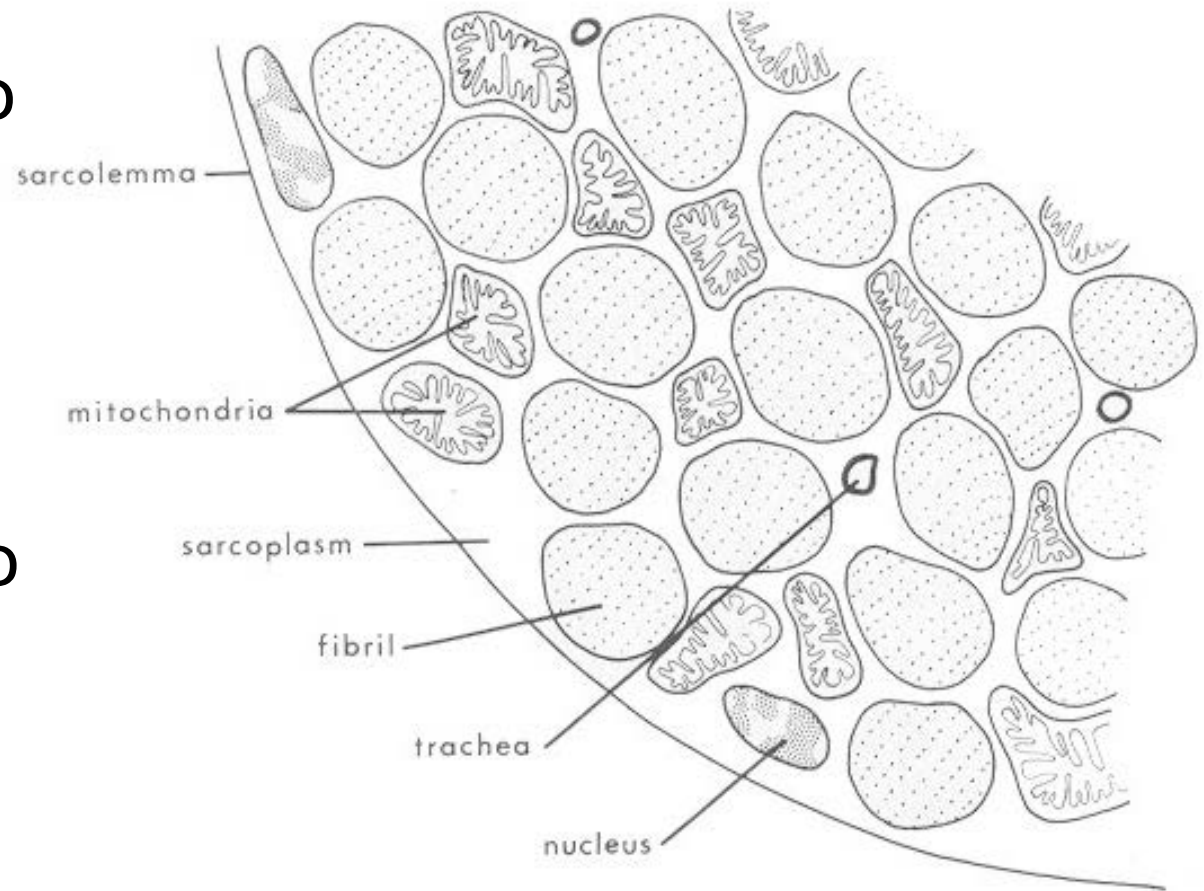
# Σωληνωτοί μύες

- Ακτινωτή διάταξη σαρκοσωμάτων και μυοϊνιδίων (μικρά σε μέγεθος).
- Πυρήνας στο κέντρο.
- Λίγα τραχειόλια.



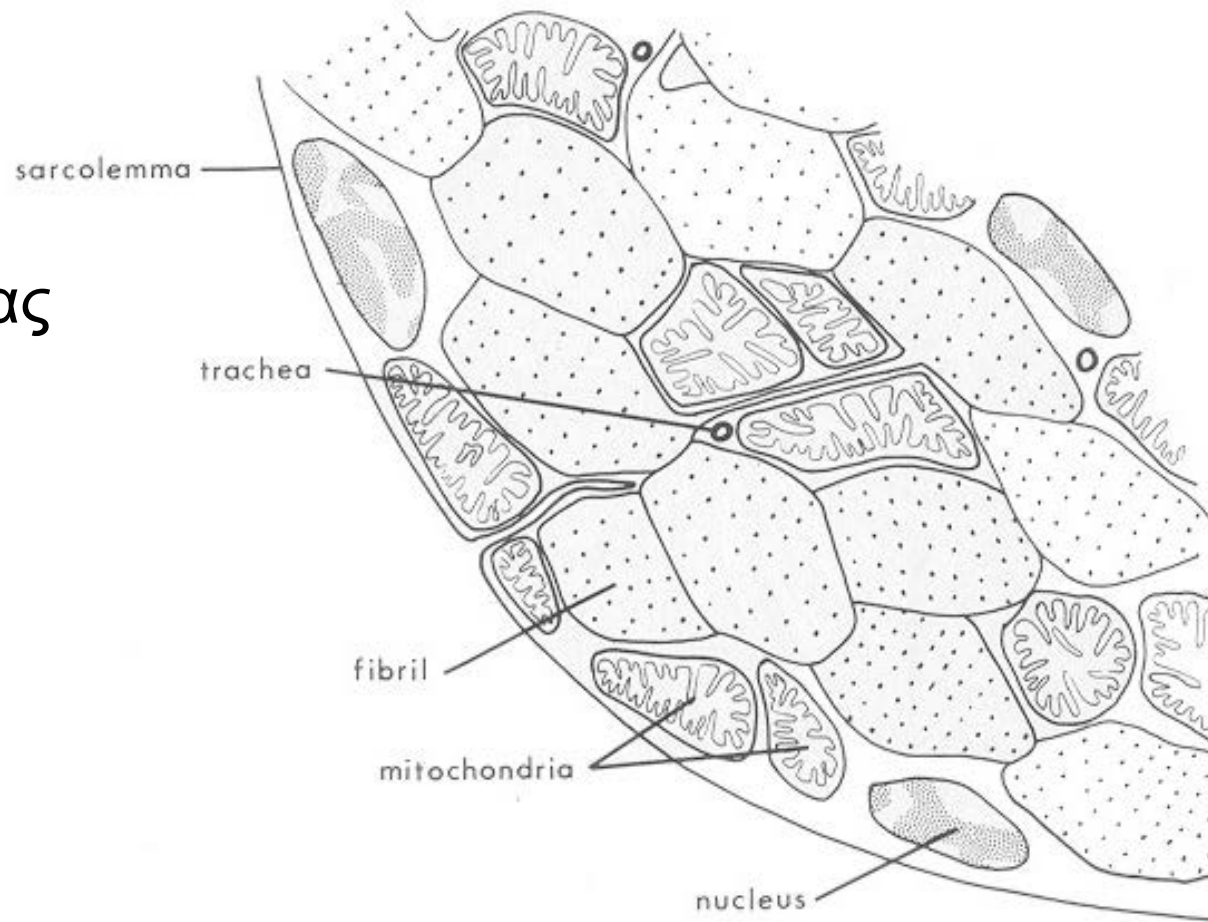
# Στενά στοιβαγμένοι

- Μυοϊνιδία και μιτοχόνδρια στο κέντρο και ο πυρήνας στην περιφέρεια.
- Μυοϊνίδια μεγαλύτερα, πιο πολλά τραχειόλια.



# Ινώδεις

- Μυοϊνίδια και μιτοχόνδρια στο κέντρο και ο πυρήνας στην περιφέρεια.
- Σαρκόπλασμα περιορίζεται.
- Πολλά μιτοχόνδρια, μυοϊνίδια πολύ μεγάλα και πολλά τραχειόλια.



# Σπλαχνικοί μύες

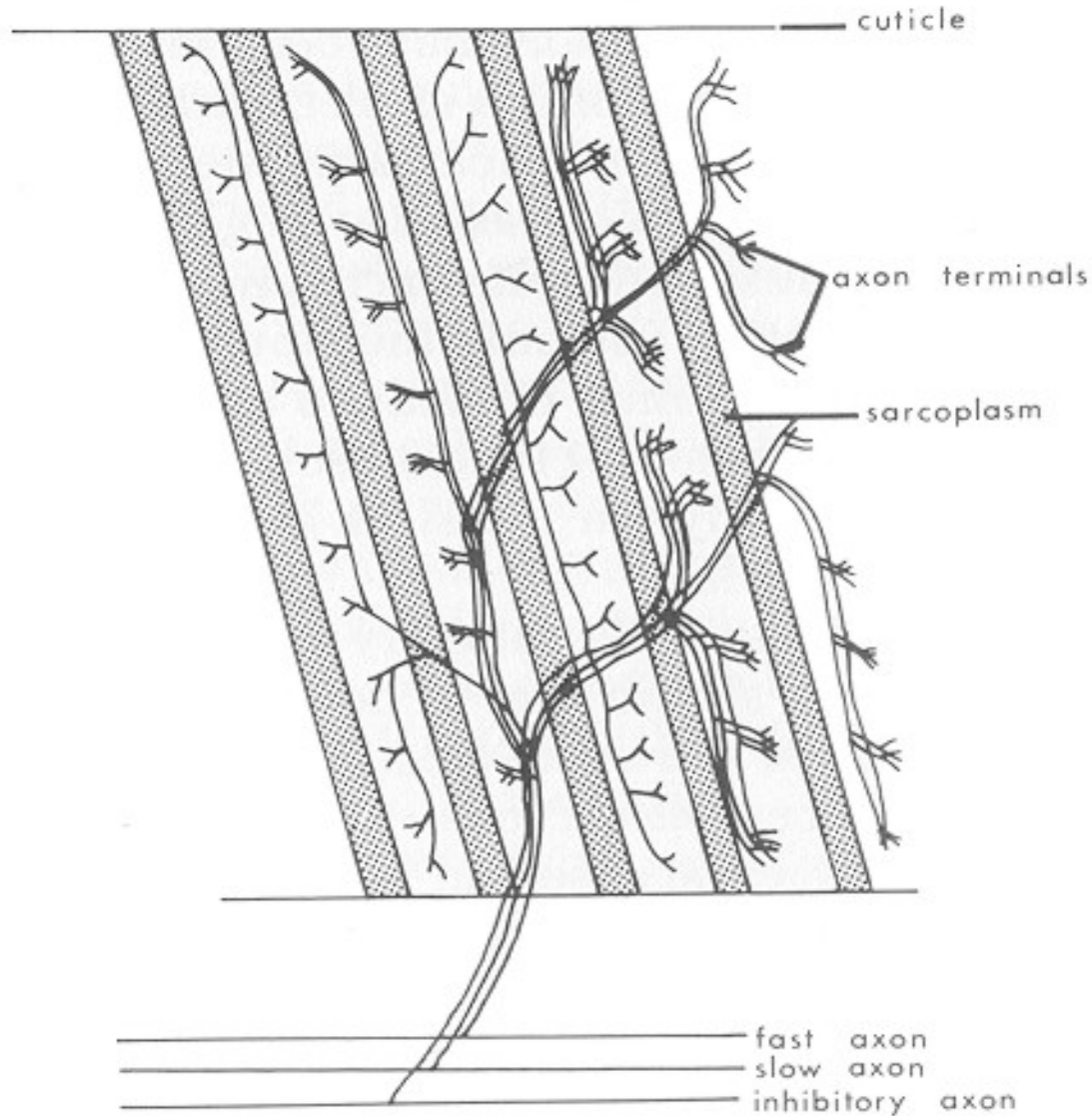
- Ρυθμίζουν κίνηση εσωτερικών οργάνων
- Μυοσίνη > ακτίνη
- Γραμμώσεις μη ευκρινείς

# Λειτουργία μυών (νευρικός έλεγχος)

- Σκελετικοί μύες
- Σπλαχνικοί μύες
- Κάθε μυϊκό ινίδιο μπορεί να δεχθεί ως 3 διαφορετικούς νευρικούς άξονες
  - Γρήγορο, αργό και παρεμποδιστικό
- Από κάθε άξονα διαφορετικές διακλαδώσεις καταλήγουν στα διάφορα μυϊκά ινίδια.

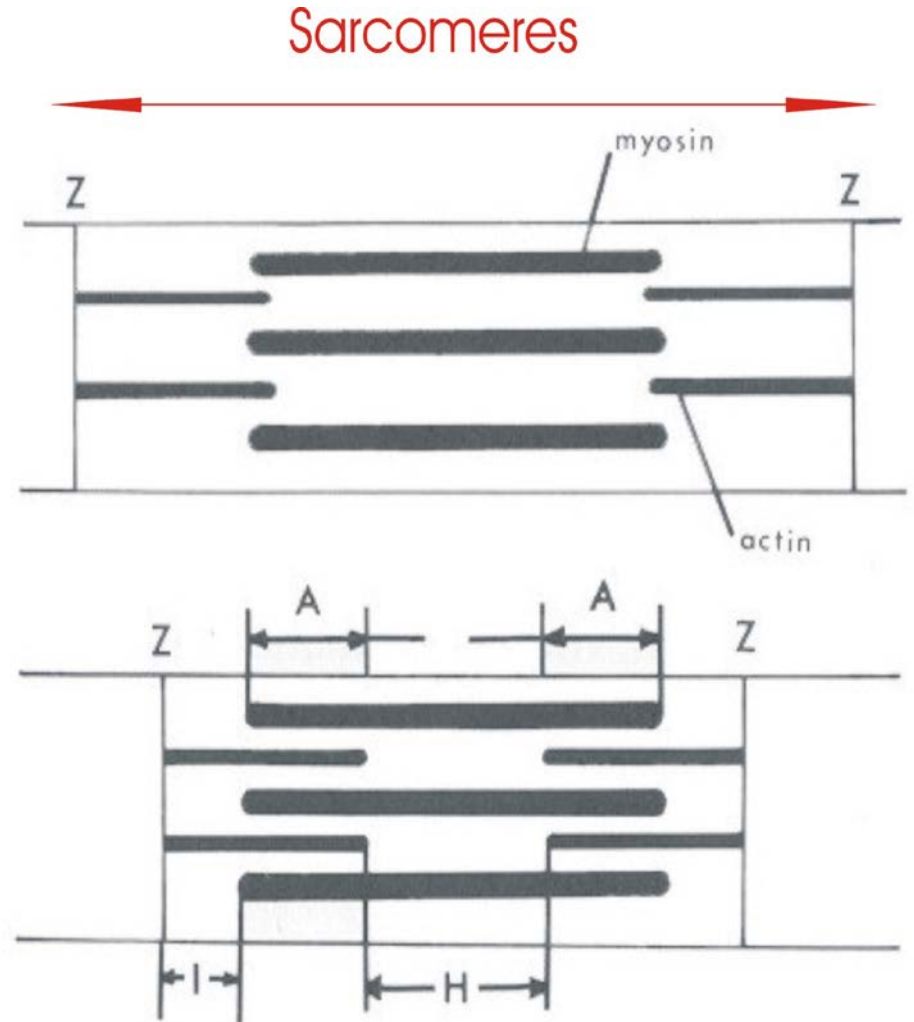


# Σύνδεση μυών με νευρώνες



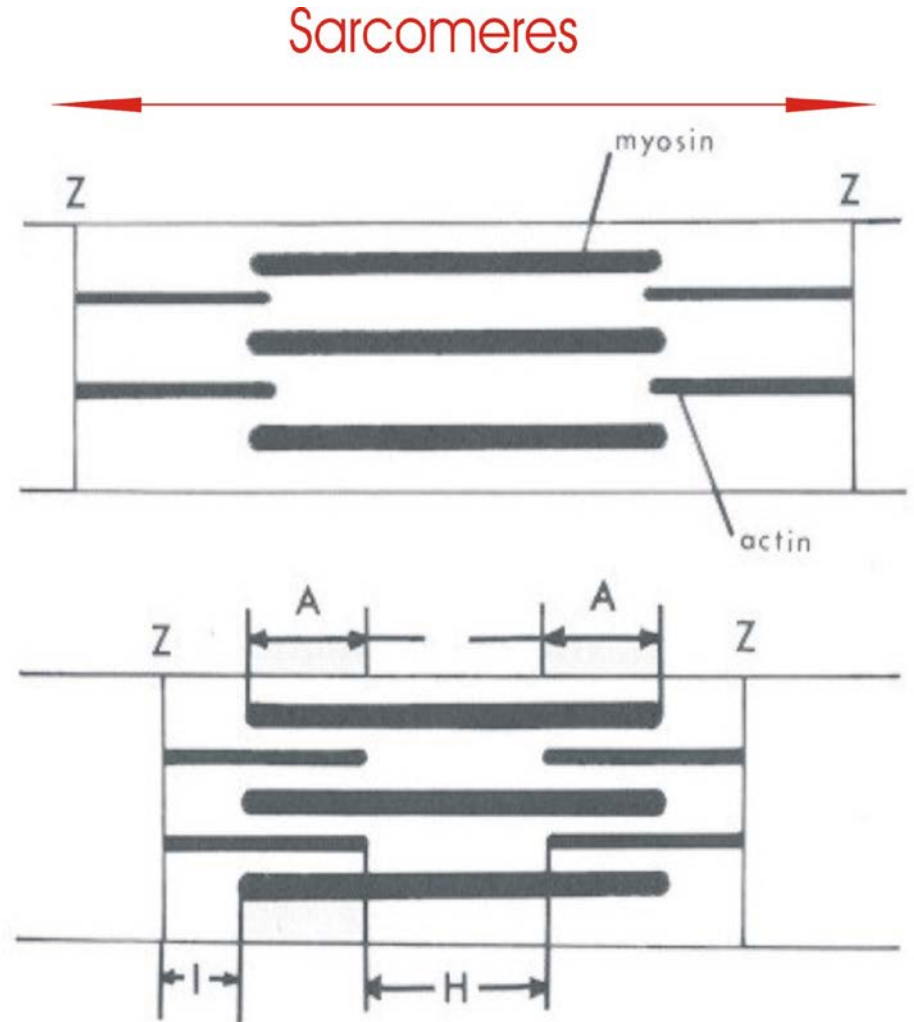
# Φυσιολογία των μυών

- Θεωρία της **διολίσθησης**.
- Διέγερση από νευρικά κύτταρα
  - αποπόλωση σαρκολήμματος που εισχωρεί στο εσωτερικό με το T- σύστημα
- Ελευθέρωση  $Ca^{++}$  (από σημεία του σαρκολήμματος) σύνδεση μυοσίνης και ακτίνης
  - Διολίσθηση ινιδίων μυοσίνης πάνω στην ακτίνη.
- Συστολή μείωση της απόστασης



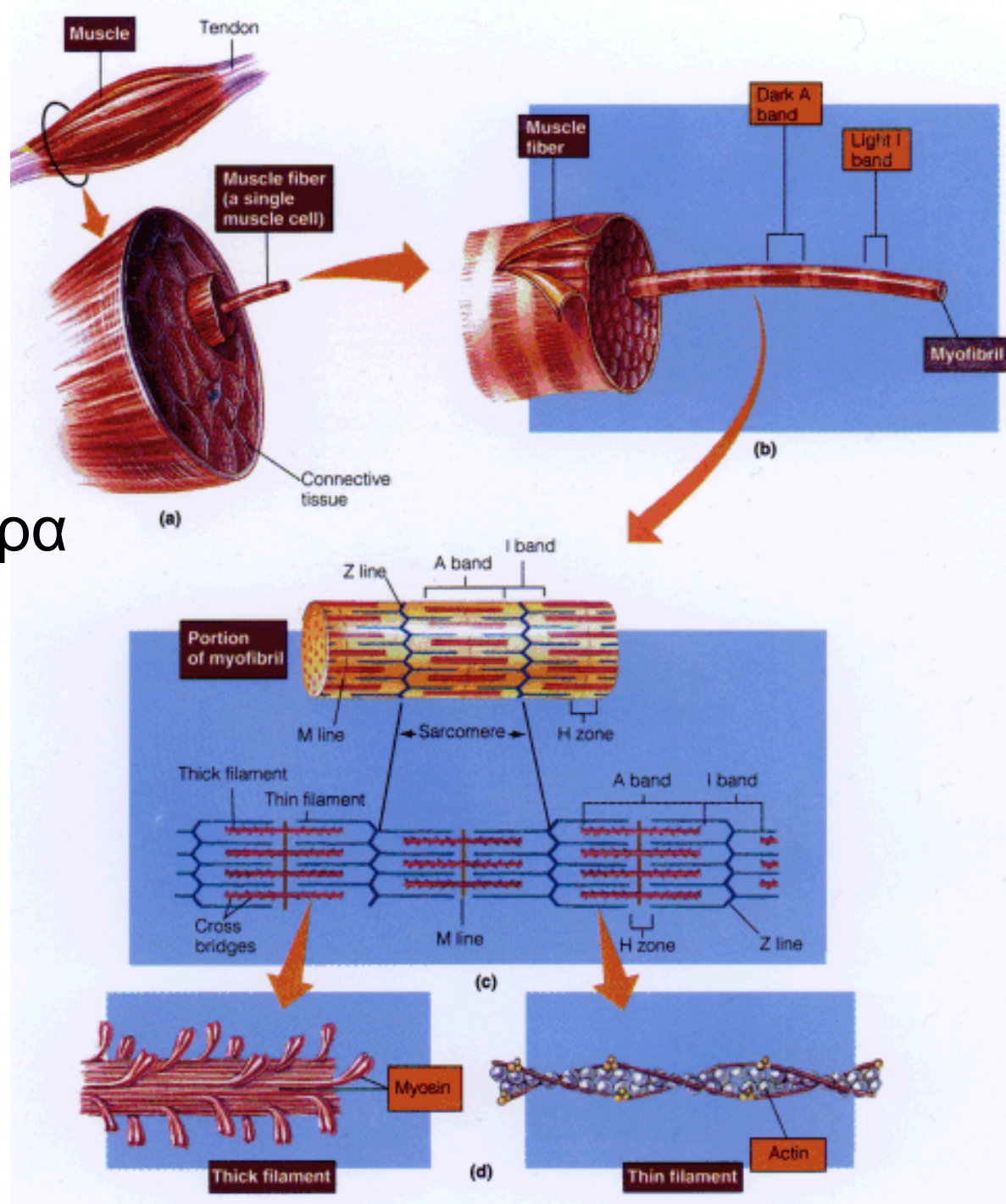
# Φυσιολογία των μυών

- Ελευθέρωση  $\text{Ca}^{++}$  ενεργοποιεί ΑΤΡαση, υδρολύεται το ΑΤΡ και παράγεται ενέργεια για συστολή των μυών.
- Ενέργεια για σπάσιμο των γεφυρών και επανατοποθέτηση των  $\text{Ca}^{++}$  στα σημεία του σαρκολήμματος.



# Δομή μυών

- Μύες
- Μυϊκές δέσμες
- Μυϊκές ίνες = κύτταρα
- Μυονημάτια
  - Μεγάλης διαμέτρου (Μυοσίνη)
  - Μικρής διαμέτρου (ακτίνης)



# ... δομή μυών

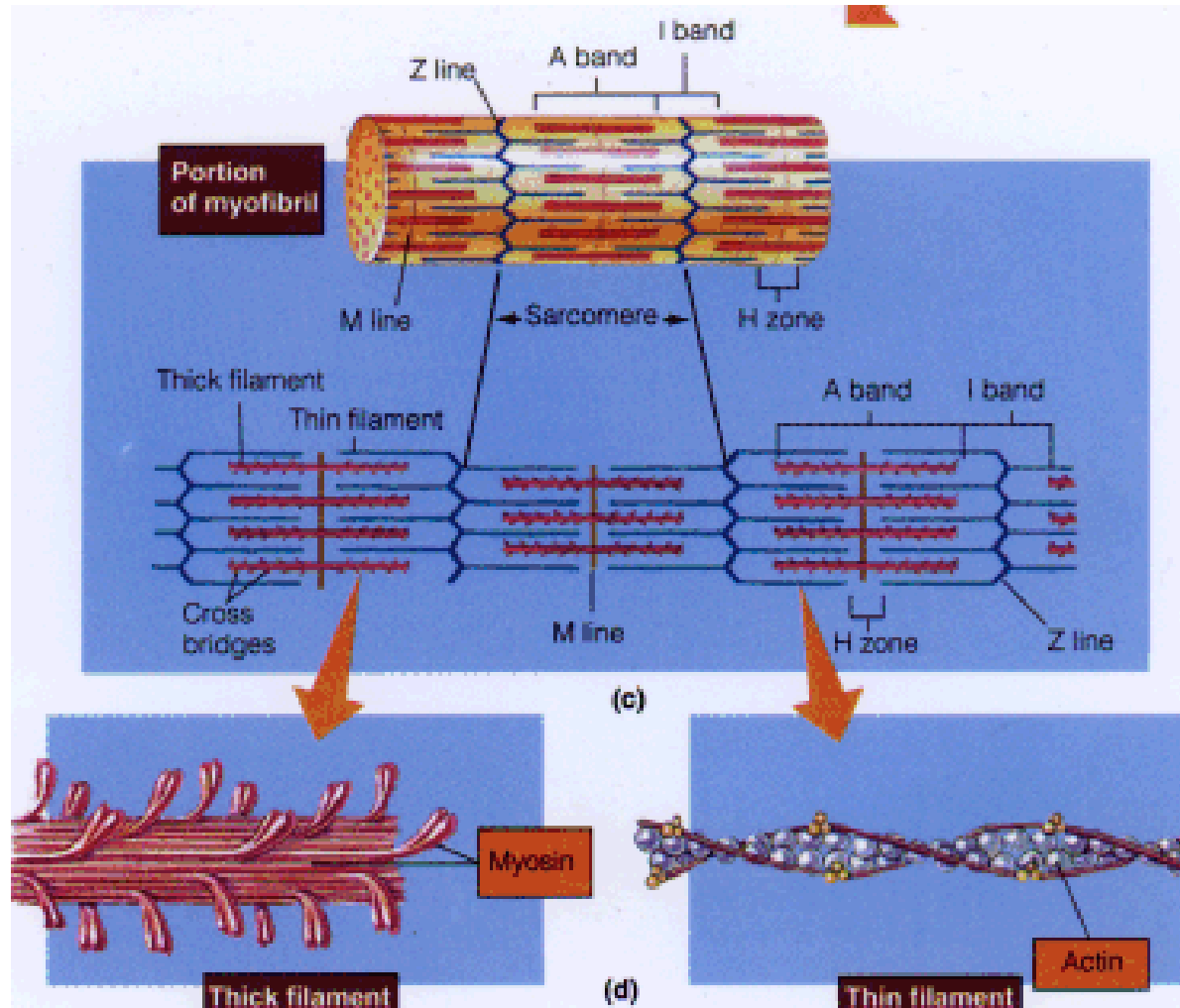
- Γραμμωτοί λόγω σκούρων και ανοιχτόχρωμων ζωνών
- Επαναλαμβανόμενες δομές «Σαρκομερές»

Σκούρες ζώνες = "A"  
Μυοσίνη

Ανοιχτόχρωμες ζώνες = "I"  
ακτίνη

Z γραμμή = σύνδεση ακτίνης

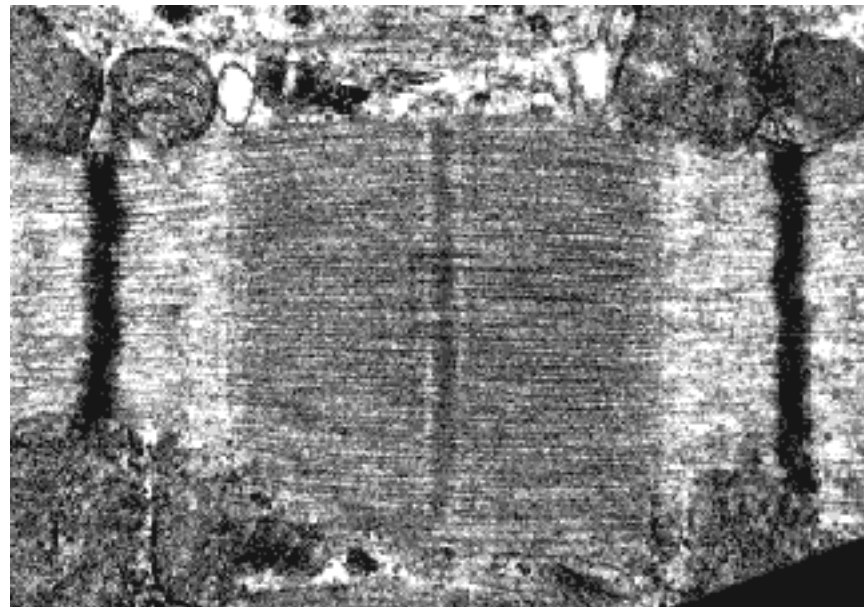
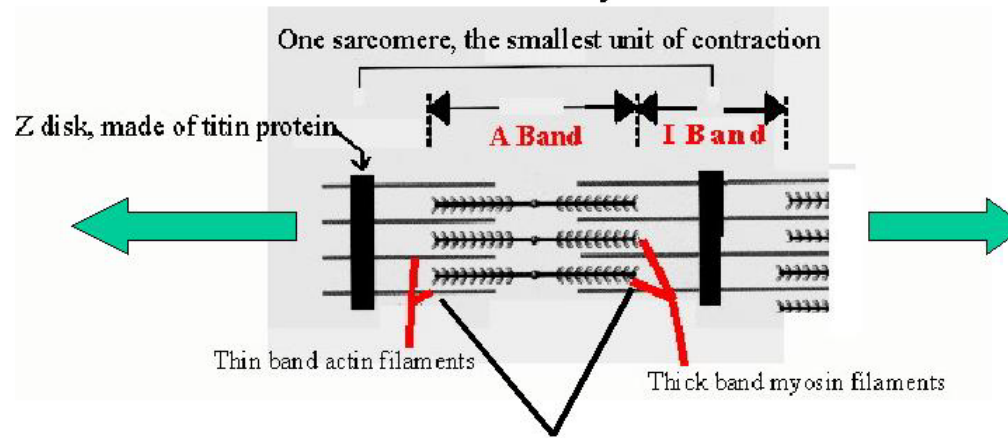
H ζώνη = μόνο μυοσίνη

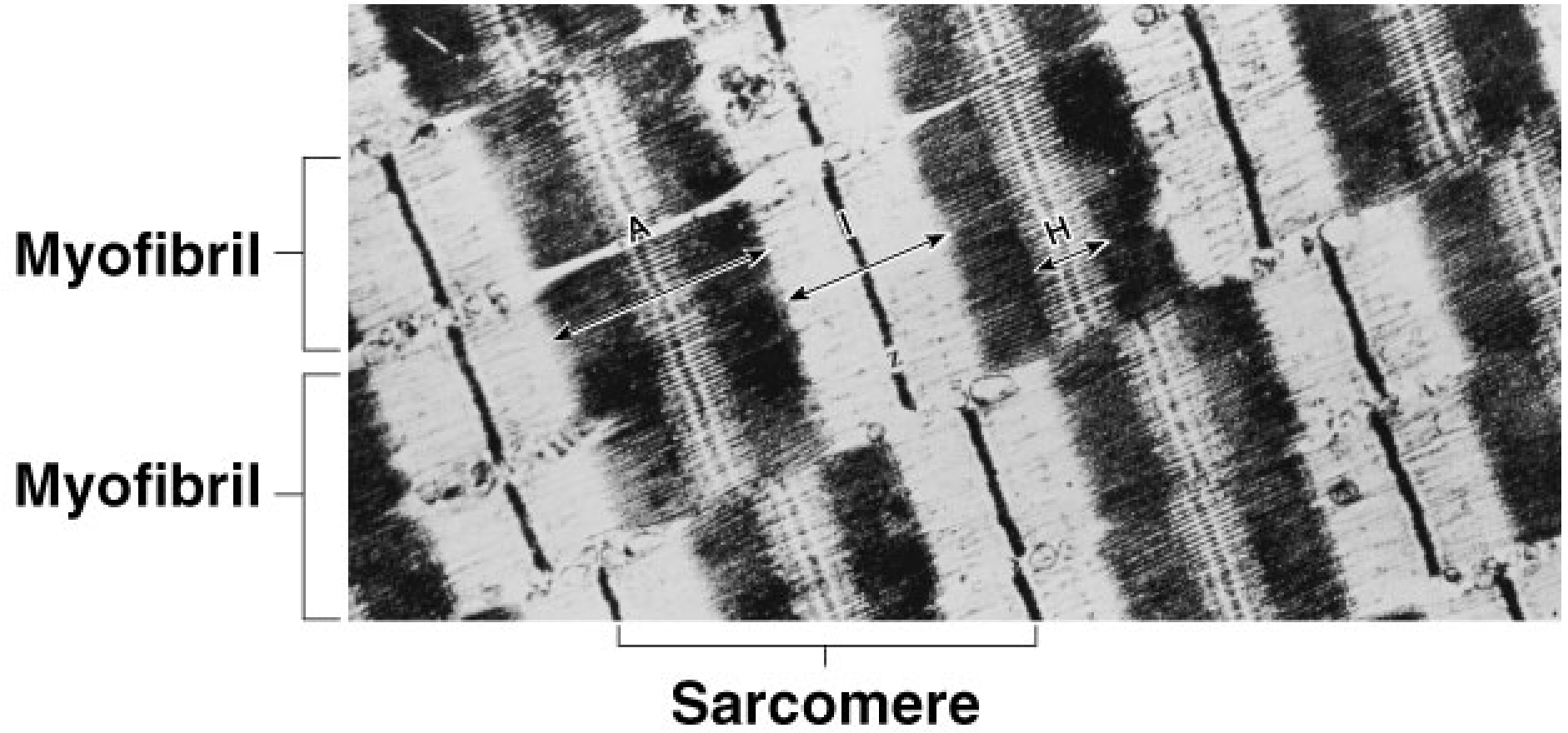


# The Sarcomere

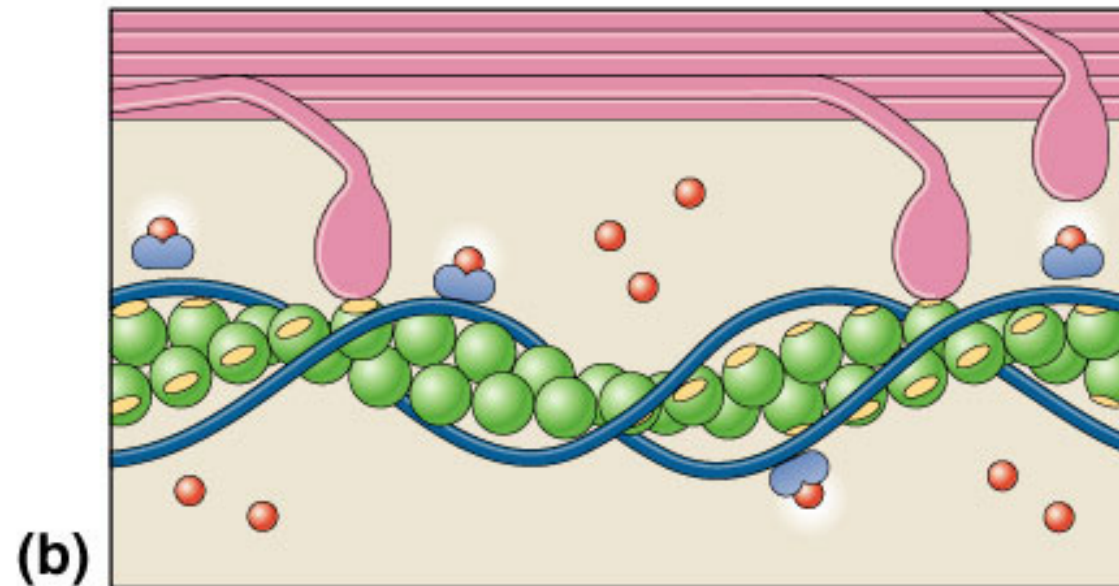
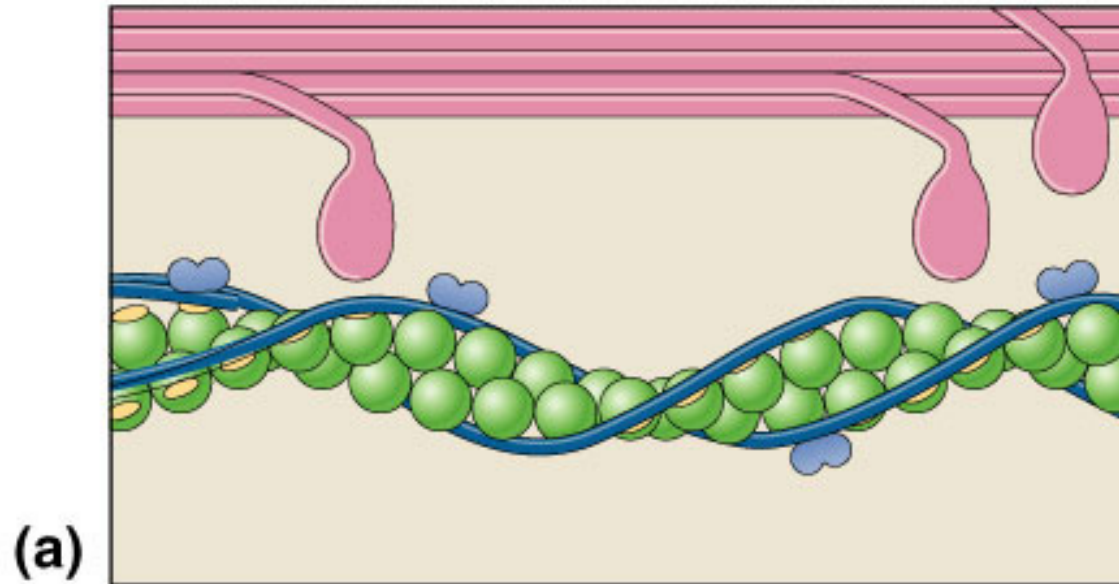
## Arrangement of Myofilaments

Arrows indicate the direction of the myofibril and muscle cell.



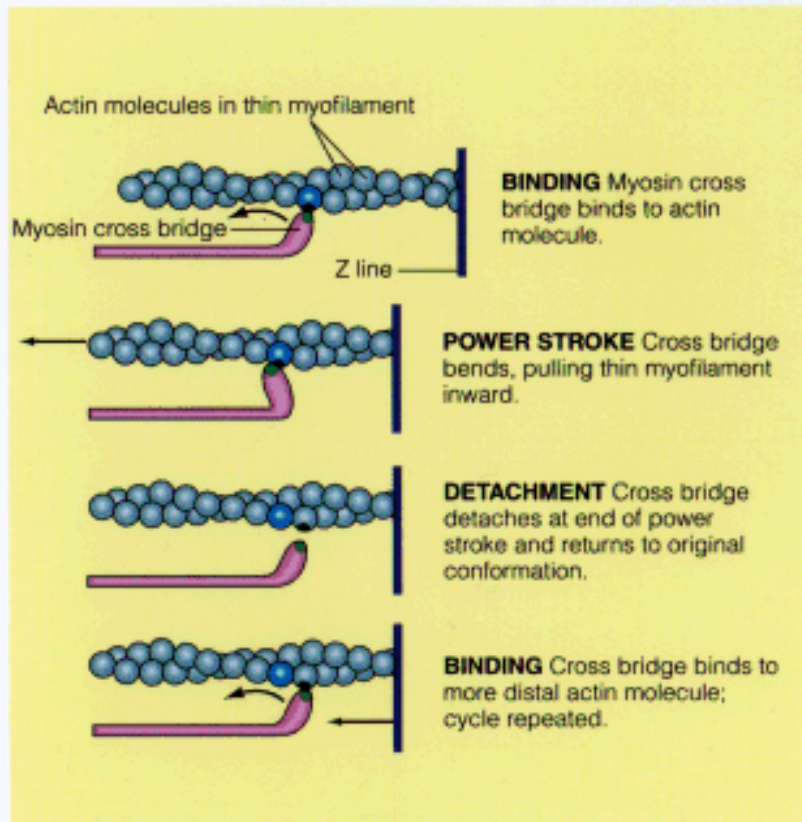


# Μυοσίνη και ακτίνη

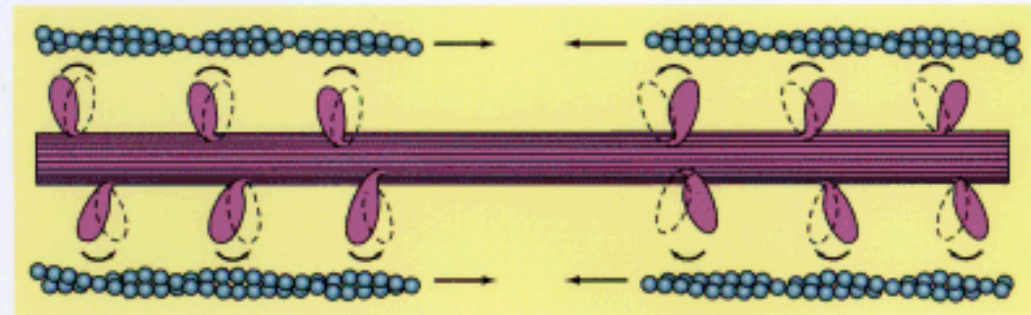




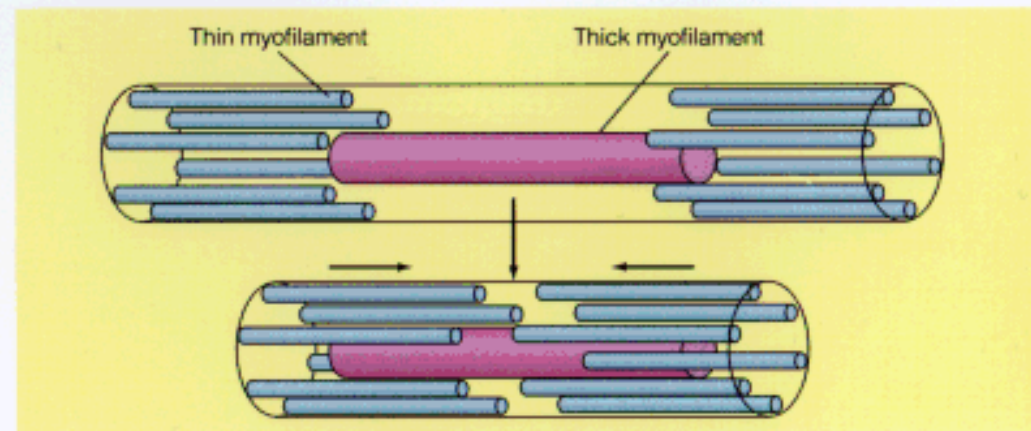
# Σχηματική παράσταση



(a)

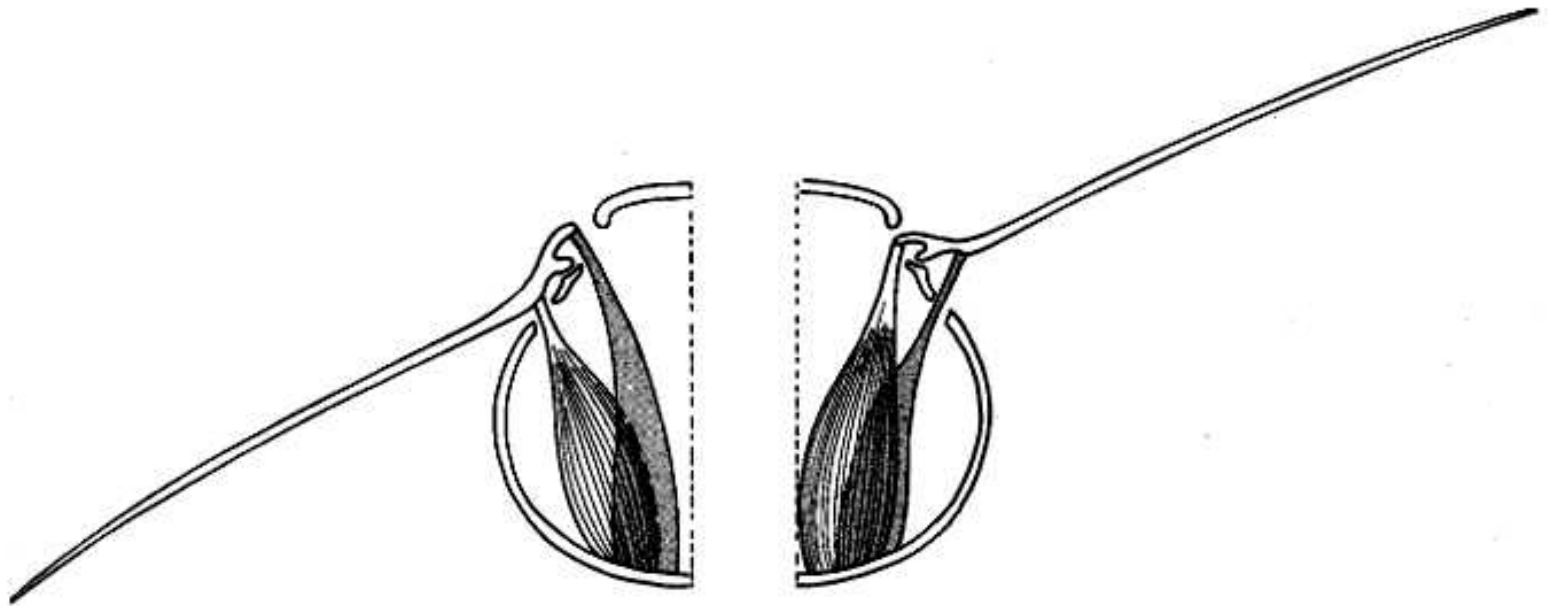


(b)



(c)

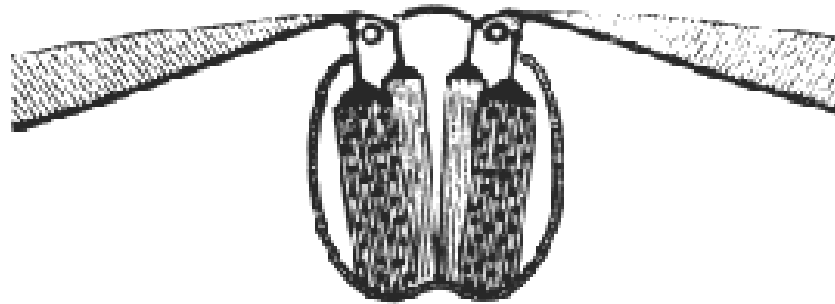
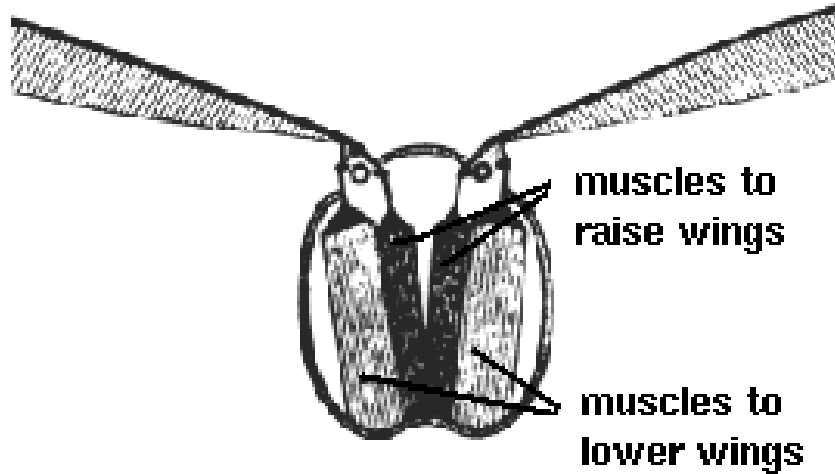
# Μύες πτήσης



# Μύες πτήσης

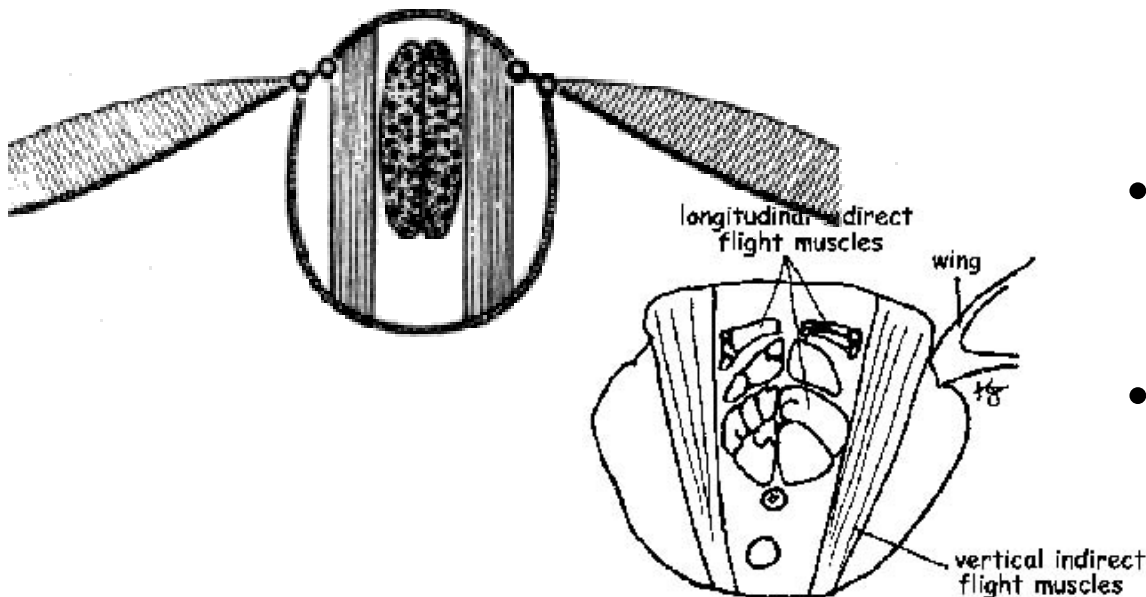
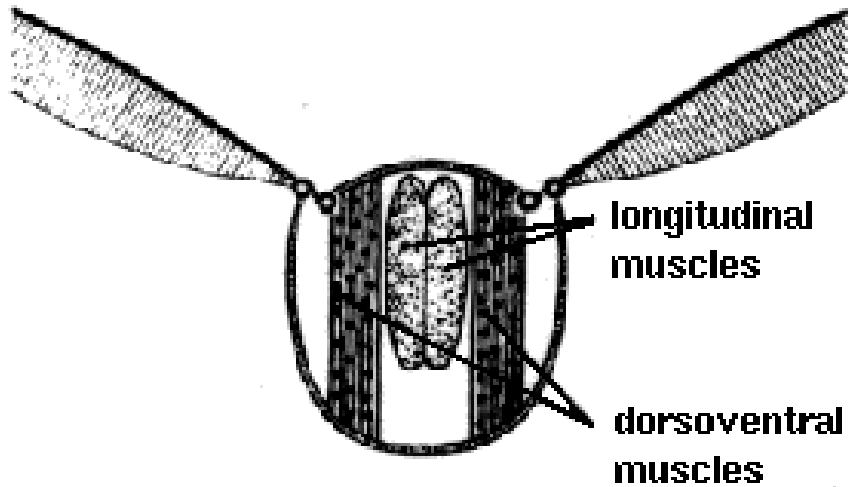
- Άμεσοι και έμμεσοι
  - Σχετικά με την προσκόλληση τους στην πτέρυγα
  - Έμμεση πτήση σε πιο εξελιγμένα έντομα
- Συγχρονισμένοι και ασύγχρονοι μύες
  - Αναφέρεται στη συστολή σε σχέση με τη νευρική διέγερση
  - Ασύγχρονη συστολή επιτρέπει την ταχύτερη συστολή και πιο υψηλή συχνότητα κίνησης των πτερύγων.
    - Συναντάται σε πιο εξελιγμένα έντομα

# Άμεσοι μύες πτήσης



- Μύες άμεσα προσφυόμενοι στις πτέρυγες
- Συναντώνται σε πρωτόγονες τάξεις εντόμων
  - Paleoptera
    - Odonata
    - Ephemeroptera
  - και σε Blattodea

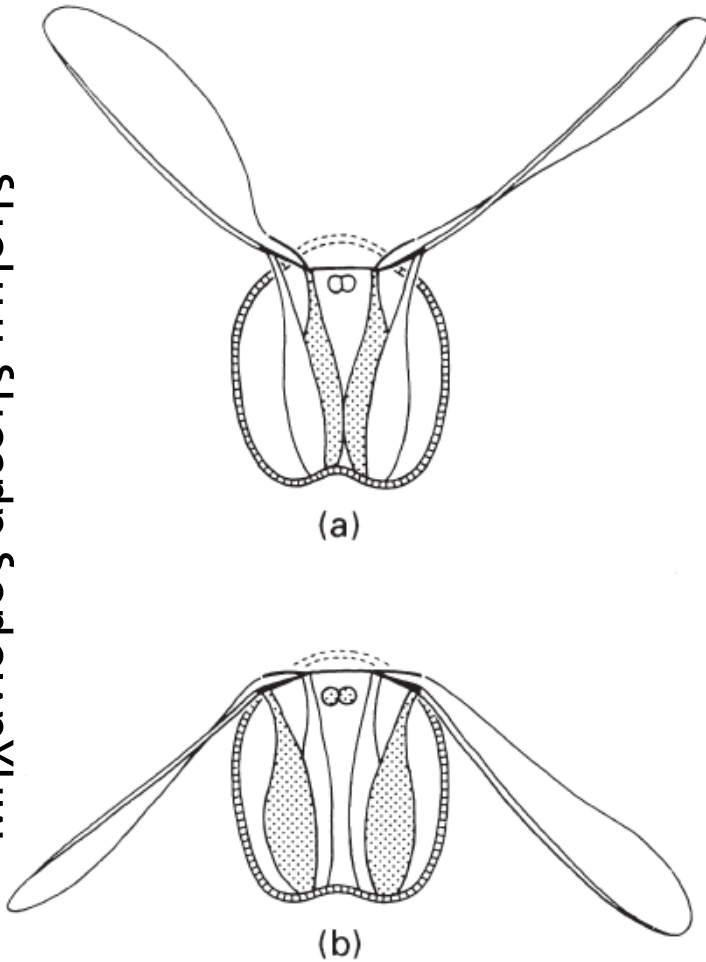
# Έμμεσοι μύες πτήσης



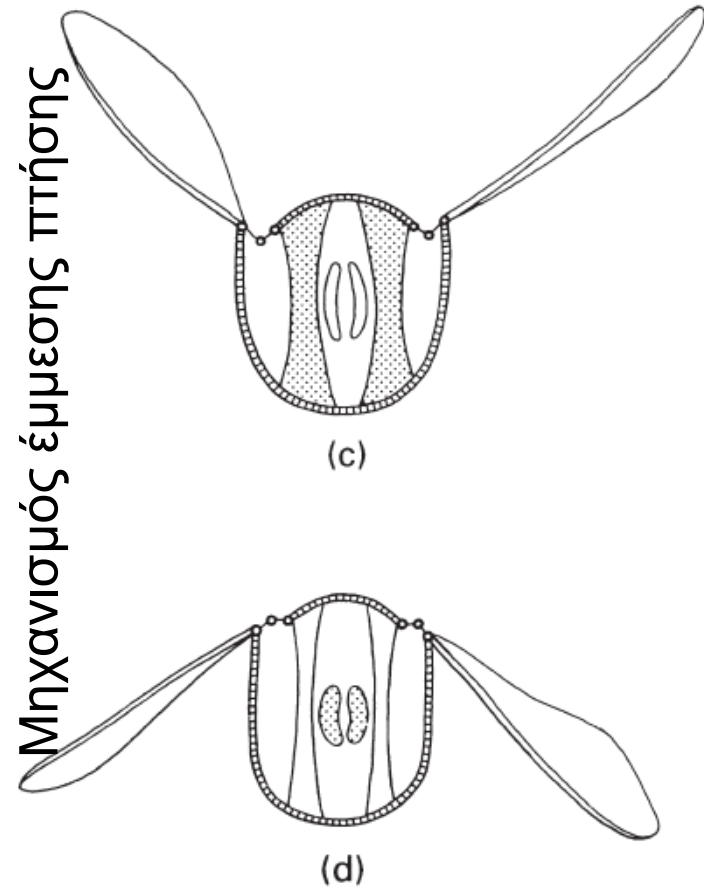
- Δεν προσφύονται άμεσα στις πτέρυγες
- Εναλλακτική συστολή των longitudinal και των dorsoventral παραμορφώνουν το θωρακικό tergum.
- Η πτήση προκαλείται από τη συστολή των μυών αλλά και από την παραμόρφωση του tergum.
- Μύες άμεσα προσφυόμενοι στις πτέρυγες ρυθμίζουν μικρές κινήσεις
- Σε Νευρόπτερα κατά κύριο λόγο

# Πτήση στα έντομα

Μηχανισμός άμεσης πτήσης

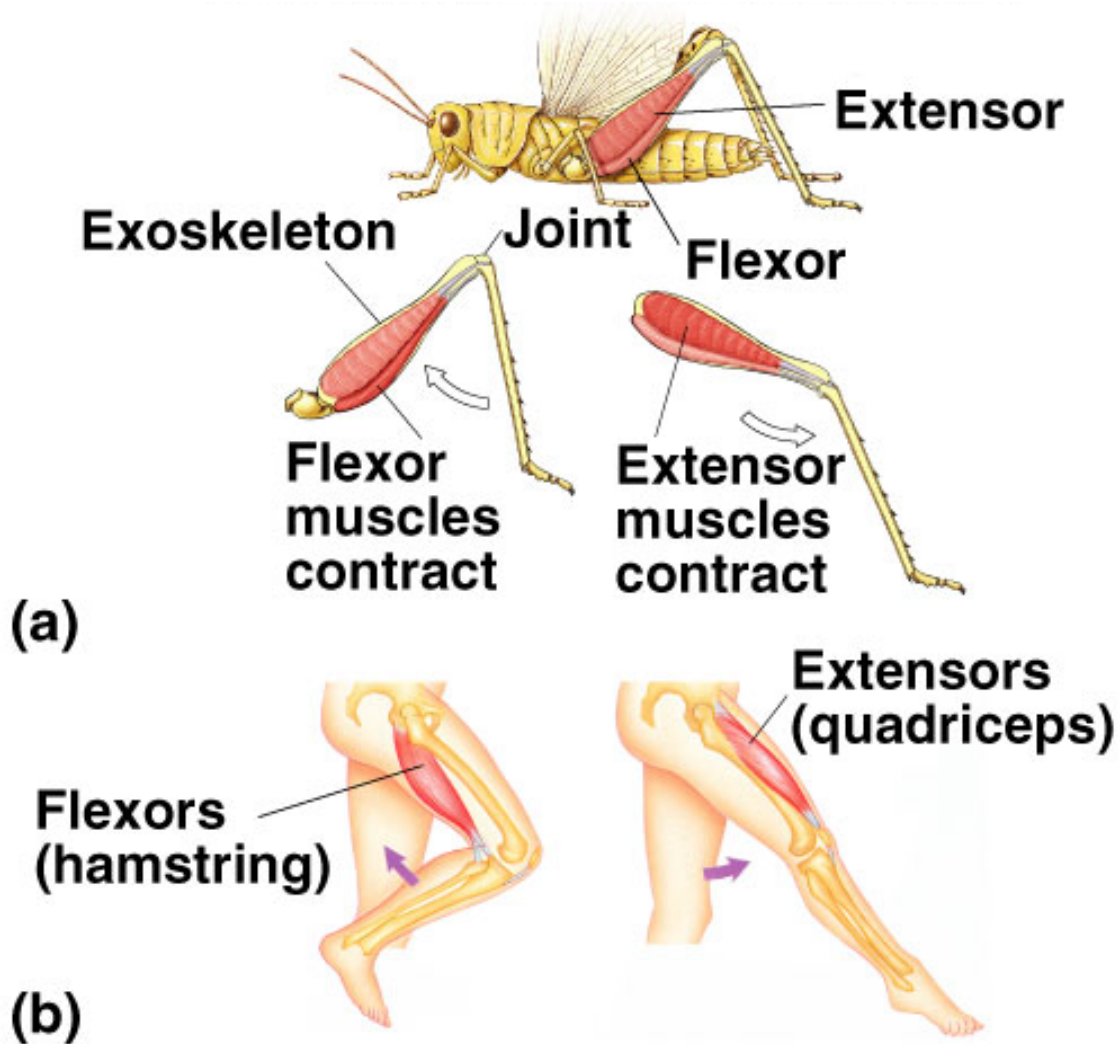


Μηχανισμός έμμεσης πτήσης



- Οι μύες που συστέλλονται σε κάθε περίπτωση είναι χρωματισμένοι γκρι

# Μύες ποδιών Καμπτήρας και εκτατήρ



# Ανακεφαλαίωση

- Νευροεκκριτικό (ενδοκρινικό) σύστημα
  - Έκδυση και
  - Μεταμόρφωση
- Μυϊκό σύστημα
  - Μυϊκές ίνες
    - Πρωτεΐνες μυών
  - Κατηγορίες μυών
  - Δομή
  - Φυσιολογία



# Εντομο – Quiz!

Οι κυριότεροι ενδοκρινείς αδένες στα έντομα είναι τα Corpora allata, C. cardiaca και οι προθωρακικοί αδένες

Εκτός από αυτούς τους αδένες τα έντομα έχουν κι άλλους ενδοκρινείς αδένες όπως τα νευροεκκριτικά κύτταρα του εγκεφάλου, τους επιτραχειακούς, τον δακτυλιοειδή κ.λπ.

- Σωστό
- Λάθος



# Εντομο – Quiz!

Η νεανική ορμόνη Juvenile Hormone (JH) είναι μια ορμόνη που συναντάται σε όλα τα στάδια του εντόμου

- Σωστό
- Λάθος

Η νεανική ορμόνη συναντάται μόνο στα ανήλικα στάδια (προνυμφικά) καθώς και σε μικρότερη ποσότητα στο στάδιο της νύμφης, αλλά όχι στα ενήλικα

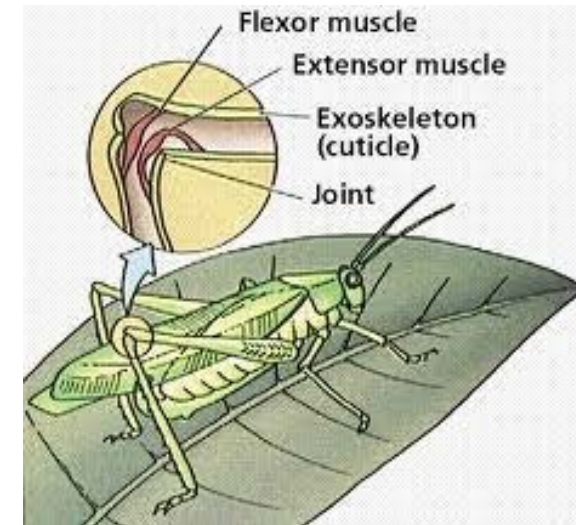


# Εντομο – Quiz!

Οι μύες στα έντομα δεν εμφανίζουν μεγάλη εξειδίκευση σε σχέση με τη λειτουργία και τη δομή τους

- Σωστό
- Λάθος

Οι μύες των εντόμων διακρίνονται ανάλογα με τη δομή τους σε σωληνωτούς, στενά στοιβαγμένους και ινώδεις και ανάλογα με τη λειτουργία τους σε σπλαχνικούς, σκελετικούς, πτήσης, θωρακικούς, κεφαλικούς κ.λπ.



# Ερωτήσεις

- Από τι αποτελείται το ενδοκρινές σύστημα των εντόμων
- Τι είναι έκδυση και τι μεταμόρφωση και πως ρυθμίζονται ορμονικά
- Πως συνδέονται τα CA με την έκδυση των εντόμων
- Τι γνωρίζεται για του προθωρακικούς αδένες και ποιά η λειτουργία τους
- Πως χαρακτηρίζονται οι μύες σε σχέση με τη μορφολογία των κυττάρων τους
- Τι γνωρίζετε για την ανατομία των μυών
- Τι γνωρίζετε για τη λειτουργία των μυικών κυττάρων
- Ποιες είναι οι δύο κατηγορίες των μυών της πτήσης στα έντομα και ποιά η λειτουργία τους
- Τι γνωρίζετε για τις γραμμώσεις και της διαφορετικές ζώνες των μυών
- Τι είναι το σασκόλημα

# Ερωτήσεις

- Δώστε τον ορισμό της έκδυσης και της μεταμόρφωσης και περιγράψτε το σχετικό μηχανισμό
- Ποιά είναι τα κύρια νευροεκκριτικά κέντρα που συνδέονται με την έκδυση και τη μεταμόρφωση.
- Ποιές είναι οι σημαντικότερες κατηγορίες μυών.
- Ποιά είναι η δομή και η λειτουργία του μυϊκού συστήματος των εντόμων.
- Τι γνωρίζετε για την πτήση των εντόμων;
- Τι γνωρίζετε για τους μύες που συνδέονται με την πτήση των εντόμων.

# Ερωτήσεις

- Ποια είναι τα κύρια νευροεκκριτικά κέντρα στα έντομα και ποια η λειτουργία τους;
- Τι γνωρίζετε για την έκδυση και τη μεταμόρφωση, και από ποιες ορμόνες ελέγχονται;
- Τι γνωρίζεται για τη μορφολογία των μυικών κυττάρων. Ποιοι οι σημαντικότεροι τύποι μυών.
- Περιγράψτε τη λειτουργία σύσπασης των μυών;
- Τι γνωρίζετε για τους μύες της πτήσης
- Ποιες είναι οι κυριότερες ορμόνες και ποιος ο ρόλος τους;
- Περιγράψτε τη διαδικασία της έκδυσης

# Ερωτήσεις

1. Τι γνωρίζετε για τη δομή των μυών και τι για τη λειτουργία τους;
2. Ποιους τύπους μυών γνωρίζετε
3. Τι γνωρίζετε για τους μύες της πτήσης και τη λειτουργία τους;
4. Δώστε τον ορισμό του ενδοκρινικού του συστήματος των εντόμων και περιγράψτε τη σχέση του με το νευρικό σύστημα;
5. Τι γνωρίζετε για την έκδυση και τη μεταμόρφωση και από ποιους ορμονικούς μηχανισμούς ελέγχονται;
6. Ποιοι είναι οι κύριοι ενδοκρινείς αδένες των εντόμων και ποια η λειτουργία τους;
7. Ποιες είναι οι κύριες ορμόνες των εντόμων;
8. Τι είναι το σαρκόσωμα, το σαρκόλημα και το σαρκόπλασμα;
9. Τι είναι τα Corpora Allata και ποια η λειτουργία τους;
10. Ποιος είναι ο νευροεκκριτικός ρόλος του εγκεφάλου;