

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

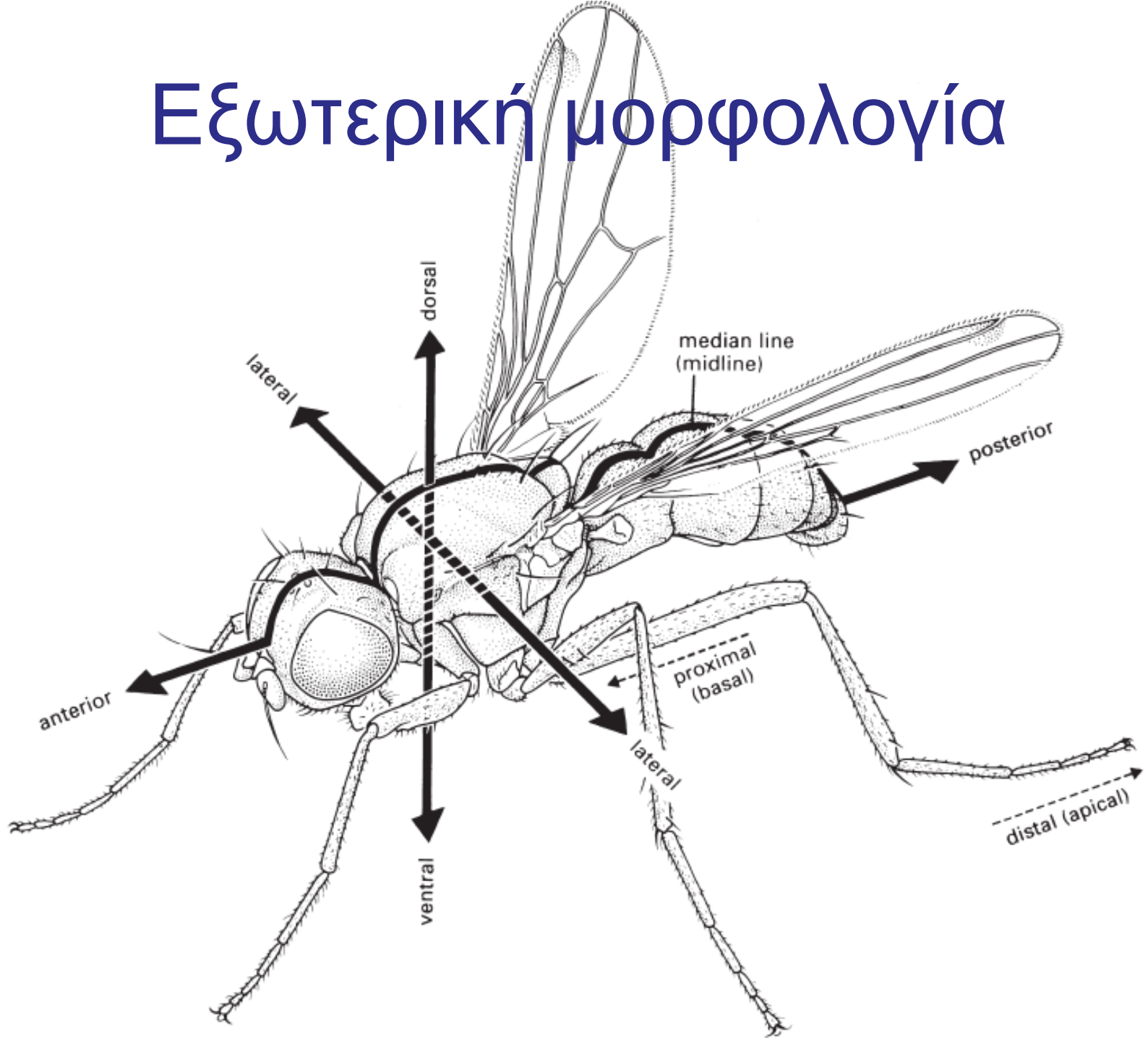
<http://eclass.uth.gr/SGEA117/>

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

Σύνοψη της σημερινής διάλεξης

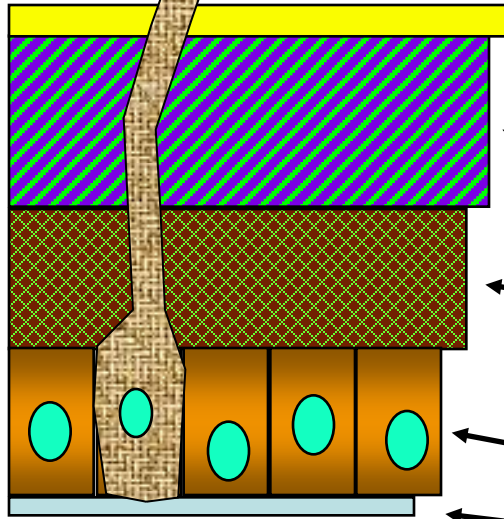
- Εξωτερική μορφολογία
- Εξωσκελετός και σωματικά τμήματα
 - Μέρη του εξωσκελετού
 - Έκδυση
 - Σωματικά τμήματα
 - Κεφαλή και εξαρτήματα
 - Θώρακας
 - Κοιλιά

Εξωτερική μορφολογία



Μορφή του εξωσκελετού

Δερμάτιο



Cement και κηρώδες στρώμα

Επιδερμάτιο

Ινώδες (Εξωδερμάτιο –
Ενδοδερμάτιο)

Επιδερμίδα – Υποδερμίδα

Βασική μεμβράνη

Τρίχες και αντίστοιχα κύτταρα

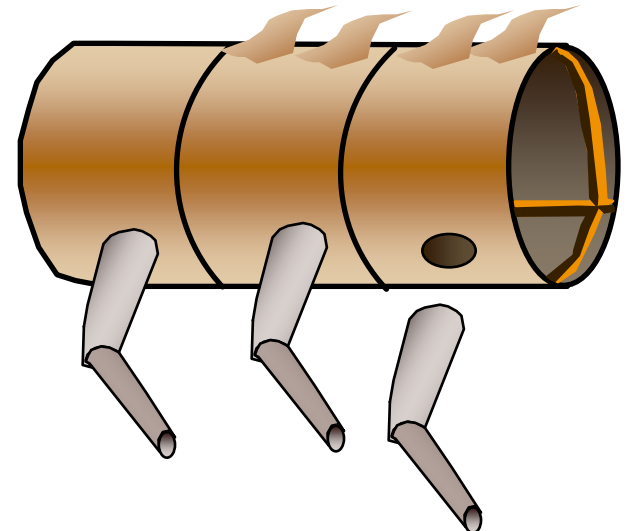
Κυλινδρική κατασκευή

Σκληρίτες

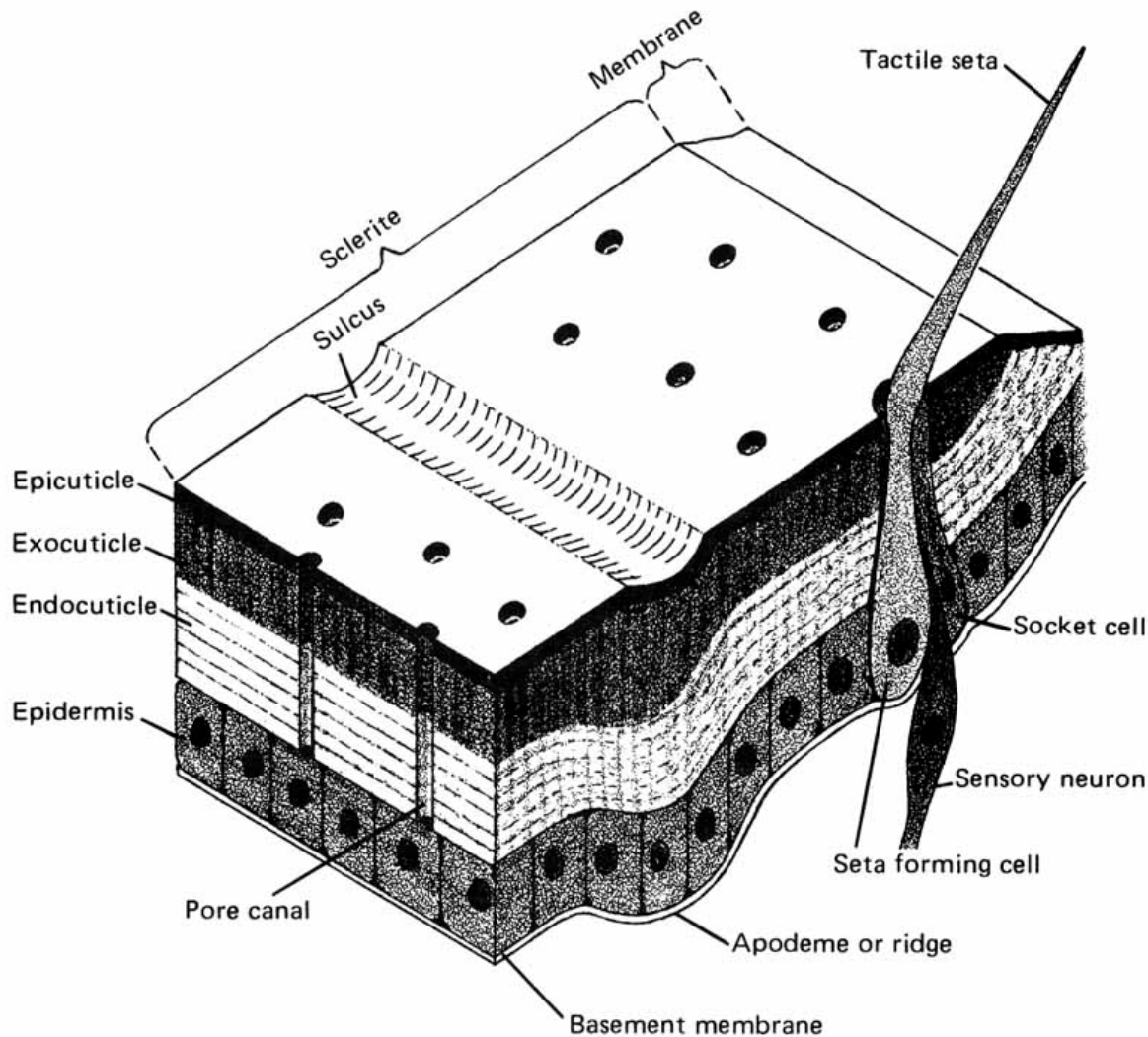
Μεμβράνες

Ραφές

Αποφύσεις



Στρωμάτωση του εξωσκελετού και χιτινώδης κατασκευής



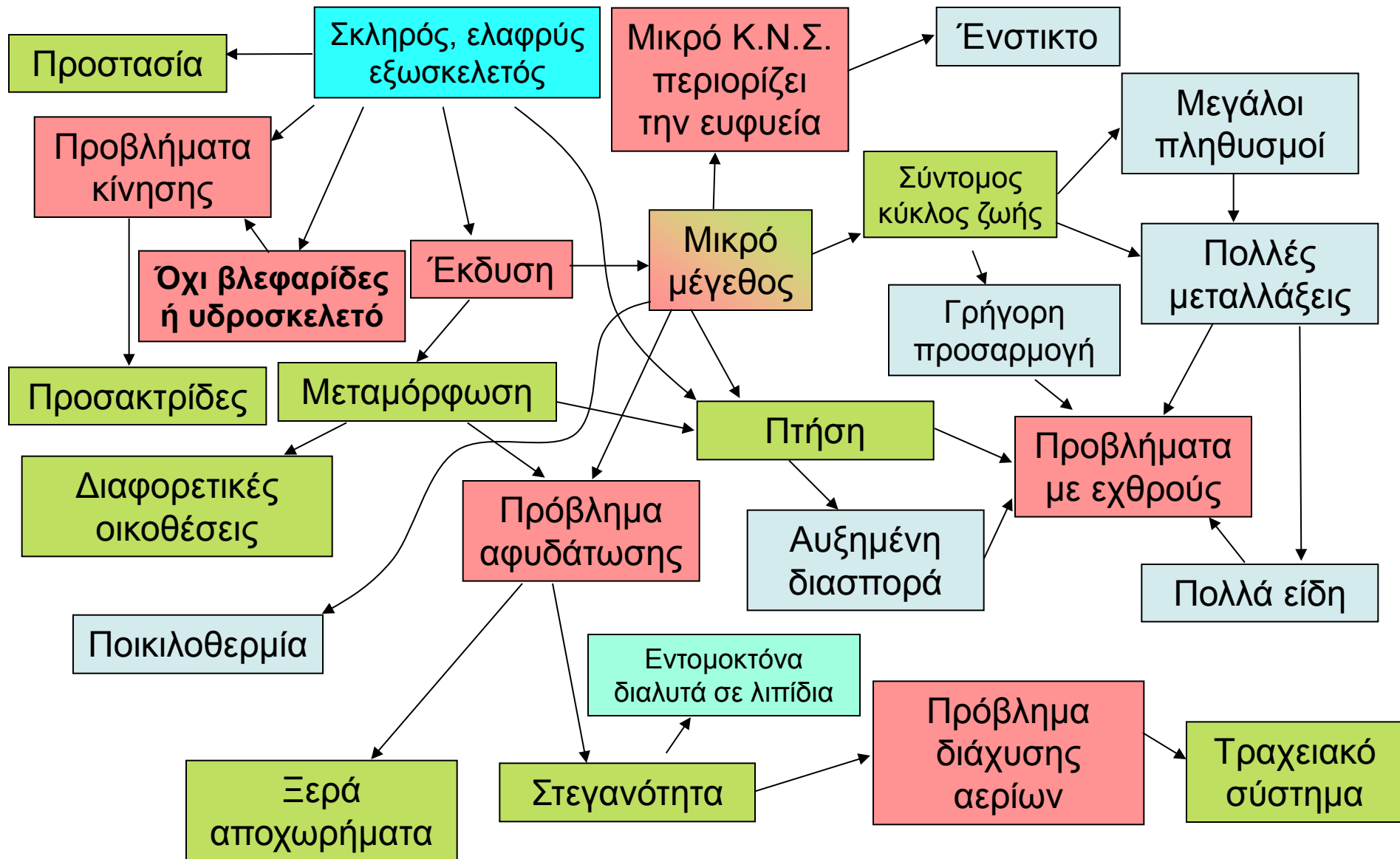
Πλεονεκτήματα:

1. Δυνατός και εύκαμπτος
2. Αδιάβροχος
3. Ελαφρύς
4. Ευπροσάρμοστος

Μειονεκτήματα:

1. Περιορίζει το μέγεθος
2. Πρέπει να αποβάλλεται όταν το μέγεθος μεγαλώνει
3. Απαιτείται χρόνος για σκληρωτίνηση

Σημασία του εξωσκελετού



Σημασία εξωσκελετού και ενδοσκελετού

- Δημιουργεί το αιμόκοιλο
- Ανοιχτό κυκλοφορικό σύστημα
- Απλούς τρόπους αναπνοής

Λειτουργίες εξωσκελετού

- Αποθήκευση θρεπτικών συστατικών
- Αντοχή και σκληρότητα
- Διαπερατότητα
- Χρωματισμός

Αντοχή και σκληρότητα

- Αρκετά ανθεκτικό και σκληρό περίβλημα,
- Παρέχει κάποια ελαστικότητα.
 - Παραλλακτικότητα μεταξύ ειδών, μορφών, σκληρίτες μεμβράνες, περιεκτικότητα σε ρεσιλίνη.
- Κύλινδρος (εξωσκελετός) 3 φορές πιο ανθεκτικός από ίσης μάζας συμπαγή ράβδο (ενδοσκελετός).
- Οικονομικότερη κατανομή μάζας.
- Προστασία του εσωτερικού κατά την κάμψη.
- Περιορισμοί στο μέγεθος.

Διαπερατότητα

Νερό

- Κηρώδες στρώμα (διάταξη υδρόφοβου άκρου με κλίση 25° προς τα έξω, πυκνό στοίβαγμα μορίων, δυνάμεις Van der Waals) αποτρέπει την απώλεια νερού.
 - Θερμοκρασία

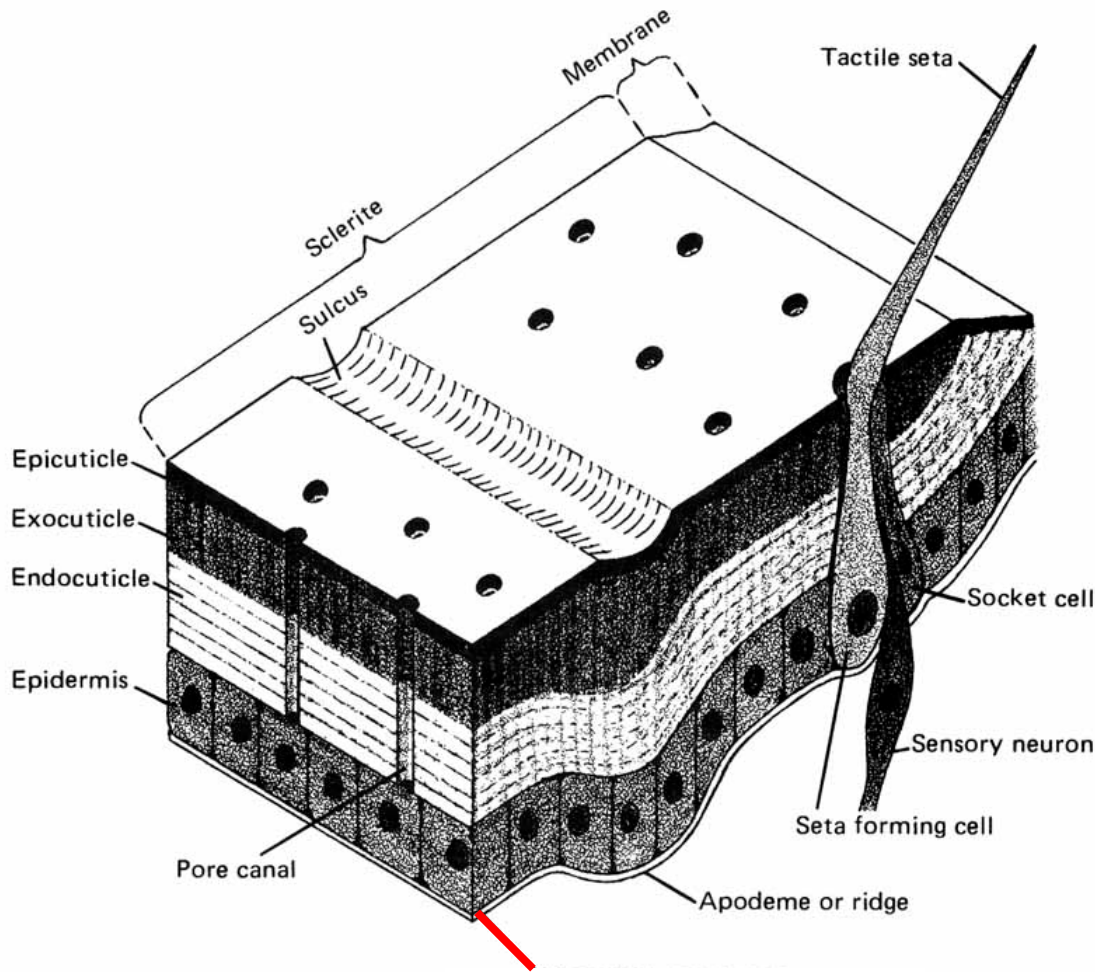
Εντομοκτόνα

- Εμπόδια: στρώμα κηρών, cement.
 - Εντομοκτόνα πρέπει να είναι μερικώς λιπόφιλα, αλλά και μερικώς υδατοδιαλυτά για να κινηθούν στο εσωτερικό του εντόμου.
- Πάχος εξωσκελετού, καναλικοί πόροι (κυττοπλασματική προέκταση), μεμβρανώδεις περιοχές, αναπνευστικά στίγματα.

Μέρη του εξωσκελετού

- Μεμβράνη βάσης ή βασική μεμβράνη
- Υποδερμίδα
- Δερμάτιο
 - Επιδερμάτιο
 - Cement
 - Κηροί
 - Κουτικουλίνη
 - Έσω επιδερμάτιο
 - Ινώδες δερμάτιο
 - Εξωδερμάτιο
 - Ενδοδερμάτιο
 - Χητίνη – Πολυακετυλο γλυκοζαμίνη
 - Δομικές πρωτεΐνες (αρθροποδίνη)

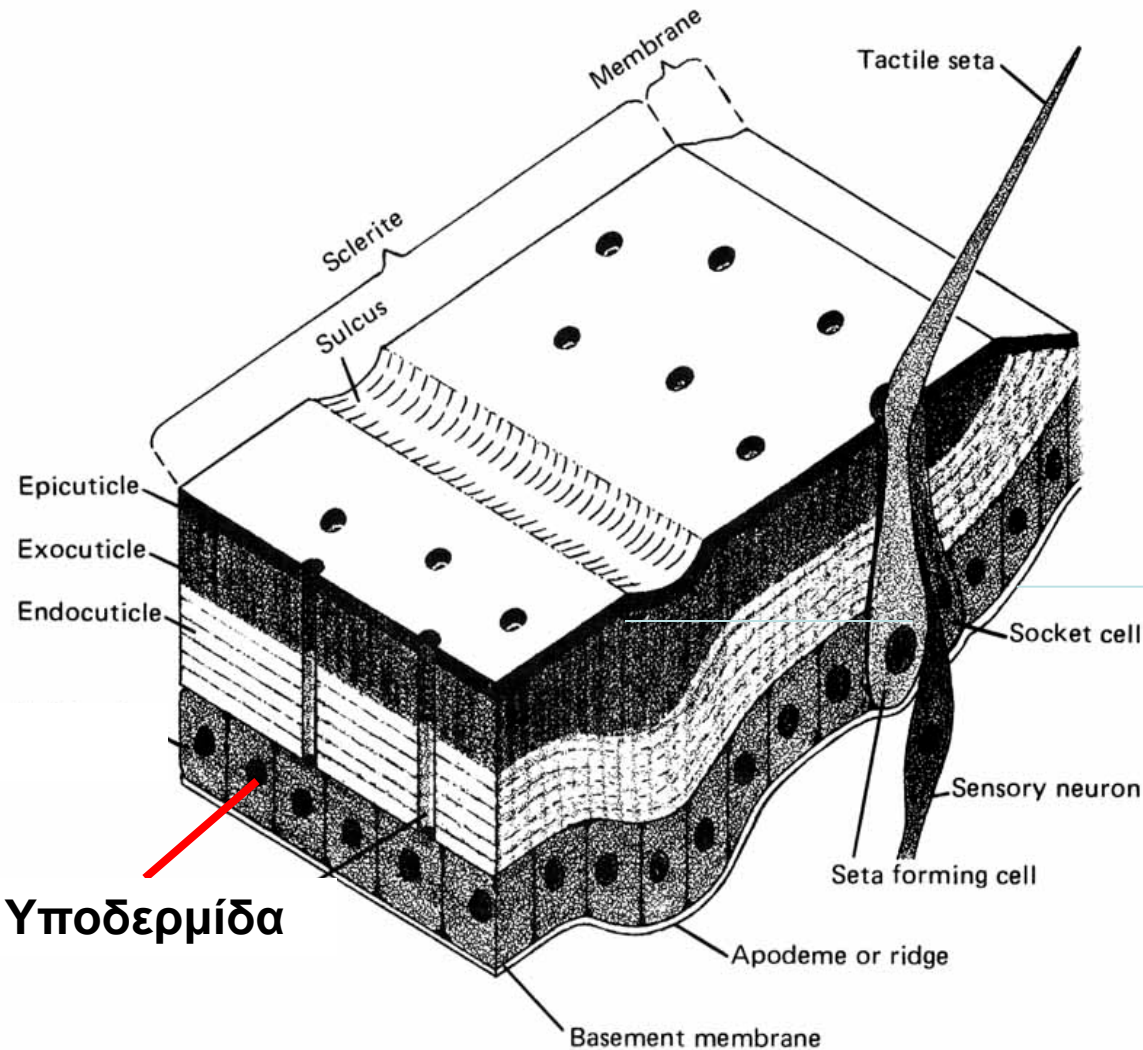
Μεμβράνη βάσης



Μεμβράνη βάσης

- Άμορφο, μη κυτταρικό στρώμα από ουδέτερους μουκοπολυσακχαρίτες, πάχους 0.5μ.
- Παράγεται από αιμοκύτταρα και υποδερμικά κύτταρα.

Υποδερμίδα (hypodermis ή epidermis)



Υποδερμίδα

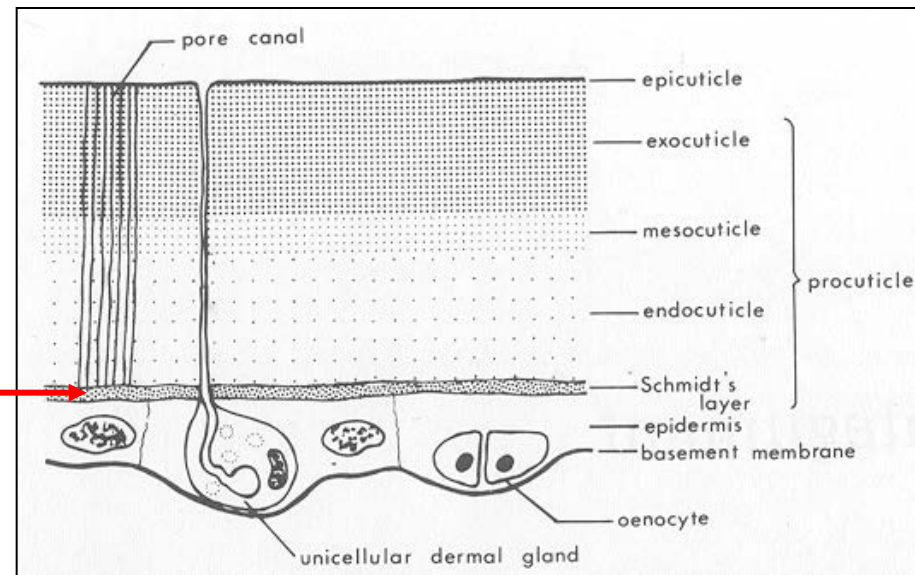
- Συνεχής λεπτός ιστός, μονόστιβο επιθήλιο υποδερμικών κυττάρων.
 - Οινokύτταρα, μονοκυτταρικοί δερματικοί αδένες
- Χρωστικές (insectorubin).
- Επούλωση πληγών.

Οινοκύτταρα (Oenocytes) – Μονοκυτταρικοί δερματικοί αδένες (Unicellular dermal glands)

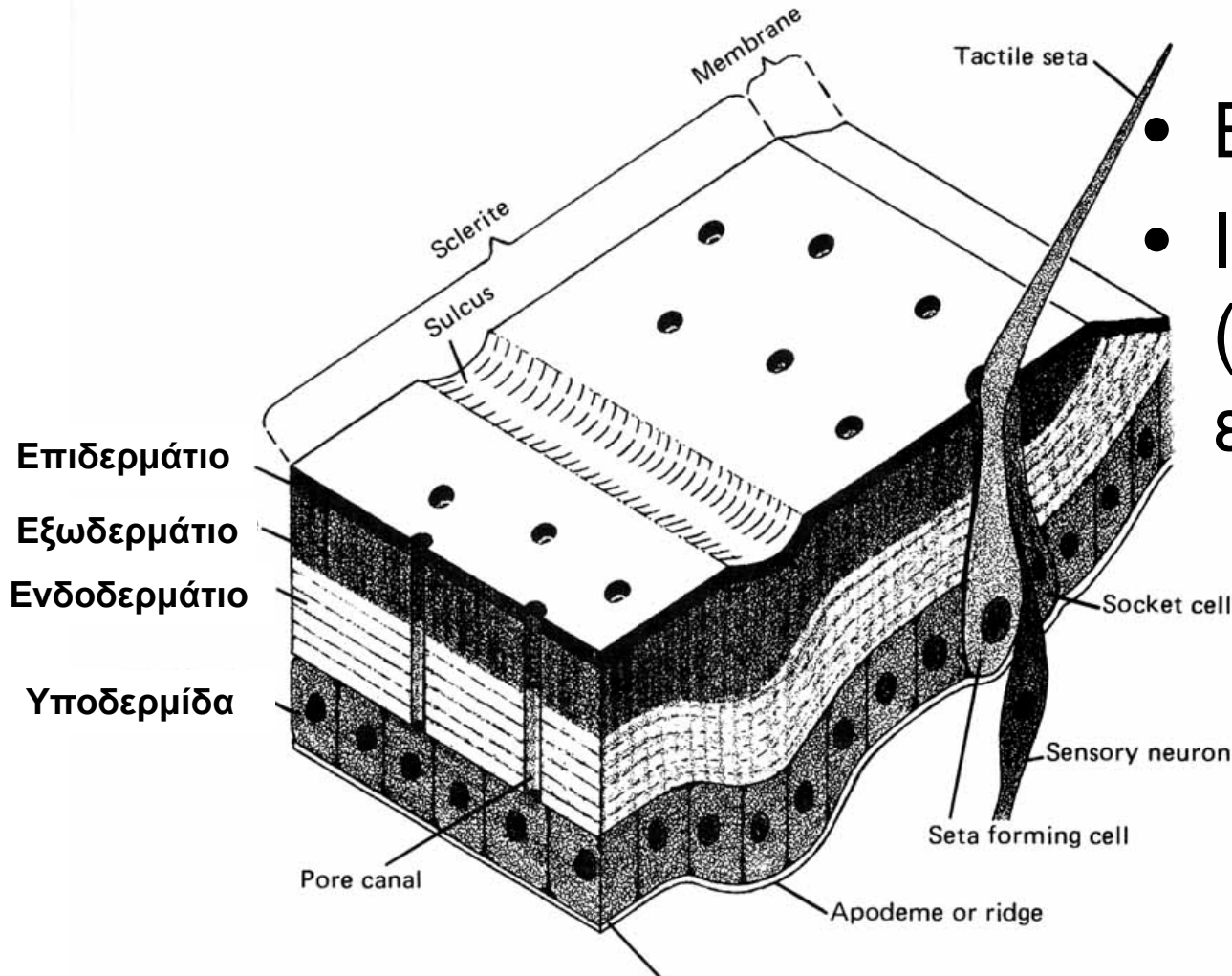
- Οινοκύτταρα:
 - Διάμετρος $>100\mu\text{m}$
 - Η δραστηριότητα τους σχετίζεται με τη διαδικασία της έκδυσης.
 - Παράγουν τα λιποπρωτεϊνικά συστατικά του επιδερματίου
- Αδένες:
 - Έχουν αγωγό μέχρι την επιφάνεια.
 - Κυκλική δραστηριότητα που σχετίζεται με την παραγωγή νέου δερματίου.
 - Εκκρίνουν το cement του επιδερματίου

Στρώμα Schmidt ή υποδερμάτιο (subcuticle)

- Μη καλά σταθεροποιημένο ενδοδερμάτιο



Δερμάτιο



- Επιδερμάτιο
- Ινώδες δερμάτιο (εξωδερμάτιο & ενδοδερμάτιο)
 - Χιτίνη και δομικές πρωτεΐνες

Βασική
μεμβράνη

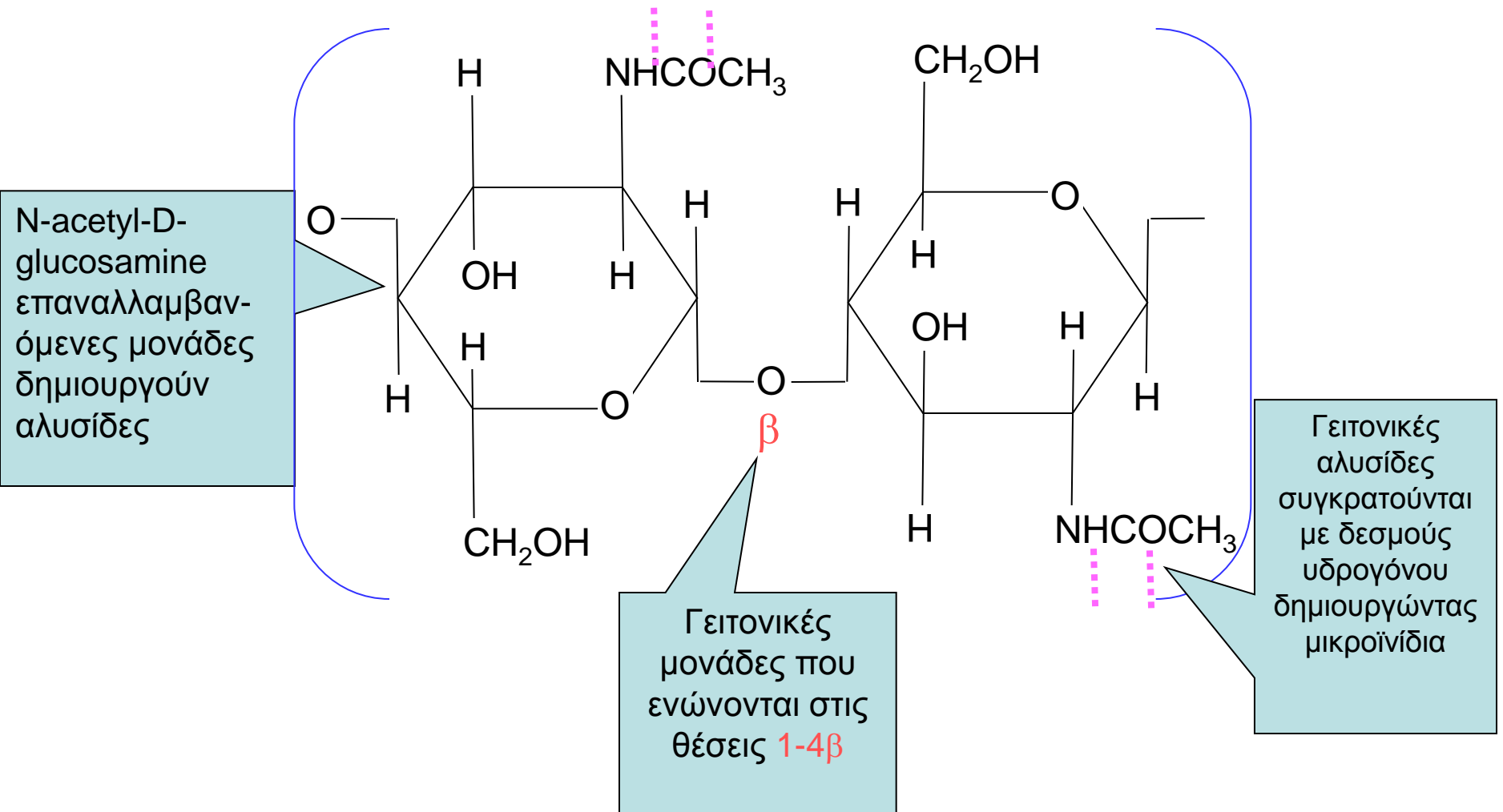
Δερμάτιο

- Περιβάλλει όλο το σώμα,
- αλλά και
 - Πρόσθιο έντερο
 - Οπίσθιο έντερο
 - Τραχείες και τραχείδια
 - Αδένες
 - Αγωγούς του αναπαραγωγικού συστήματος

Ινώδες δερμάτιο

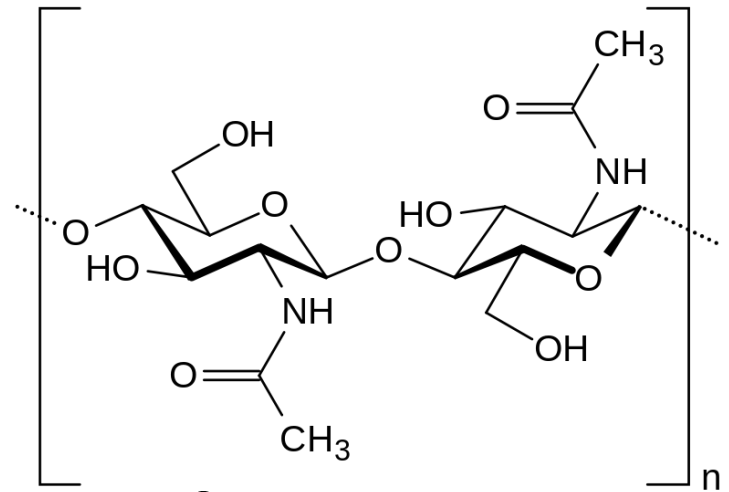
- Ενδοδερμάτιο και εξωδερμάτιο
- Χιτίνη και δομικές πρωτεΐνες
- Χιτίνη
 - Αδιάλυτη στο νερό, αλκάλια, αραιά οξέα και οργανικούς διαλύτες.
 - Αζωτούχος πολυσακχαρίτης
 - Μόρια χιτίνης ενώνονται με δεσμούς υδρογόνου και δίνουν μικροϊνίδια (microfibers)
 - 25-60% ξ.β. του ινώδους όχι στο επιδερμάτιο
 - Με ομοιοπολικούς δεσμούς συνδέονται με πρωτεΐνες (γλυκοπρωτεϊνικό σύμπλοκο).
 - «Αρθροποδίνη» όχι μόνο ένα είδος πρωτεϊνών
 - Υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές πρωτεΐνες

Χιτίνη – Χημική σύσταση

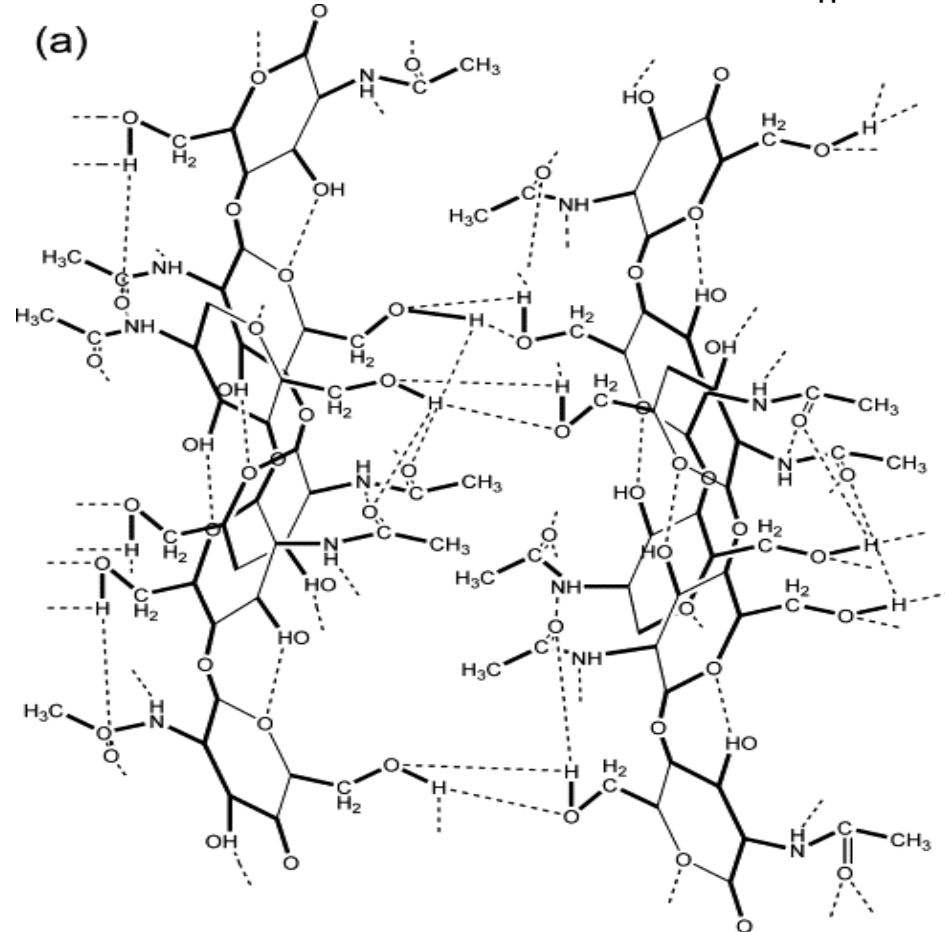


Χιτίνη

- Μόριο χιτίνης



- Μόρια χιτίνης ενωμένα με δεσμό υδρογόνου

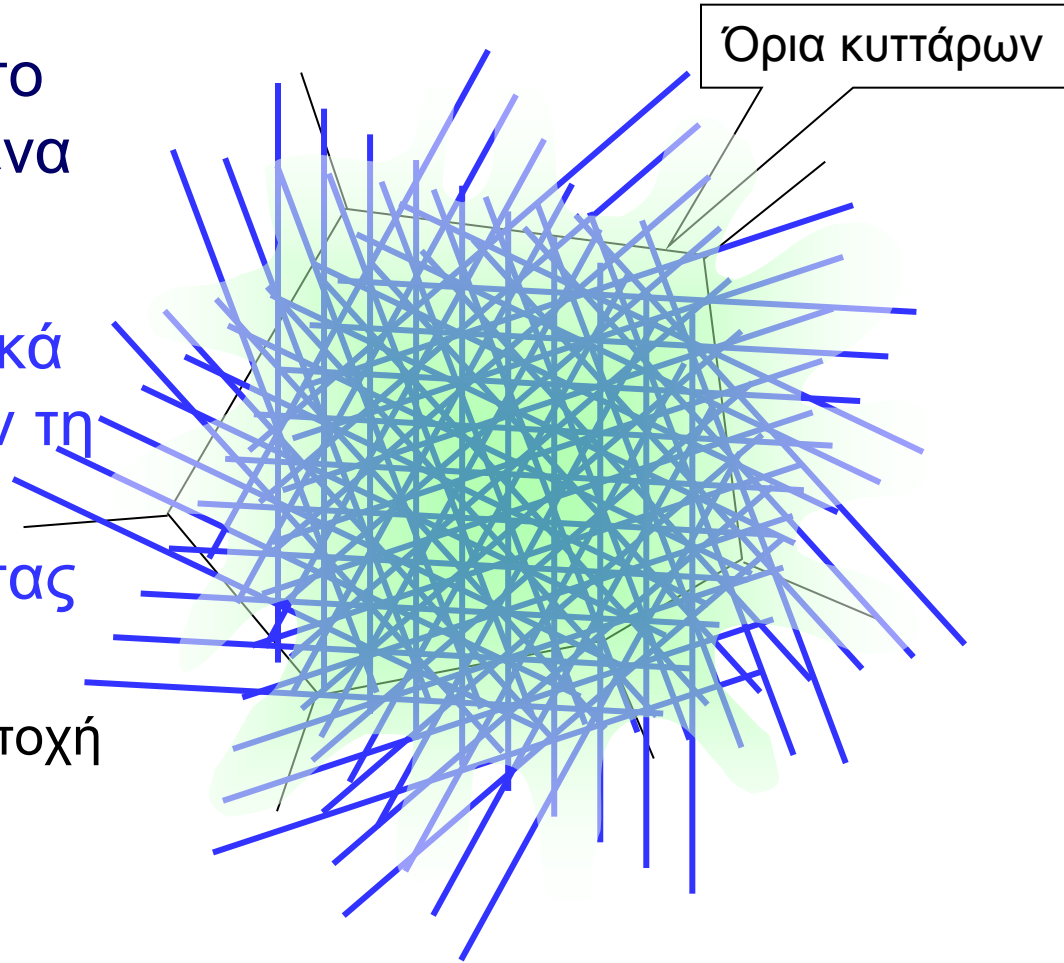


Μόρια χιτίνης και τρόπος σύνδεσης

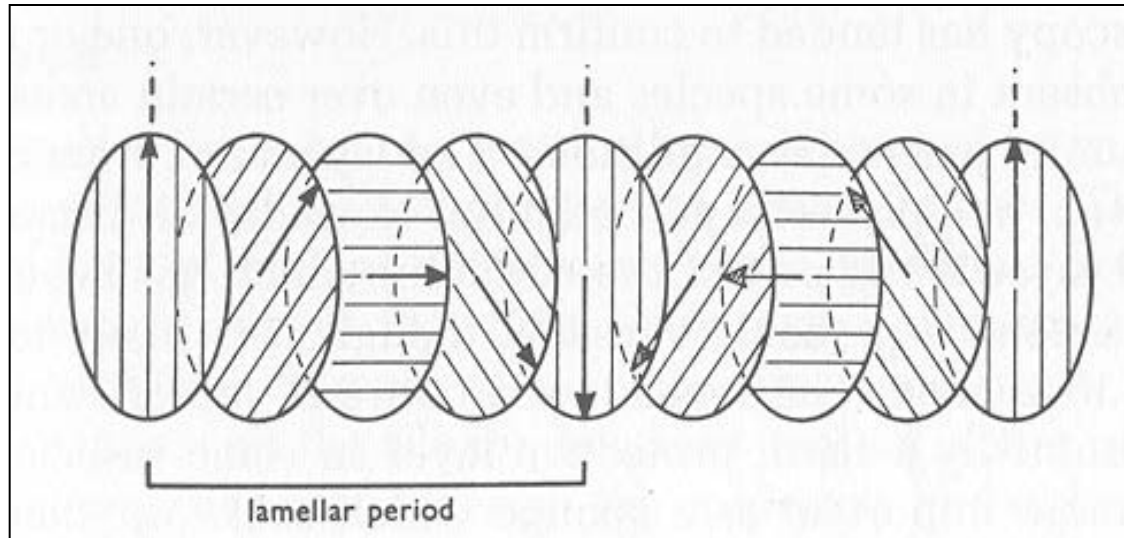
- Μικροϊνίδια προσανατολίζονται παράλληλα το ένα με το άλλο δημιουργώντας ένα στρώμα
- Μικροϊνίδια σε διαδοχικά στρώματα ακολουθούν τη φορά των δεικτών του ρολογιού δημιουργώντας ελικοειδή διάταξη
 - Αυτή η διάταξη δίνει αντοχή σε σπασίματα
- Πρωτεΐνες παρεμβάλλονται

Εξωτερική εμφάνιση της επιδερμίδας

Όρια κυττάρων



Ενδοδερμάτιο

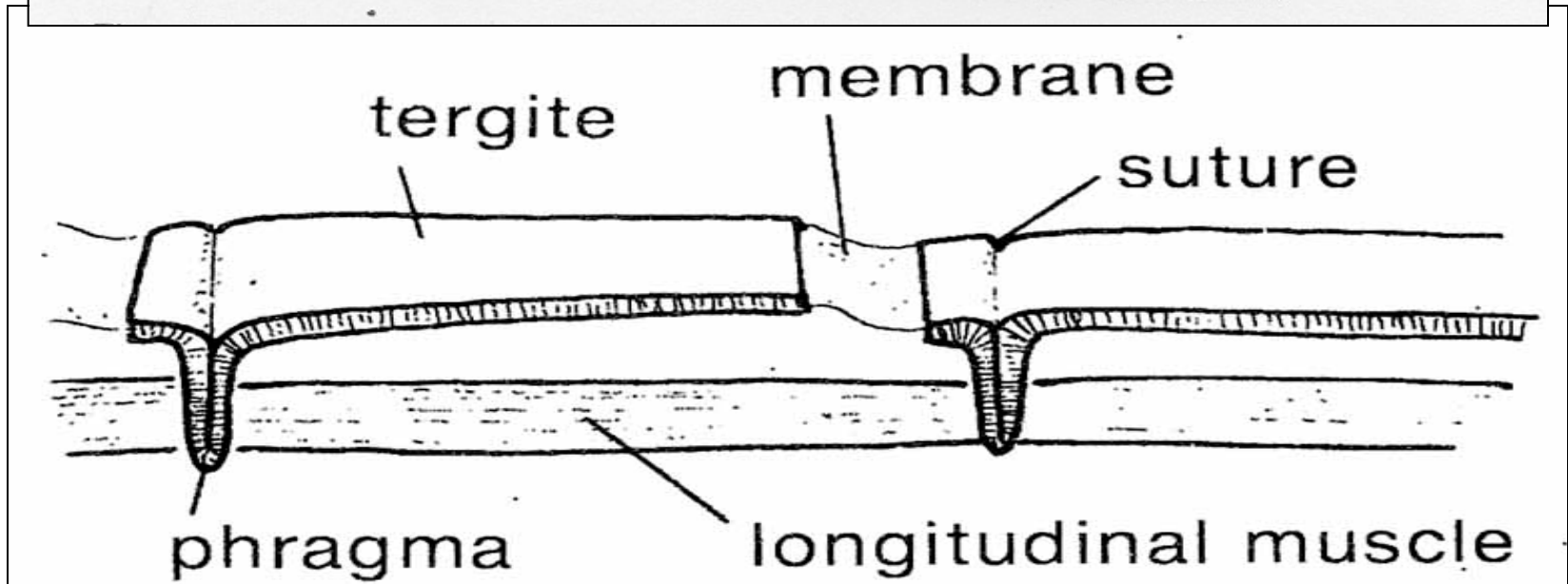
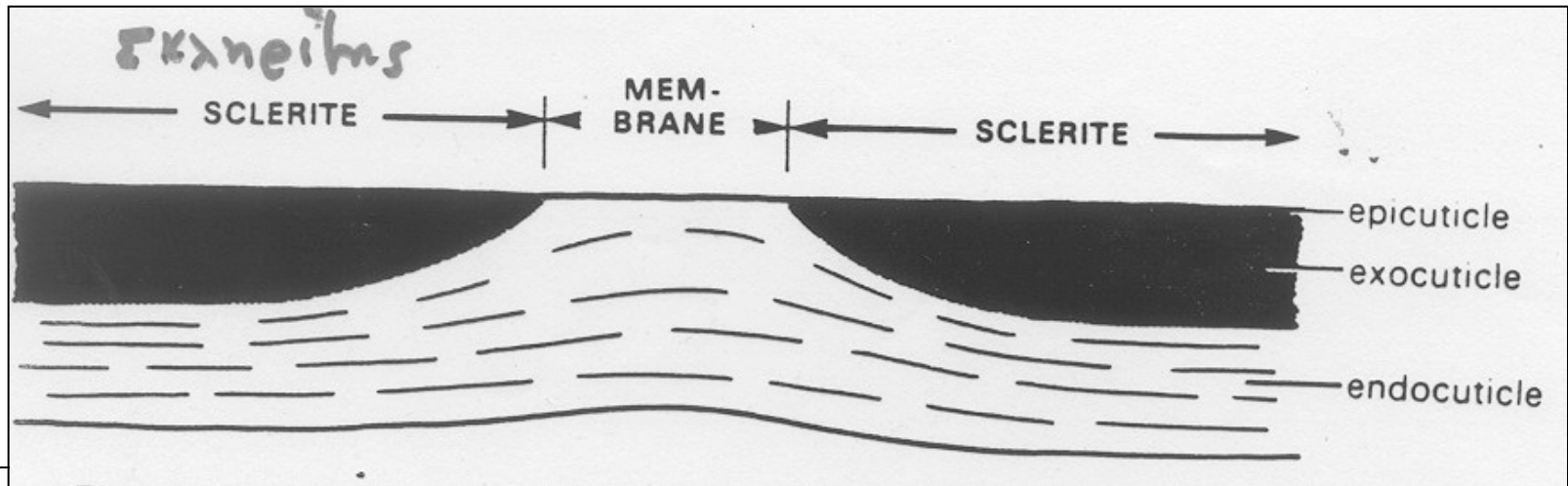


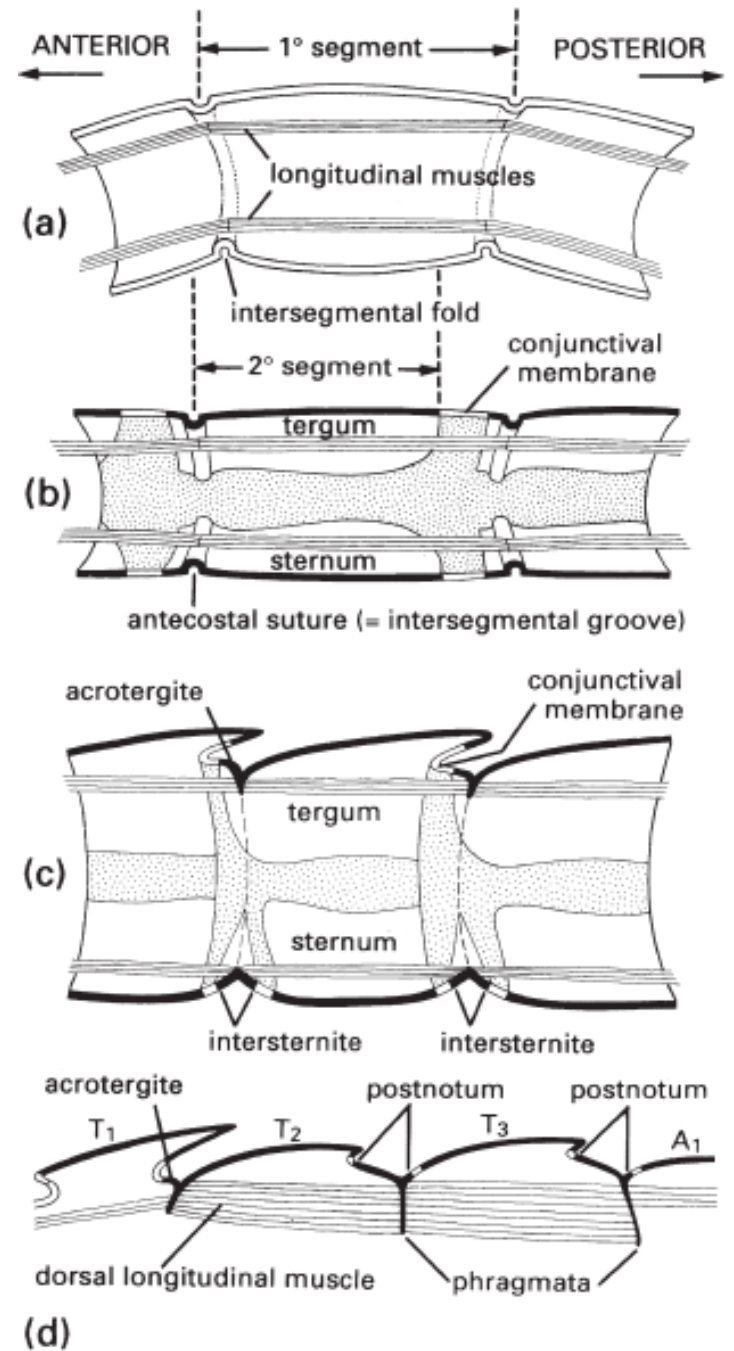
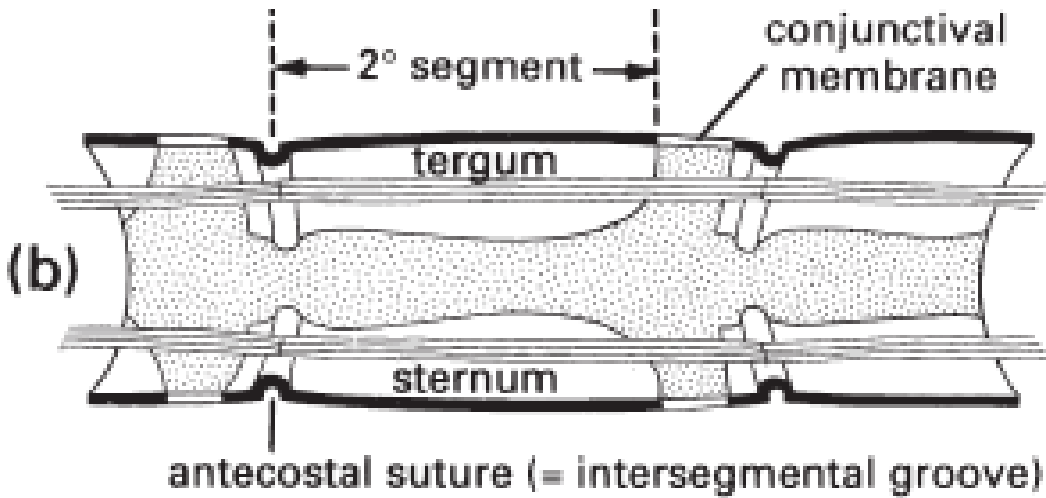
- Χιτίνη σε στρώματα (lamellae).
- Σε κάθε lamella παράλληλα μικροϊνίδια
- Σε διαφορετικές lamellae διαφορετικός προσανατολισμός των μικροϊνιδίων.
- Μεταξύ των lamellae επικάθονται οι πρωτεΐνες (σύνδεση με ομοιοπολικούς δεσμούς).
- Είναι εύκαμπτο και ελαστικό.

Εξωδερμάτιο

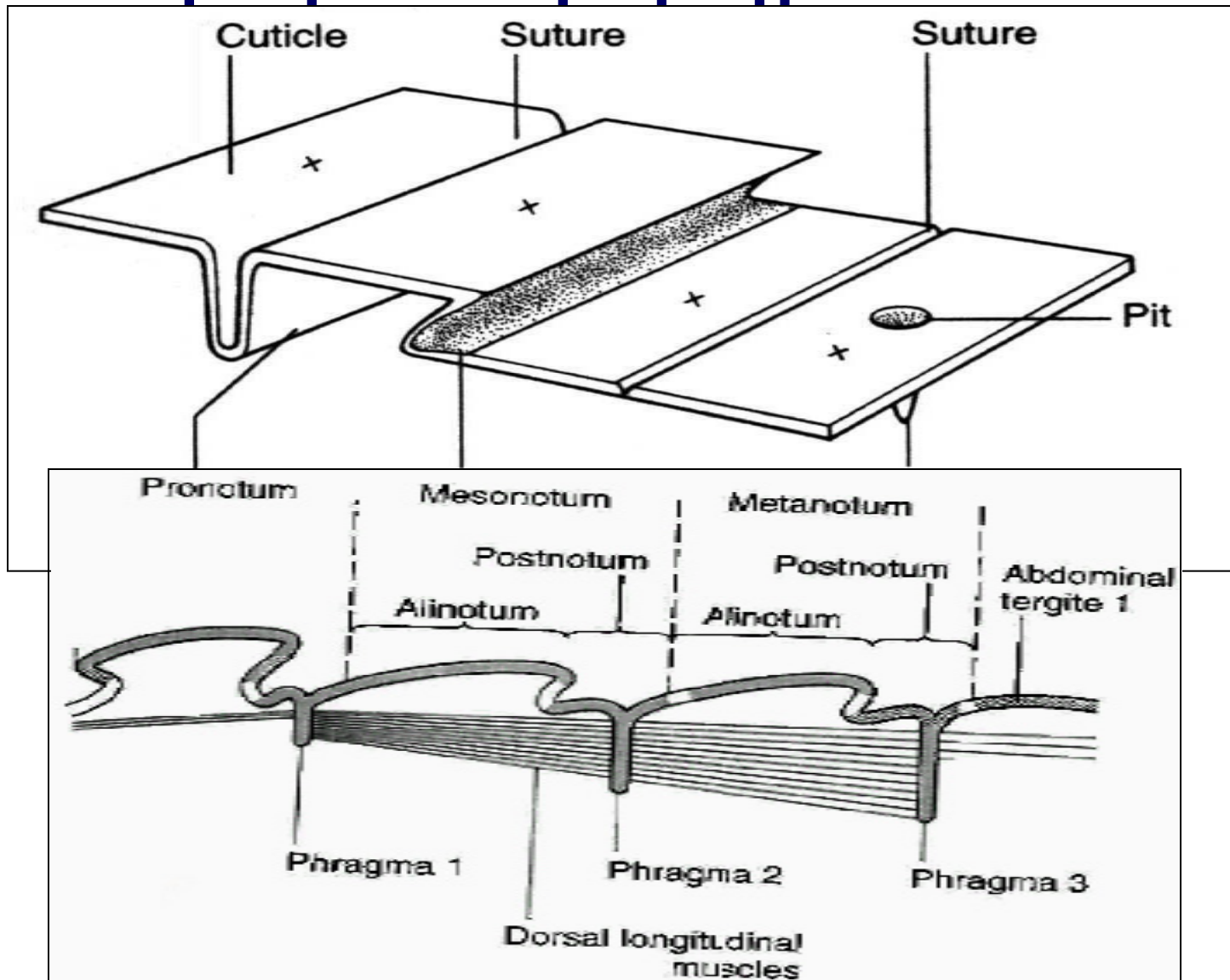
- Αρκετά σκληρό και δύσκαμπτο.
- Δέψη πρωτεϊνών με κινόνες (πολυμερισμός που σταθεροποιεί ζωικές πρωτεΐνες).
- Δημιουργούν τη «Σκληρωτίνη»
- Λόγω σκληρωτίνωσης δεν επηρεάζεται από το υγρό της έκδυσης.
- Η Διφαινολική Οξειδάση το ένζυμο που συμβάλει στη δέψη των πρωτεϊνών.
 - Χρωστικές γενικά στο δερμάτιο.

Άρθρωση τμημάτων





Άρθρωση τμημάτων



Κανάλια πόροι- κανάλια κηρών

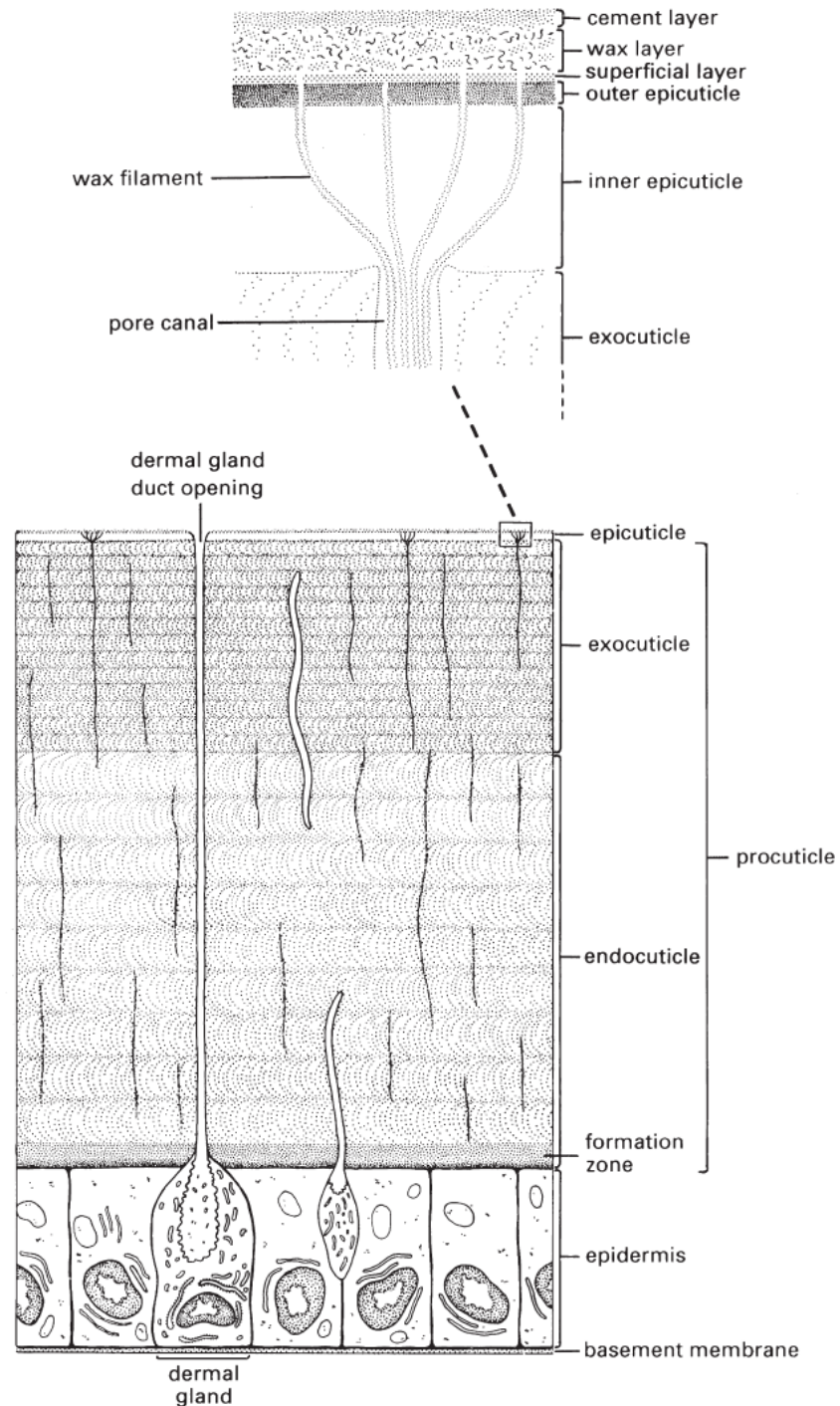
- Επικοινωνία επιδερμίδας με επιφάνεια δερματίου.
- Εναπόθεση-διόρθωση κηρών, διαδικασία δέψης.
- Συνήθως μετά την έκδυση γεμίζουν με κυττοπλασματικό υλικό.

Κανάλια Πόροι

- Σχηματίζονται κατά την εναπόθεση του νέου δερματίου
- Κυττοπλασματική προέκταση ή νηματοειδή κατασκευή (filament)

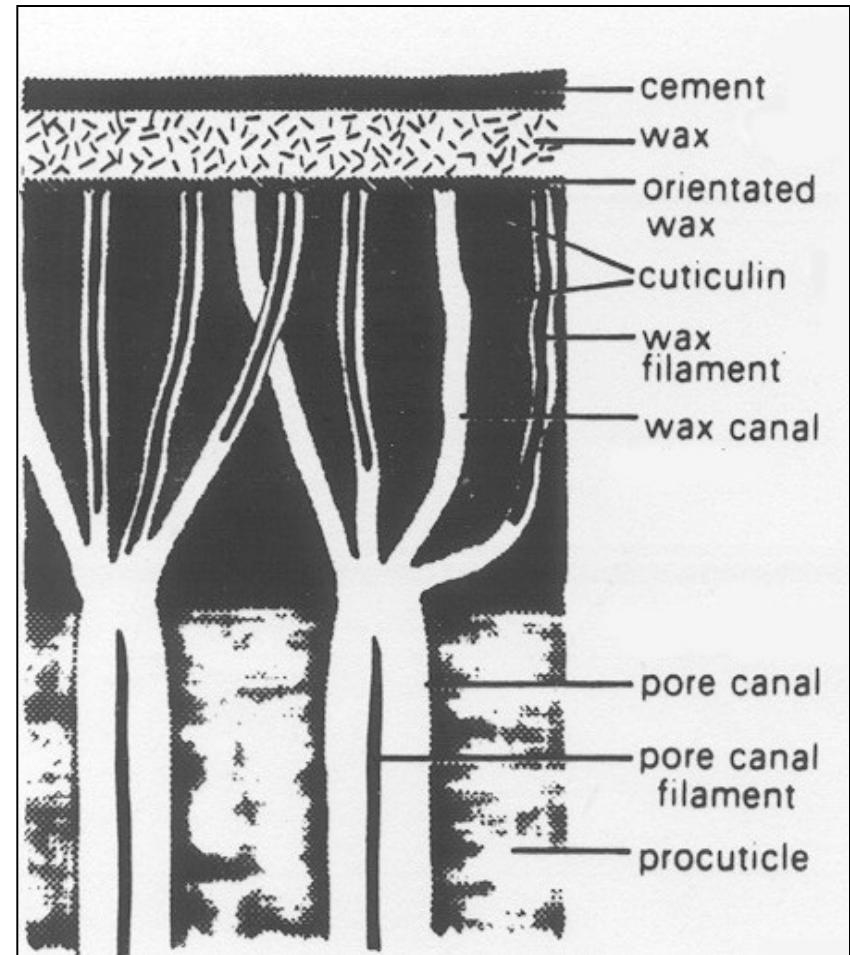
Κανάλια κηρών

- Από το τέλος του εξωδερματίου έως στρώμα πολυφαινολών, συνέχεια των καναλικών πόρων.



Επιδερμάτιο

- Σχηματίζεται από εκκρίσεις υποδερμικών αδένων (cement) και κυττάρων (υπόλοιπα στρώματα).
- Cement
- Κηρώδες στρώμα
- Στρώμα πολυφαινολών (?)
- Κουτικουλίνη (0,01-0,03 μ)
- Έσω επιδερμάτιο ή πρωτεϊνούχο επιδερμάτιο (0,01-10μ).



Επιδερμάτιο

Cement

- Πρωτεΐνες που έχουν υποστεί δέψη και λιπίδια ή ουσία όμοια του shellac.

Κηρώδες στρώμα

- Εστέρες μακράς αλυσίδας λιπαρών οξέων.
- Τρία στρώματα
 - πυκνά στοιβαγμένα μόρια σε υγρή μορφή, με τις **υδρόφοβες** ομάδες προς την επιφάνεια (**συνεπώς επιδερμάτιο υδρόφοβο και λιπόφιλο**).
 - Στρώμα κηρών ελεύθερα διατεταγμένων
 - Εξωτερικό στρώμα με κρυστάλλους κηρών (όχι σε όλα τα έντομα).

Επιδερμάτιο

Στρώμα πολυφαινολών

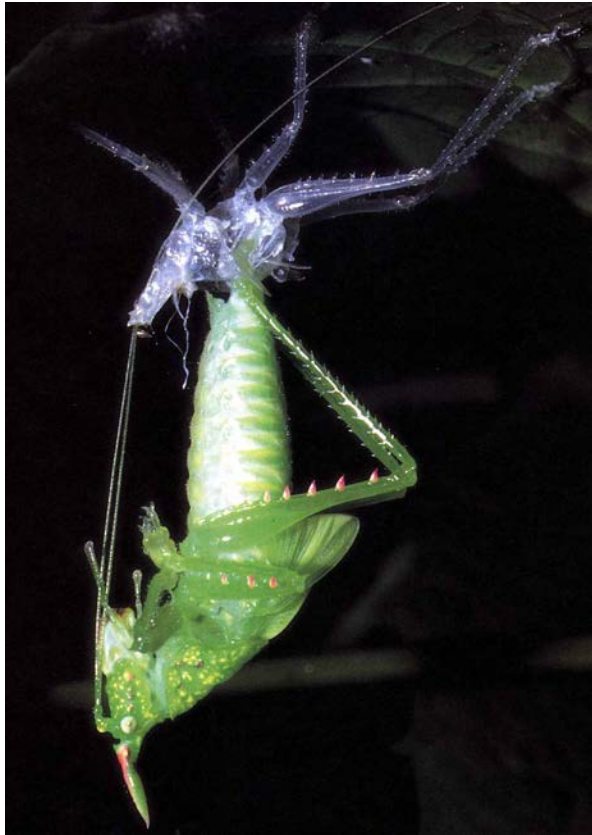
- Πολυφαινόλες και λιποπρωτεΐνες που έχουν υποστεί δέψη (ίσως όχι ξεχωριστό τμήμα, αλλά τμήμα της κουτικουλίνης που έχει υποστεί δέψη).

Κουτικουλίνη

- Πιθανώς αποτελείται από λιποπρωτεΐνες
- Περιβάλλει την εξωτερική επιφάνεια του εντόμου, τραχείδια, πρόσθιο και οπίσθιο έντερο, αγωγούς αδένων.
- Λείπει από την επιφάνεια αισθητηρίων οργάνων και μέσο έντερο.
- Επιλεκτικά διαπερατό
 - Αδιαπέραστο στα ένζυμα του υγρού έκδυσης,
 - Διαπερατό στους κηρούς.
- Ανελαστικό
- Υπεύθυνο για τη διάταξη των κηρών
- Πιθανή εμπλοκή στο σχεδιασμό του σχεδίου της επιφάνειας του δερματίου.

Έκδυση

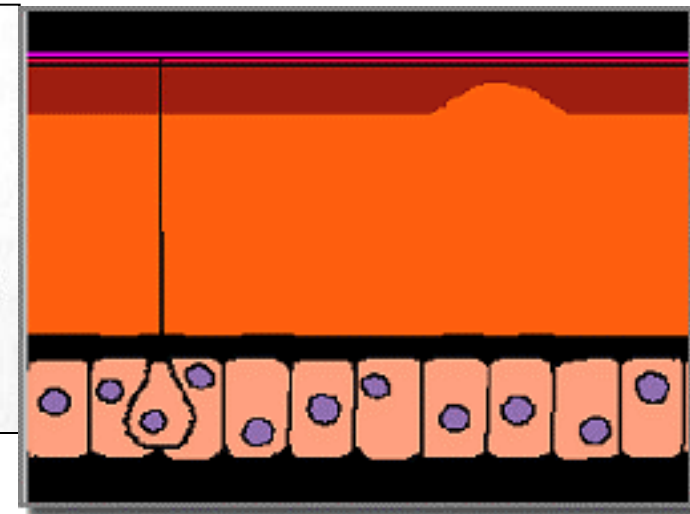
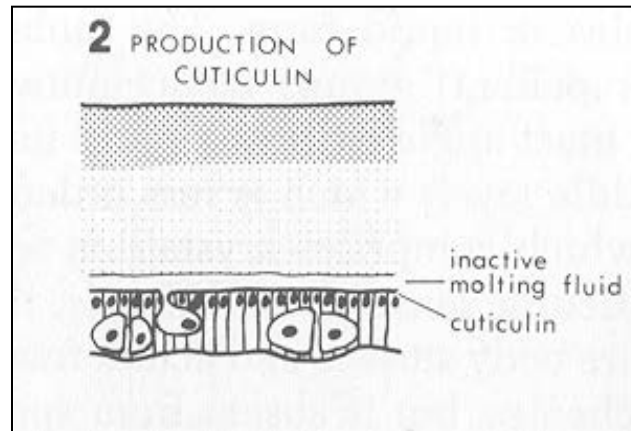
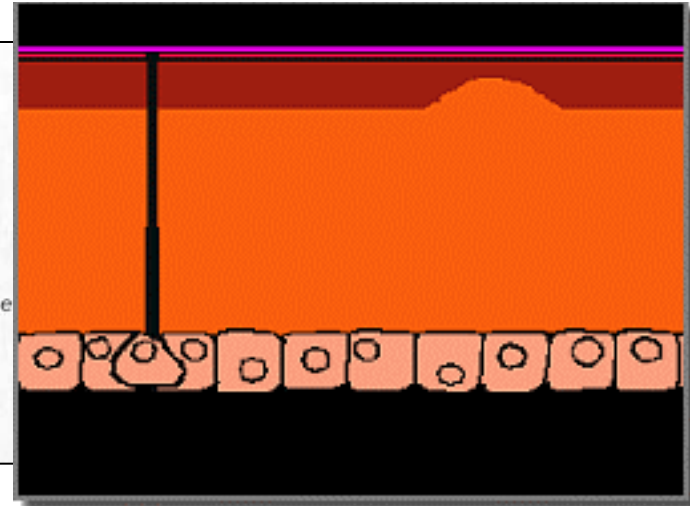
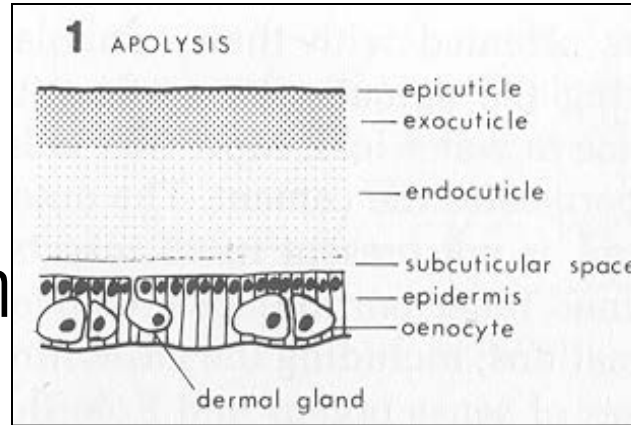
- Αποβολή του παλαιού δερματίου προνυμφών



Έκδυση

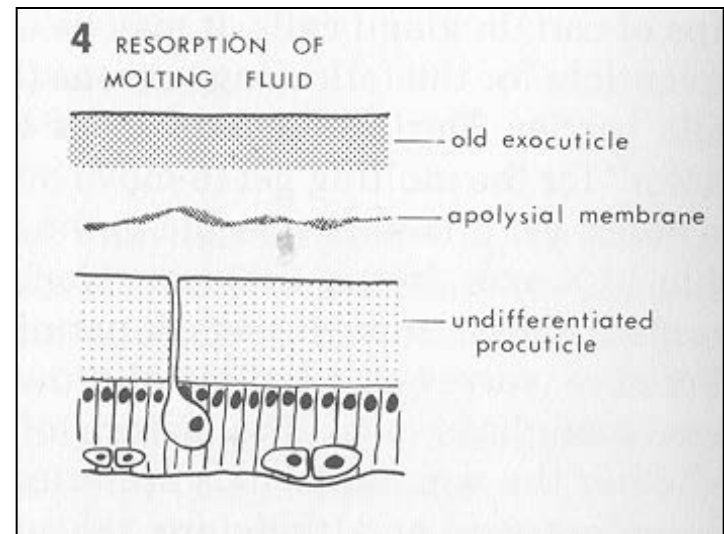
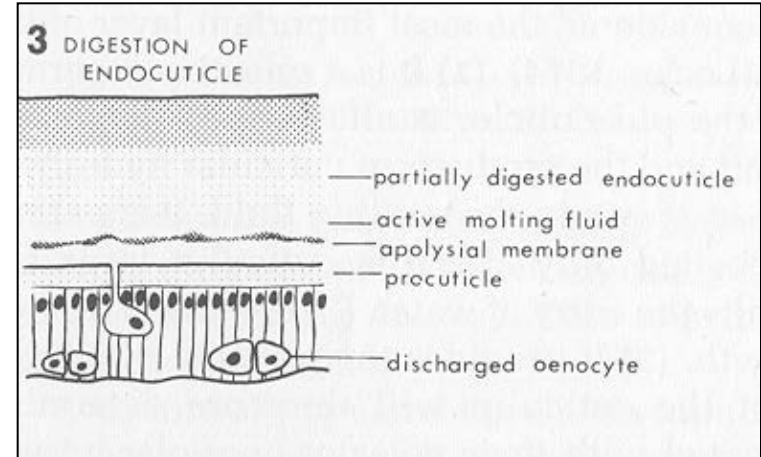
Προ της έκδυσης

- Αύξηση όγκου υποδερμικών κυττάρων και μίτωσης (αύξηση ριβωσωμάτων).
- Απόλυση
- Ο χώρος που δημιουργείται γεμίζει με υγρό έκδυσης (αρχικά ανενεργό) που αποτελείται από πρωτεάσες και χιτινάσες.



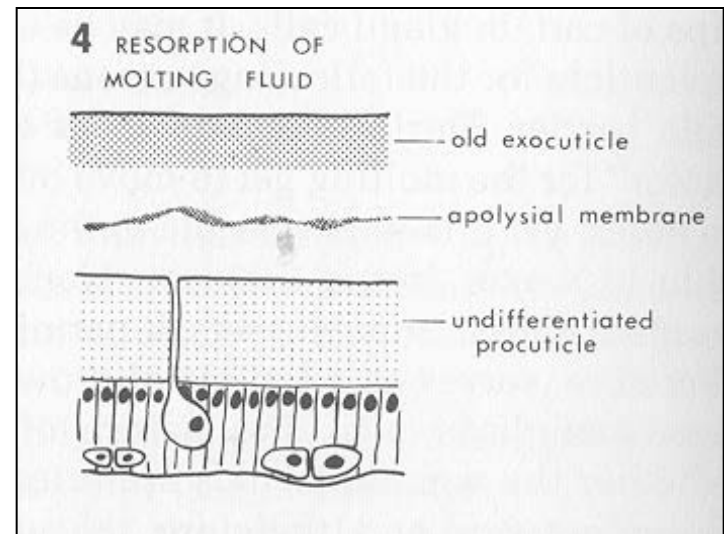
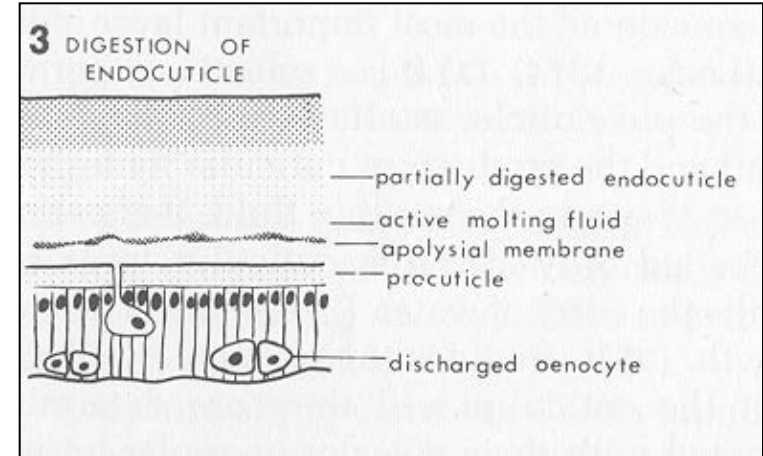
Έκδυση

- Έναρξη εναπόθεσης κουτικουλίνης του νέου επιδερματίου.
- «Ενεργός παράγοντας» εκκρίνεται από υποδερμικά κύτταρα διαπερνά την νέα κουτικουλίνη και ενεργοποιεί το υγρό έκδυσης.
- Σχηματίζεται η μεμβράνη απόλυσης (από στρώματα χιτίνης παλιού δερματίου).
- Πέψη (διάλυση) παλιού ενδοδερματίου (80-90% απορροφάται και επαναχρησιμοποιείται).
- Δεν επηρεάζεται παλιό εξωδερμάτιο και επιδερμάτιο, μυς, αισθητήρια όργανα.



Έκδυση

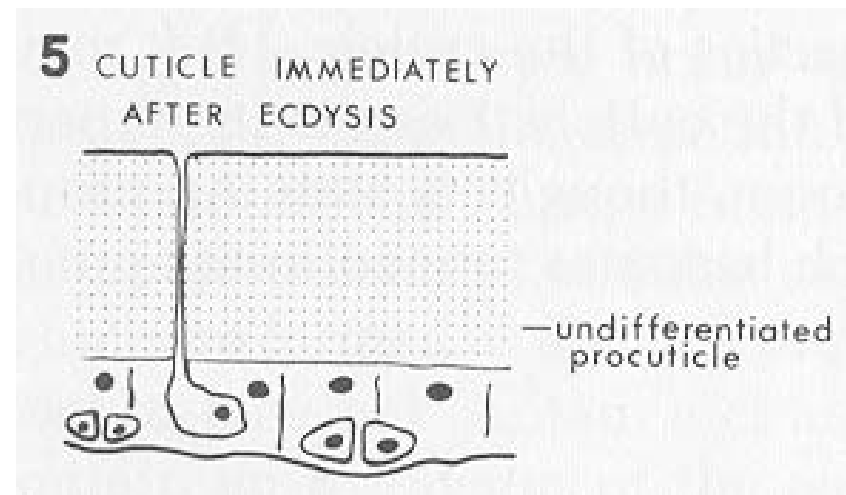
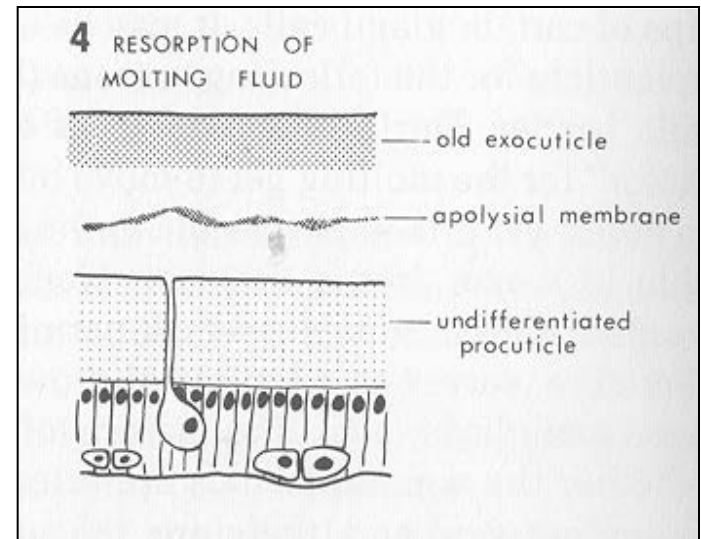
- Εναπόθεση νέας κουτικουλίνης.
- Μεγάλη δραστηριότητα οιοκυττάρων.
- Δέψη των εξωτερικών στρωμάτων της κουτικουλίνης και έκκριση πολυφαινολών.
- Ταυτόχρονη έναρξη παραγωγής νέου ινώδους δερματίου από τα εξωτερικά προς τα εσωτερικά στρώματα.
- Σχηματισμός καναλικών πόρων.
- Λίγο πριν και μετά την έκδυση εναποτίθενται οι κηροί.



Έκδυση

Κατά την έκδυση

- Υπάρχει νέο επιδερμάτο και ενδοδερμάτιο.
- Διαχωρίζεται από το παλιό με στρώμα αέρα και την απολυσιακή μεμβράνη.
- Σχίζεται το παλιό δερμάτιο κατά μήκος ορισμένων γραμμών (ecdysial line) με κινήσεις του εντόμου (κατάπνοση αέρα, αύξηση πίεσης αιμολέμφου).
- Τέντωμα νέου δερματίου.



Μετά την έκδυση

- Έκκριση κηρών.
- Συνέχιση εναπόθεσης του ενδοδερματίου.
- Εναπόθεση cement
- Σκληρωτίνιση (δέψη πρωτεϊνών) εξωδερματίου.

Άλλες διεργασίες

- Συγκέντρωση ο-κινόνης και χρώματος.
- Παραγωγή μελανίνης (προσδίδει σκούρο χρώμα στο δερμάτιο).
 - Οξείδωση της Dopa → dopaquinone → πολυμερισμός, οξείδωση, δεκαρβοξυλίωση → μελανίνη.
- Μείωση περιεκτικότητας σε νερό (\downarrow NH₂).
- Πυκνότερο στοίβαγμα χιτίνης και πρωτεϊνών.

Χρώμα

- Χρωστικές ουσίες.
 - Μελανίνη (εξωδερμάτιο ή υποδερμίδα), ο-quinone, καροτενοειδή, φλαβόνες κ.α.
- Ανάκλαση συγκεκριμένων μηκών κύματος λόγω φυσικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας.

Rhodnius και *Cimex*

- Διόγκωση της κοιλίας λόγω διατροφής → ερέθισμα που μεταβιβάζεται στον εγκέφαλο → έναρξη εκκρίσεων από MNSC → έναρξη κύκλου έκδυσης

Τερματισμός κύκλου έκδυσης

- Υψηλά επίπεδα εκδυσόνης σταματούν τη λειτουργία προθωρακικών αδένων.
- Υψηλά επίπεδα εκδυσόνης και JH σταματούν την παραγωγή θωρακοτροπικών και αλατοτροπικών ορμονών.
- Έλεγχος ορμονικού περιβάλλοντος με χημειοδεκτικά αισθητήρια.

Ανακεφαλαίωση

- Εξωτερική μορφολογία
- Εξωσκελετός και σωματικά τμήματα
 - Μέρη του εξωσκελετού
 - Έκδυση
 - Σωματικά τμήματα
 - Κεφαλή και εξαρτήματα
 - Θώρακας
 - Κοιλιά

Ερωτήσεις

- Τι γνωρίζετε για τον εξωσκελετό και των ενδοσκελετό των εντόμων;
- Ποιες είναι οι ιδιότητες του εξωσκελετού;
- Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του εξωσκελετού;
- Ποιά είναι η σημασία του εξωσκελετού
- Ποιά είναι τα στρώματα του δερματίου; Περιγράψτε συνοπτικά
- Τι είναι η έκδυση των εντόμων, ποιά τα στάδια της και από ποιούς ορμονικούς μηχανισμούς ελέγχεται;
- Τι γνωρίζετε για τη χιτίνη και την κουτικουλίνη, σε ποιό στρώμα του δερματίου βρίσκονται και ποιά τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους;

Εντομο – Quiz!

Η επιτυχία των εντόμων μπορεί μερικώς να αποδοθεί στην παρουσία

- κεραιών
- βελτιωμένων
γονιδίων
- εξωσκελετού
- πτερύγων



Εντομο – Quiz!

Ο εξωσκελετός των εντόμων αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες και

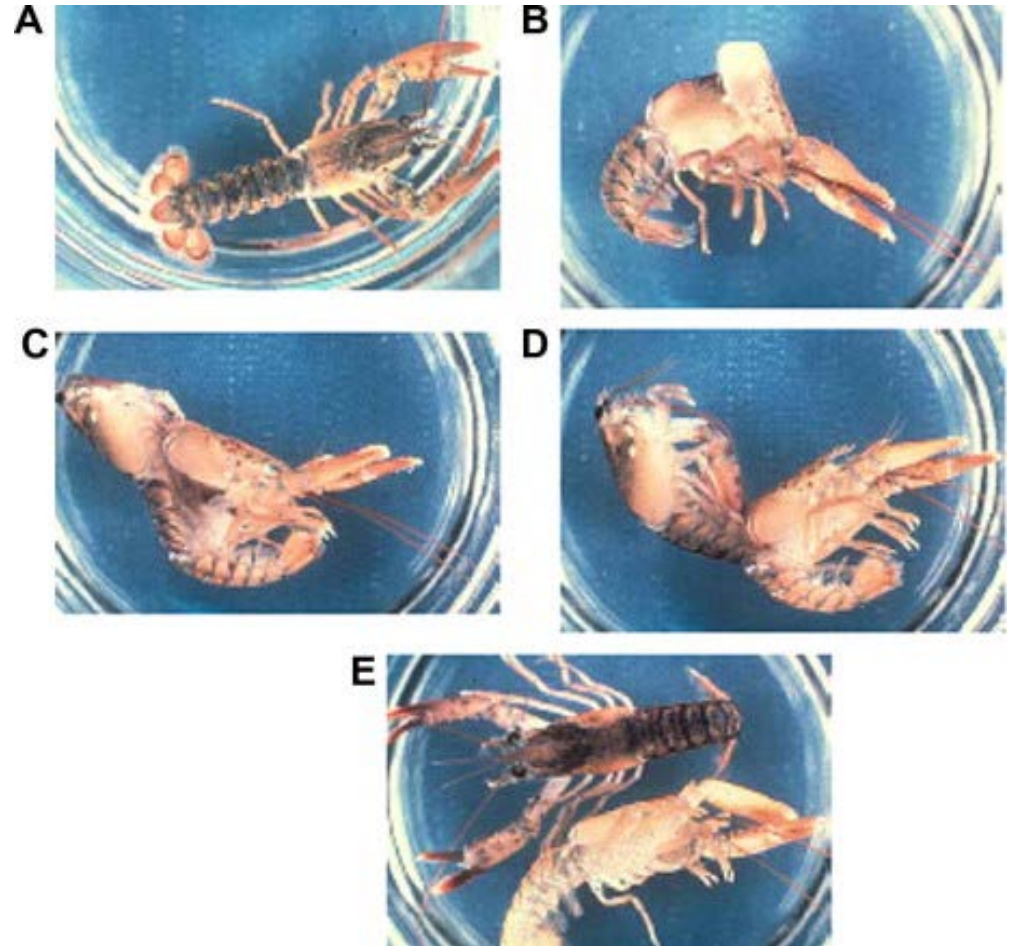
- χόνδρους
- ασβέστιο
- εκδυσόνη
- χιτίνη



Εντομο – Quiz!

Στο σύνολο των αρθροπόδων μόνο τα έντομα υφίστανται έκδυση.

- Σωστό
- Λάθος



Ερωτήσεις

- Ποιά είναι η σημασία του εξωσκελετού; Μειονεκτήματα πλεονεκτήματα
- Ποιά είναι τα μέρη του εξωσκελετού,
- Τι γνωρίζεται για τη χιτίνη και τη κουκουλίνη;
- Δώστε τον ορισμό της έκδυσης και περιγράψτε τα στάδια της
- Τι είναι το στρώμα Shmid
- Ποιές είναι οι λειτουργίες του εξωσκελετού
- Από τι αποτελείται το επιδερμάτιο