



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ζωολογία II

Ενότητα 3^η. Στήριξη - Κίνηση

Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Βιολογίας

Σκοπός της διάλεξης

- Να αναδείξει και να επεξεργαστεί ορισμένα βασικά θέματα που σχετίζονται με τους μηχανισμούς στήριξης-προστασίας-κίνησης στα ζώα.
- Να διαφανεί η σημασία των μηχανισμών αυτών στην προσαρμογή και επιβίωση των ζώων στο φυσικό περιβάλλον.
- Να παραθέσει βασικές έννοιες και γνώσεις που θα αποτελέσουν θεμέλιο για την κατανόηση περαιτέρω εξειδικευμένων μαθημάτων στα επόμενα εξάμηνα.



Προσδωκόμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει τη μελέτη του κεφαλαίου και του υλικού που παρουσιάζεται στη διάλεξη θα είσαστε σε θέση να:

- διακρίνετε τη δομή και τη σύνθεση του σωματικού καλύμματος στα ζώα,
- αναγνωρίζετε τη σημασία των σκελετικών συστημάτων στην κίνηση των ζώων,
- περιγράφετε τους βιοχημικούς μηχανισμούς που οδηγούν στη σύσπαση των μυών κατά την κίνηση των ζώων.

Λέξεις- κλειδιά: Επιδερμίδα-Δερμίδα, Δομικά χρώματα-χρωστικές,Υδροστατικοί σκελετοί-Στερεοί Σκελετοί, Αμοιβαδοειδής κίνηση-Μυϊκή κίνηση, Μυϊκή σύσπαση-Νευρομυϊκή σύναψη.



1. Σωματικό περίβλημα Λειτουργίες

- Μηχανική προστασία κατά της φθοράς και διάτρησης
- Φράγμα στην εισβολή παθογόνων οργανισμών
- Μόνωση κατά της απώλειας ή εισροής υγρών στο σώμα
- Προστασία από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία *
- Θερμορρύθμιση (ενδόθερμα ζώα) ως μέσο απώλειας θερμότητας
- Αισθητήριο όργανο
- Απεκκριτική λειτουργία
- Χρωματισμός

*Υπάρχουν 3 ειδών υπεριώδης ακτινοβολίες: UVA (400-320 nm), UVB (320-280 nm) και UVC (280-100 nm).

Η UVA προκαλεί έμμεση βλάβη στο DNA μέσω της δημιουργίας ελευθέρων ριζών οξυγόνου.
Η UVB προκαλεί άμεση βλάβη στο DNA μέσω μετατροπής 2 γειτονικών κυτοσινών σε διμερές που αναγνωρίζονται ως 2 αδενίνες από την DNA πολυμεράση.



Σωματικό περίβλημα στα Σπονδυλόζωα Επιδερμίδα και δερμίδα (δέρμα)

Επιδερμίδα προέρχεται από το **εξώδερμα**

Σχηματίζει: Τρίχες, Φτερά, Νύχια, Οπλές

Δεν διαθέτει αιμοφόρα αγγεία

Κύρια πρωτεΐνη: **Κερατίνη**

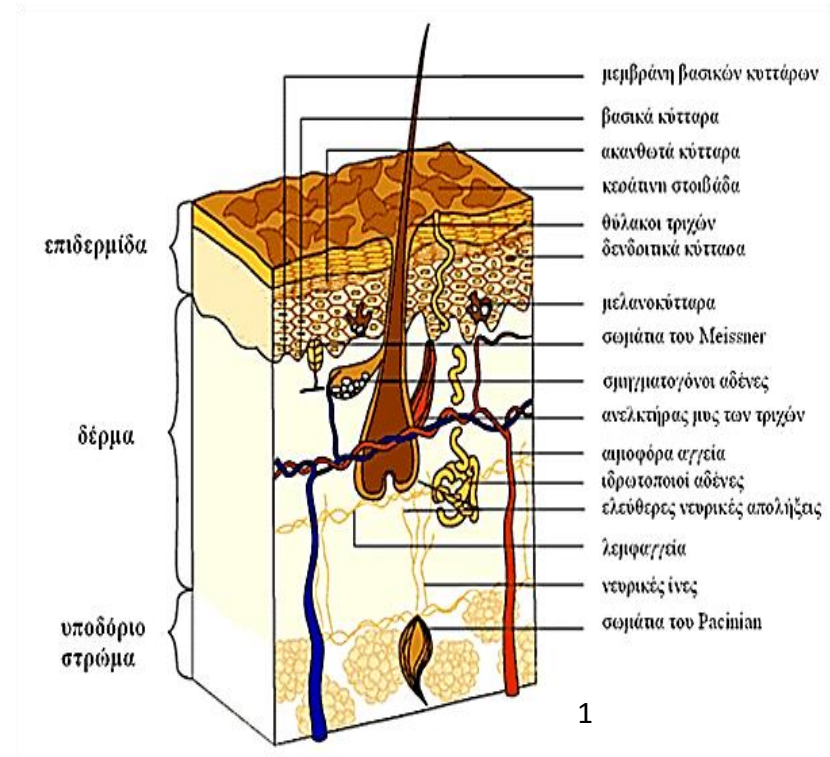
- Η κερατίνη υπάρχει στα Ερπετά, Πτηνά, Αμφίβια & Θηλαστικά.
- **β-κερατίνη** (Ερπετά, Πτηνά) αποτελείται κυρίως από β-πτυχωτές επιφάνειες.
- **α-κερατίνη** (Θηλαστικά) αποτελείται κυρίως από α-έλικες.
- Η κερατίνη είναι πρωτεΐνη με διαφορετικά μορ. βάρη (40-70 kDa) και έχει πολλές κυστεΐνες που δημιουργούν δισουλφυδικούς δεσμούς.



Δερμίδα

Η **Δερμίδα** προέρχεται από το **μεσόδερμα**

- Στηρίζει την Επιδερμίδα
- Φέρει:
- Αιμοφόρα αγγεία
- Ίνες κολλαγόνου
- Νεύρα
- Χρωματοφόρα κύτταρα
- Λιποκύτταρα
- Κύτταρα συνδετικού ιστού (**ινοβλάστες**).
- Οι γαμφώνυχες, τα νύχια, τα ράμφη και τα κέρατα έχουν ένα κεντρικό **οστέινο πυρήνα**.



Οι ινοβλάστες παράγουν κολλαγόνο

- Στον άνθρωπο υπάρχουν 28 πρωτεΐνες κολλαγόνου που εκφράζονται από 43 γονίδια.
- Το **κολλαγόνο I** είναι, για παράδειγμα, μια πρωτεΐνη 138 kDa.
- Δημιουργούν τριμερή, έχουν σαν χαρακτηριστικό την τριπεπτιδική αλληλουχία G-X-Y (όπου X ή Y= Προλίνη).

Πηγή: Khoshnoodi J. et al. (2006) Molecular recognition in the assembly of collagens: terminal noncollagenous domains are key recognition modules in the formation of triple helical protomers. J. Biol. Chem. 281: 38117-38121.



Χρωματισμοί:

1. Δομικά χρώματα

Δομικά χρώματα:

Οφείλονται στις φυσικές ιδιότητες του ιστού και παράγονται μέσω:

- Αντανάκλασης του φωτός (κενά αέρος).
- Διάχυσης του φωτός.
- Αντανάκλασης και παρεμβολής φάσης (υδάτινη/ελαιώδη επιφάνεια) στα **ιριδίζοντα χρώματα**.



Μήκη κύματος (nm)

2

Ενδιαφέρουσα επισκόπηση: Parker AR. & Martini N. (2006) Structural colour in animals—simple to complex optics. *Optics & Laser Technology* 38, 315-322.

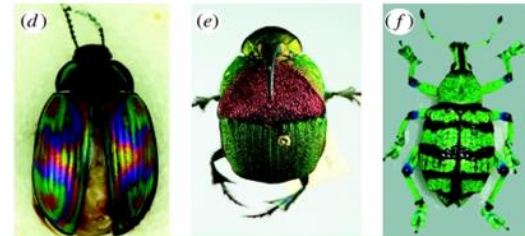
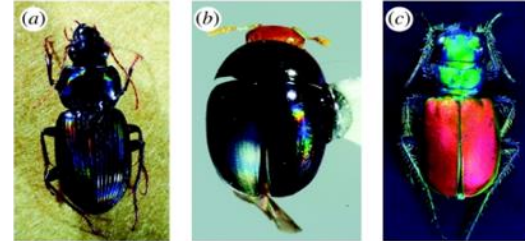


Χρωματισμοί:

2. Βιοχρώματα (χρωστικές)

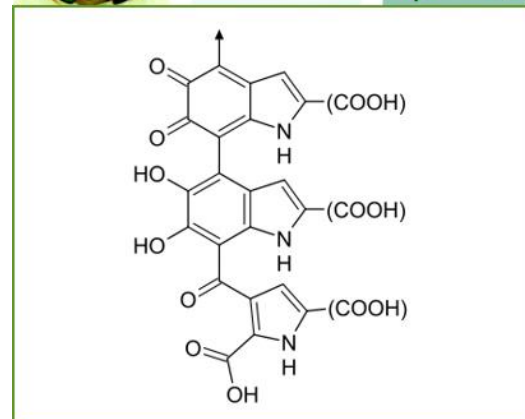
Χρωστικές:

- Μελανοφόρα (μελανίνη).
- Ξανθοφόρα κύτταρα (πτεριδίνες,καροτινοειδή).
- Ιριδιφόρα κύτταρα (κρύσταλλοι γουανίνης, άλλες πουρίνες).



3

Μελανίνη



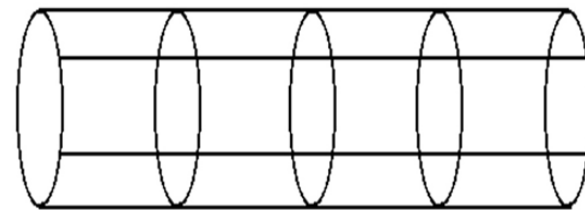
4



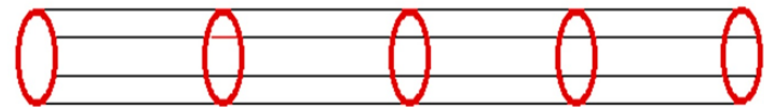
2. Σκελετικά συστήματα

Υδροστατικοί σκελετοί

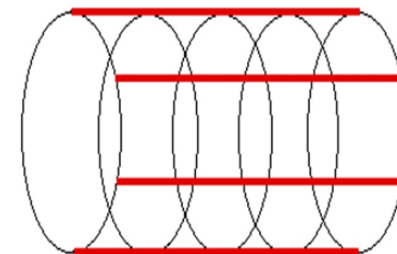
- Χρήση του εσωτερικών υγρών από τα Ασπόνδυλα για την κίνηση.
- Επειδή ο όγκος του εσωτερικού υγρού μένει ο ίδιος, όταν ένας μυς συσπάται ο ανταγωνιστικός του θα επιμηκυνθεί.
- Στο **γαιοσκώληκα** κάθε τμήμα του κορμού λειτουργεί ως υδροστατικός σκελετός.



Σε ηρεμία



Σύσπαση κυκλικών μυών



Σύσπαση επιμήκων μυών

5



Στερεοί σκελετοί

- 1) άκαμποι
- 2) αρθρώνονται μεταξύ τους
- 3) πάνω τους προσφύονται οι μύες

2 Τύποι:

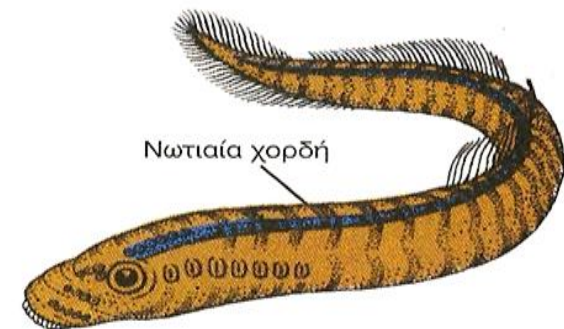
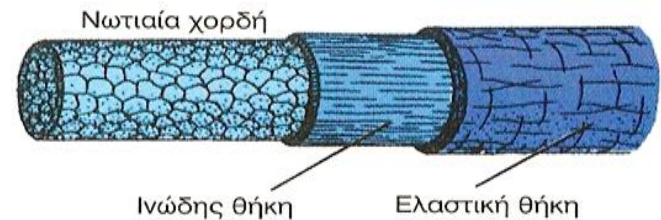
Ο εξωσκελετός

- Μαλάκια, Αρθρόποδα και άλλα Ασπόνδυλα
- Συχνά αποτελεί περιοριστικό κάλυμμα

Ο ενδοσκελετός

- Εχινόδερμα και Σπονδυλόζωα
- Αποτελείται από **οστίτη ιστό ή χόνδρο**

Νωτιαία χορδή: Στα πρωτοχορδωτά (Χιτωνόζωα και κάποια Άγναθα) και στις προνύμφες και έμβρυα των Σπονδυλόζωων. Έχει στηρικτικό ρόλο.



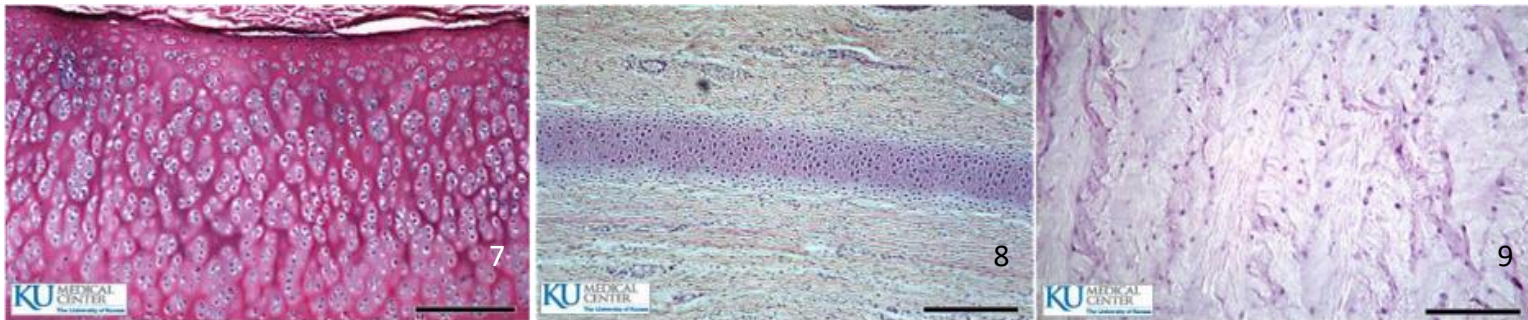
6



Χόνδρινος σκελετός

- Άγναθα και Χονδριχθύες/Μαλακός και ευλύγιστος ιστός/Ομοιόμορφη δομή/Αποτελείται από **χονδροκύτταρα**/Δεν φέρει αιμοφόρα αγγεία.
- Τα χονδροκύτταρα προέρχονται από μεσεγχυματικά βλαστικά κύτταρα που διαφοροποιούνται σε **χονδροκύτταρα** και **οστεοβλάστες**.
- Τα χονδροκύτταρα εκκρίνουν **κολλαγόνο**, **πρωτεογλυκάνη** και **ελαστίνη** και ανάλογα ο χόνδρος διακρίνεται σε:

Υαλώδη (Κολλαγόνο II) Ελαστικό (Ελαστίνη) Ινώδη (Κολλαγόνο I)



Η **πρωτεογλυκάνη** είναι ονομασία για μια ομάδα πρωτεϊνών που συνδέονται δομικά με πολυσακχαρίτες (**γλυκοζαμινογλυκάνες: Χονδροϊτίνη, Υαλουρονικό οξύ, Ηπαρίνη**)
Η **ελαστίνη** είναι πρωτεΐνη μοριακού βάρους 66 kDa



Οστίτης ιστός

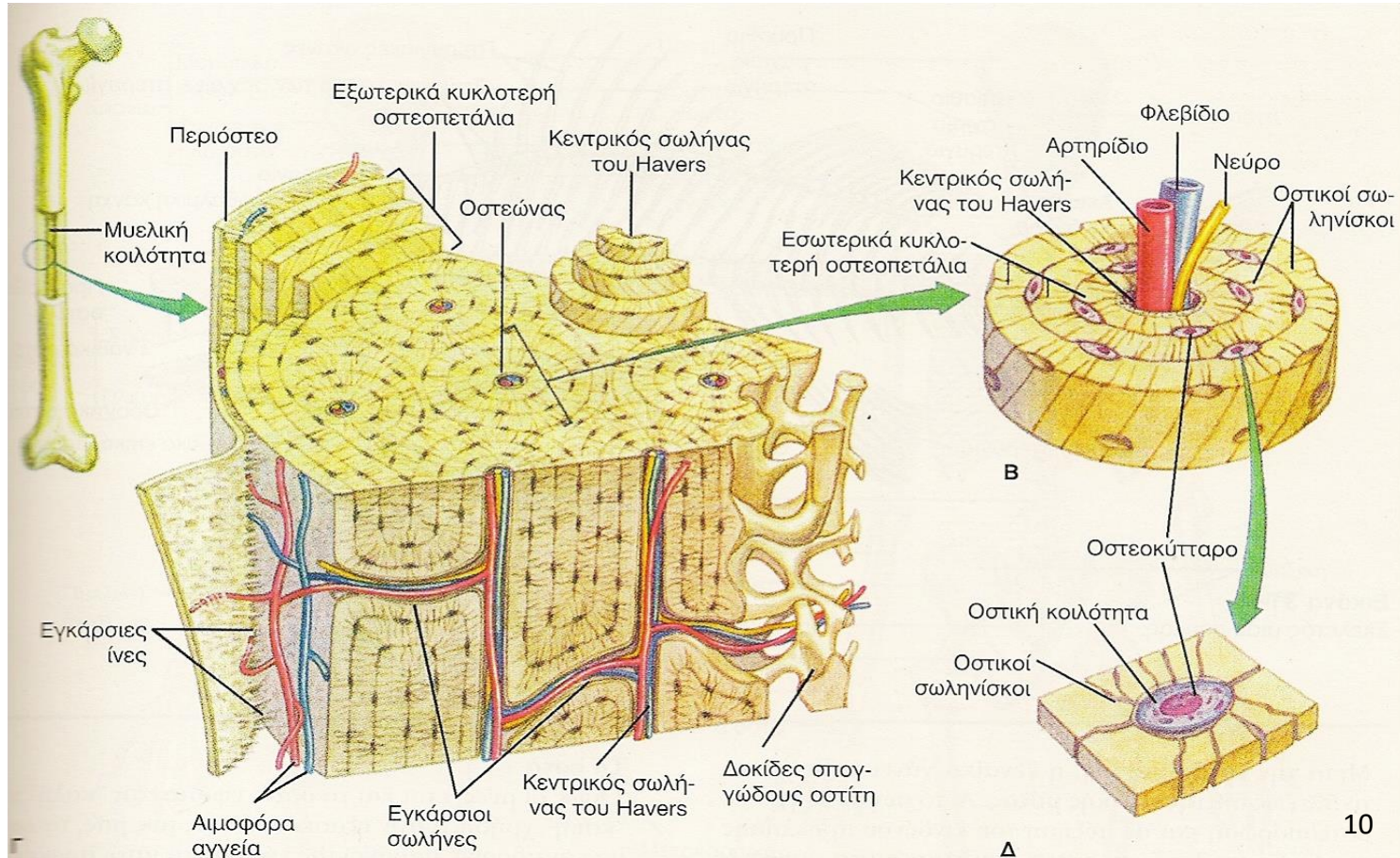
- Χαρακτηριστικό: **εναπόθεση αλάτων ασβεστίου** στην εξωκυττάρια ουσία.
- Δεν δημιουργείται εξ αρχής αλλά αντικαθιστά το χόνδρο και ονομάζεται **χονδρογενής (ενδοχονδρικός) οστίτης** ή αναπτύσσεται από εμβρυϊκά κύτταρα και ονομάζεται **υμενογενής (ενδομεμβρανικός) οστίτης** (πρόσωπο, κρανίο, κλείδα).
- Ως προς την πυκνότητα διακρίνεται σε: **σπογγώδη** (πρωταρχική μορφή) και **συμπαγή**.

Περίοστεο

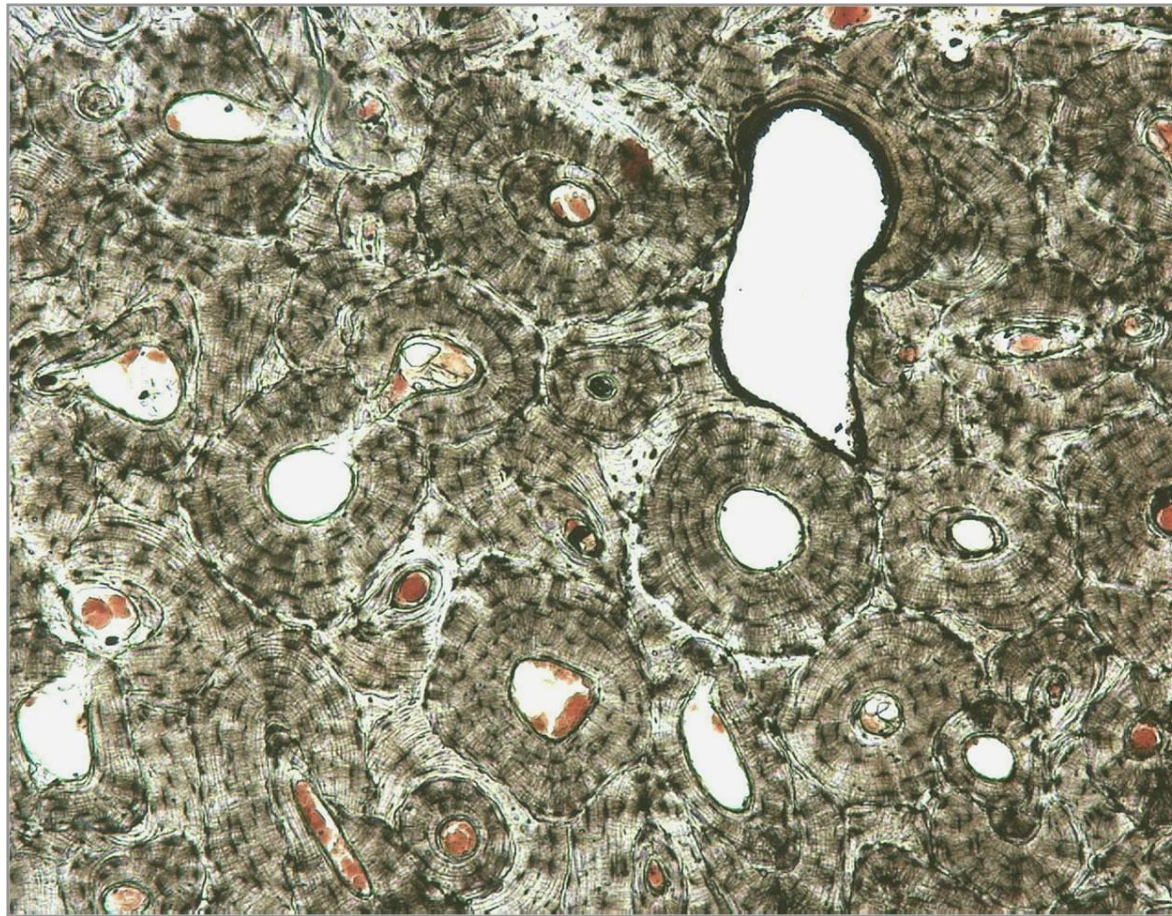
- Φέρει εξωτερικά την **ινώδη στοιβάδα** αποτελούμενη από **ινοβλάστες** και εσωτερικά την οστεογόνο στοιβάδα αποτελούμενη από πρόδρομα κύτταρα που διαφοροποιούνται σε **οστεοβλάστες**.
- Φέρει επίσης (και μόνο αυτό) νευρικές απολήξεις για την αίσθηση του **πόνου**.



Βασική λειτουργική δομή: Οστεώνας



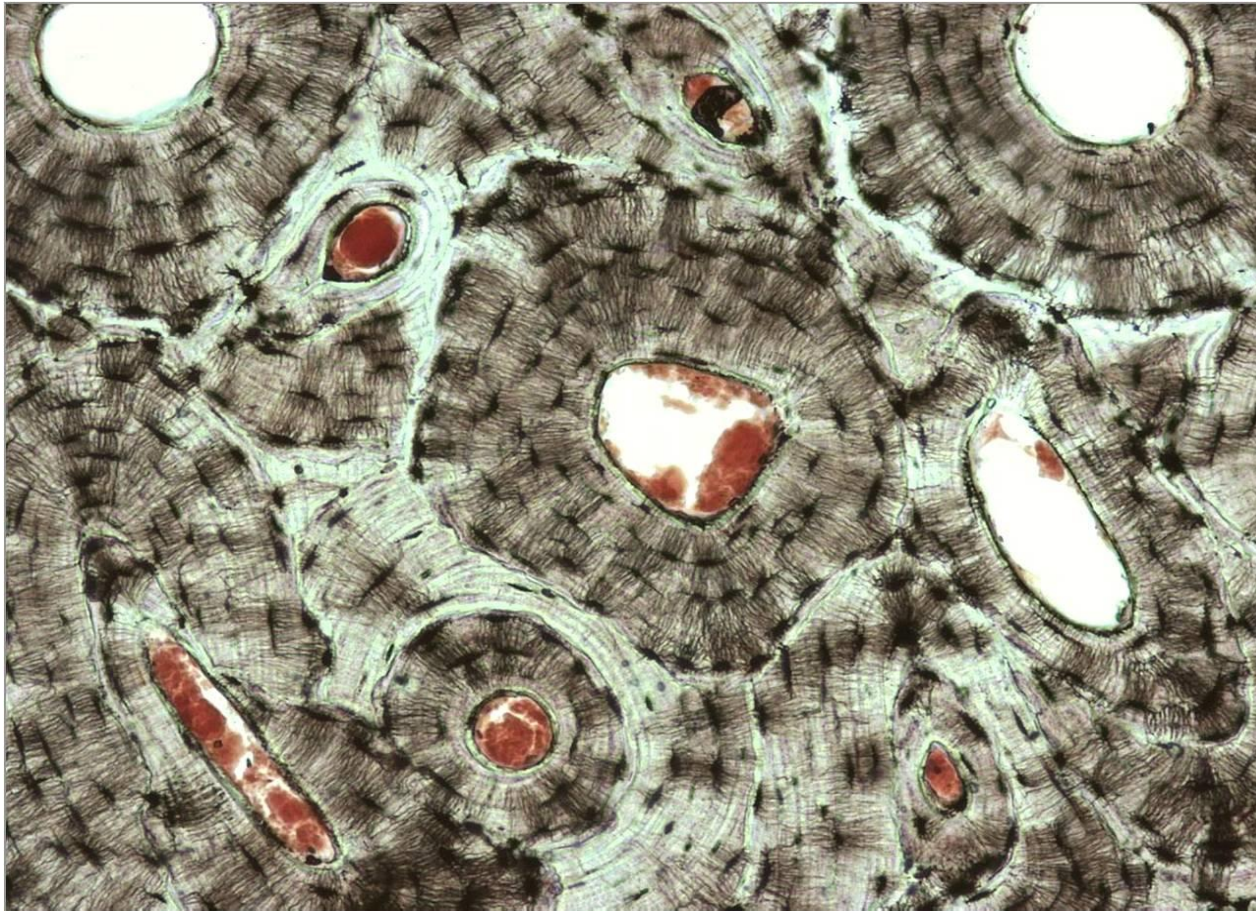
Οστεώνας σε ανθρώπινο δάκτυλο 1/2



11



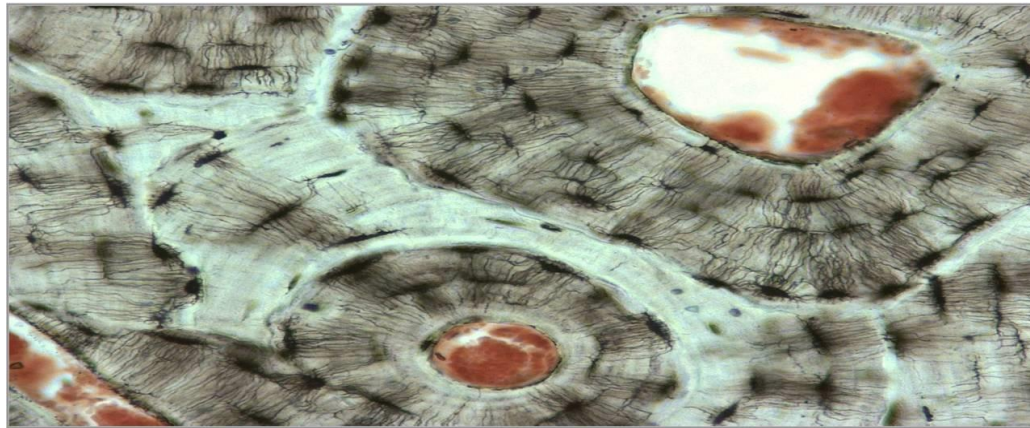
Οστεώνας σε ανθρώπινο δάκτυλο 2/2



12



Είδη κυττάρων στα οστά



13

Στα οστά βρίσκουμε τα εξής είδη κυττάρων:

- Τους **οστεοβλάστες** που είναι κύτταρα υπεύθυνα για την εξωτερική εναπόθεση της θεμέλιας ουσίας του οστού στα οστεοπετάλια.
- Τα **οστεοκύτταρα** που προέρχονται από τους οστεοβλάστες και βρίσκονται «εγκλωβισμένα» στην οστική κοιλότητα.
- Τους **οστεοκλάστες** που είναι κύτταρα υπεύθυνα για την εσωτερική αποικοδόμηση του οστού.
- Κύτταρα που **περιβάλλουν το οστό** και είναι αδρανείς οστεοβλάστες.



Αύξηση του οστίτη ιστού 1/2

Αποικοδόμηση από οστεοκλάστες. Ανοικοδόμηση από οστεοβλάστες

Ορμόνες που ρυθμίζουν την διεργασία αυτή:

1) Παραθυροειδή ορμόνη (PTH)

Πολυπεπτίδιο 34 αμινοξέων.

Αυξάνει τα επίπεδα ασβεστίου στο αίμα

- Υποδοχέας στους οστεοβλάστες, όχι στους οστεοκλάστες.

2) Καλσιτονίνη

- Πολυπεπτίδιο 32 αμινοξέων
- **Μειώνει τα επίπεδα ασβεστίου** στο αίμα
- Υποδοχέας στους οστεοκλάστες
- Στα ζώα εκκρίνεται από το εσχατο-βραγχιακό σωματίο (UBB)

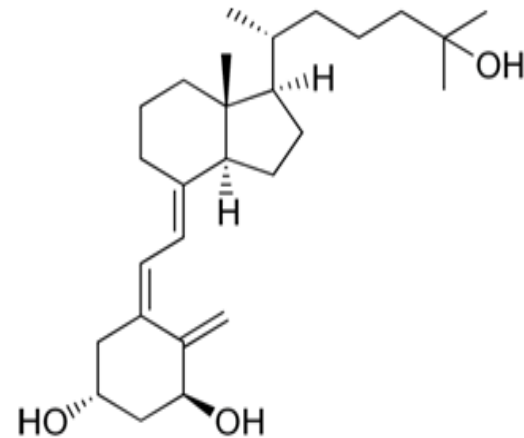
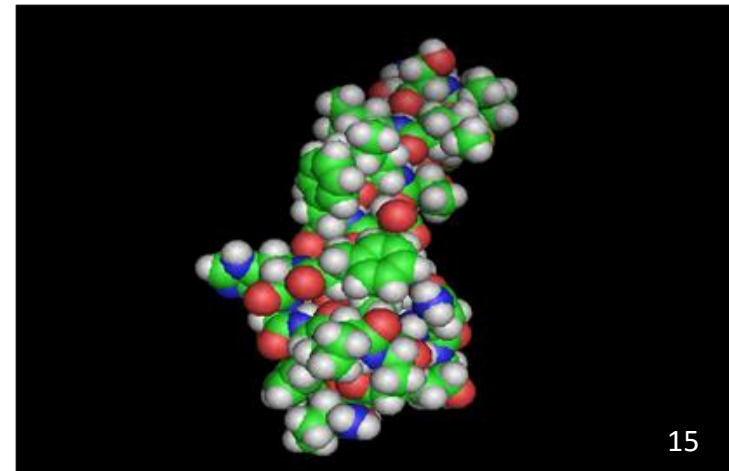
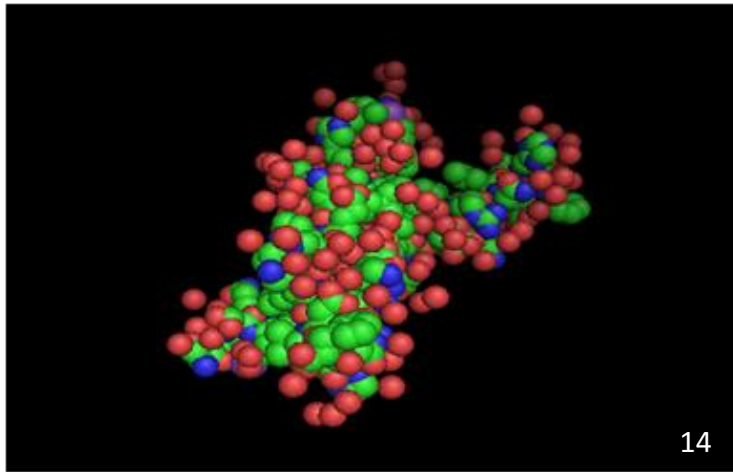
3) 1,25-διυδροξυ-βιταμίνη D

- Παράγεται στα νεφρά μέσω δράσης της PTH .
- **Αυξάνει τα επίπεδα ασβεστίου.**
- Δρα μέσω πυρηνικού υποδοχέα.



Αύξηση του οστίτη ιστού 2/2

Αποικοδόμηση από οστεοκλάστες. Ανοικοδόμηση από οστεοβλάστες



Πηγή: <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>



Οστίτης ιστός

Στα **Σπονδυλόζωα** ο σκελετός αποτελείται από:

- τον **αξονικό σκελετό** του κορμού που περιλαμβάνει:
- το κρανίο, τη σπονδυλική στήλη, το στέρνο και τις πλευρές.
- το **σκελετό των άκρων** που περιλαμβάνει:
- τα **άκρα** (πτερύγια, πτέρυγες, πόδια) και τις ζώνες (πυελική και ωμική).

Στα **Αμνιωτά Τετράποδα** (Ερπετά, Πτηνά, Θηλαστικά) οι σπόνδυλοι είναι:

- **αυχενικοί, θωρακικοί, οσφυϊκοί, ιεροί και ουραίοι ή κοκκυγικοί**

Τα περισσότερα Σπονδυλόζωα έχουν ζεύγη άκρων.



3. Κίνηση

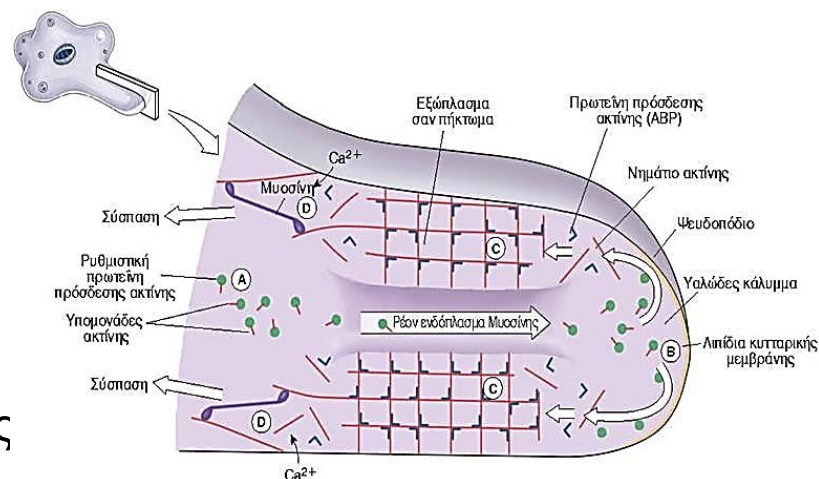
Έχουμε 3 είδη κίνησης στα ζώα:

- Την αμοιβαδοειδή
- Την κίνηση των βλεφαρίδων
- Τη μυϊκή
- Η κίνηση εξαρτάται από τις πρωτεΐνες σύσπασης μέσω παροχής ATP.



Αμοιβαδοειδής κίνηση

- Χαρακτηρίζει τις **αμοιβάδες** αλλά και άλλους μονοκύτταρους οργανισμούς. Παρατηρείται επίσης και σε κύτταρα όπως τα **λευκά αιμοσφαίρια** και τα **εμβρυϊκά μεσεγχυματικά κύτταρα**.
- Χαρακτηρίζεται από την προβολή και απόσυρση **ψευδοποδίων** και την παρουσία **εξωπλάσματος** που περικλείει το **ενδόπλασμα**.
- Τα ψευδοπόδια δημιουργούνται από τις υπομονάδες **ακτίνης** στο τμήμα προέκτασης. Ακολουθεί σύσπαση μέσω αλληλεπίδρασης **ακτίνης και μυοσίνης** στο τμήμα απόσυρσης. Σημαντικό ρόλο παίζουν οι πρωτεΐνες πρόσδεσης (**Formins, Arp 2/3 σύμπλοκο**).



17



Κίνηση Βλεφαρίδων και Μαστιγίων

Οι **Βλεφαρίδες** είναι τριχοειδείς, κινητές προεκβολές από την επιφάνεια των κυττάρων.

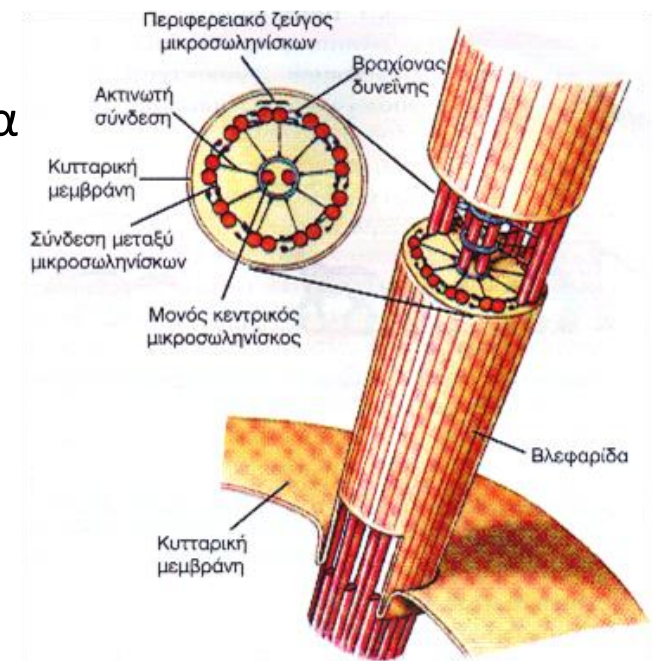
Χαρακτηρίζουν τα **Βλεφαριδοφόρα Πρώτιστα**, αλλά υπάρχουν σε όλα τα άλλα ζωικά φύλα. Εξαίρεση αποτελούν ζώα που ανήκουν στα φύλα **Νηματώδεις** και **Αρθρόποδα**. Σε αυτά οι βλεφαρίδες είναι διαφοροποιημένες και βρίσκονται σε νευρώνες (Νηματώδεις) και αισθητήρια όργανα (Αρθρόποδα).

Χρησιμοποιούνται:

- για κίνηση στο υδάτινο περιβάλλον
- για κίνηση υλικών πάνω στο επιθήλιο

Χαρακτηριστικό:

- η διάταξη **9+2** των μικροσωληνίσκων

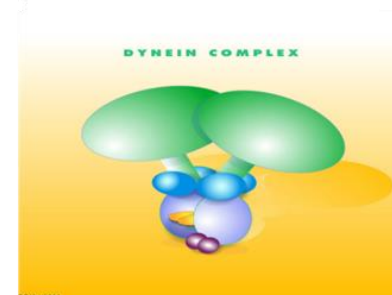
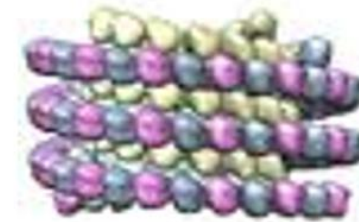
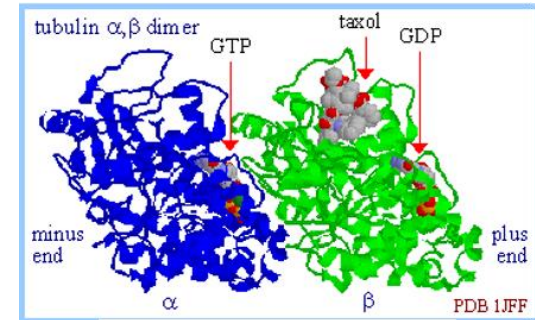


18



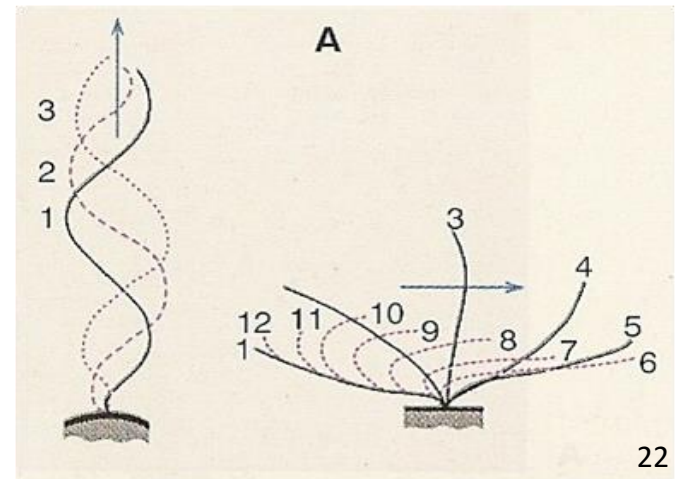
Δομικά χαρακτηριστικά μικροσωληνίσκων

- Κάθε μικροσωληνίσκος αποτελείται από υπομονάδες τουμπουλίνης.
- **Τουμπουλίνη:** Σφαιρική πρωτεΐνη 55 kDa (στο σχήμα φαίνεται η α- και β-τουμπουλίνη που δομεί τους μικροσωληνίσκους).
- Μικροσκοπική δομή μικροσωληνίσκου με την πρωτεΐνη **κινεσίνη** σε **πράσινο**. Η κινεσίνη χαρακτηρίζεται ως “**μοριακή μηχανή**” (200 kDa).
- Συμμετέχει και η πρωτεΐνη **δυνεΐνη** (η κύρια “**μοριακή μηχανή**” (1.5×10^3 kDa!)) ως πολυ-πρωτεϊνικό σύμπλοκο στο ζεύγος βραχιόνων.



Κίνηση Μαστιγίων

- Τα **Μαστίγια** έχουν την ίδια δομή με τις βλεφαρίδες αλλά διαφορετικό τρόπο κίνησης. Ενώ τα **μαστίγια** έχουν συμμετρική κυματοειδή κίνηση, οι **βλεφαρίδες** έχουν ασύμμετρη κίνηση.
- Απαντώνται στα **Μαστιγοφόρα Πρώτιστα** αλλά και σε **ευκαρυωτικά κύτταρα** όπως τα **σπερματοζωάρια** και έχουν λειτουργική σχέση με τα μαστίγια των Προκαρυωτικών.
- Τα **Μαστίγια** πάλλονται με κυματοειδή κίνηση και δημιουργούν κίνηση υγρού **παράλληλη με τον κύριο άξονά τους**
- Οι **Βλεφαρίδες** δημιουργούν κίνηση **παράλληλη με την επιφάνεια του κυττάρου** από την οποία εκφύονται

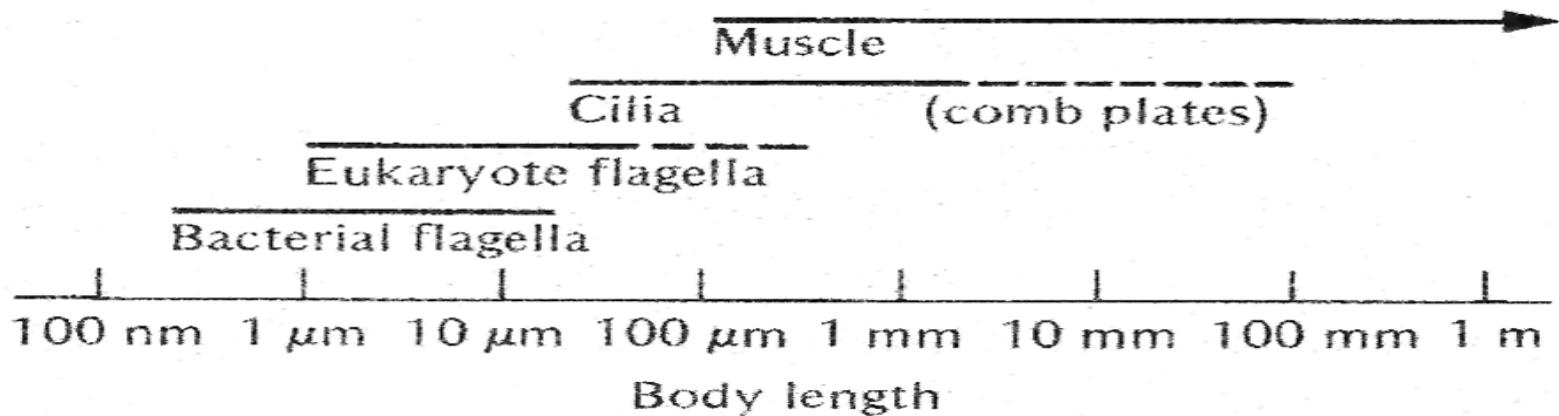


22



Σχέση μεγέθους σώματος και μηχανισμού κίνησης

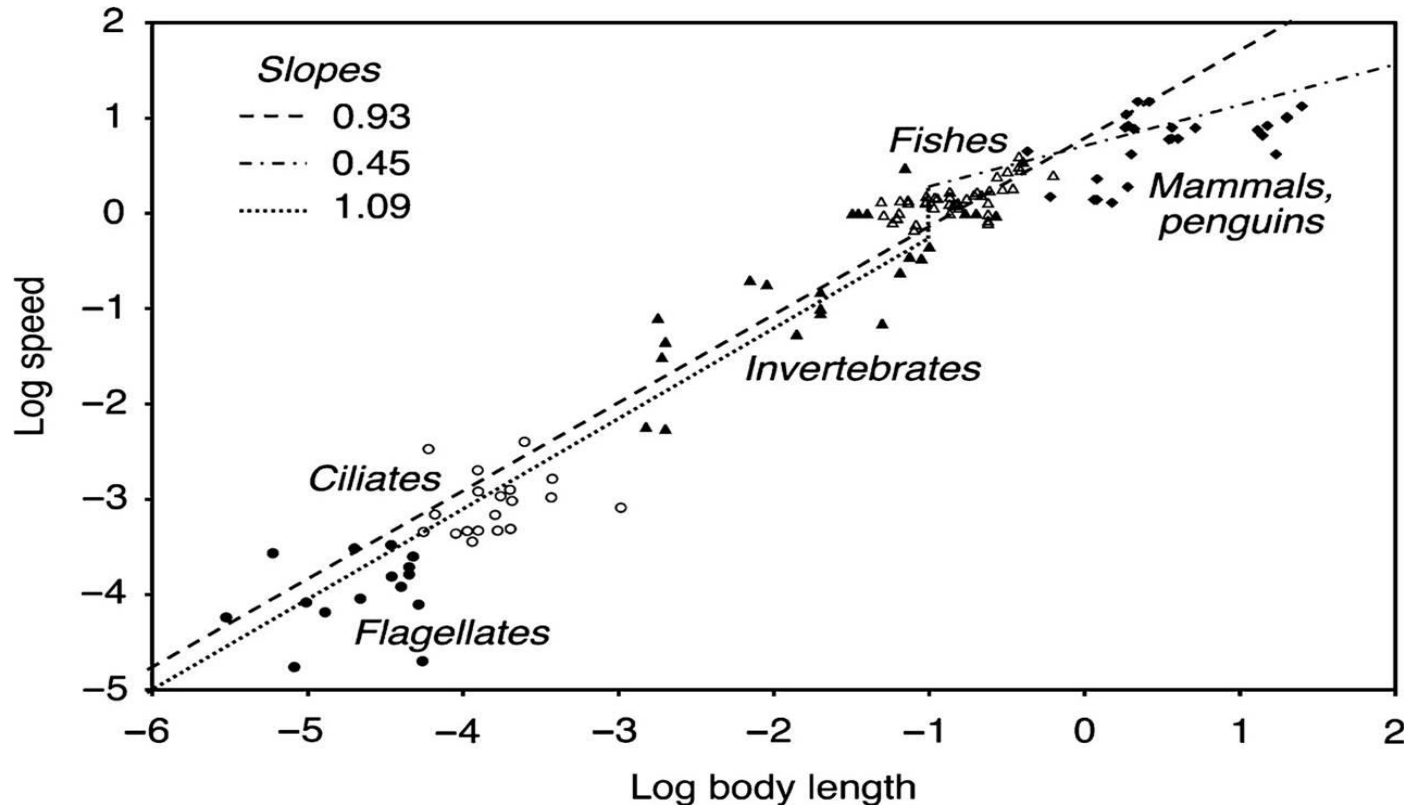
- Οι βλεφαρίδες και τα μαστίγια δεν μπορούν να υποστηρίξουν την κίνηση σε ένα μεγάλο ζώο. Για το λόγο αυτό η ανάπτυξη των μυών «συνόδευσε» την εμφάνιση της αύξησης του σωματικού μεγέθους.



23



Σχέση μεταξύ μήκους σώματος και ταχύτητας στα ζώα



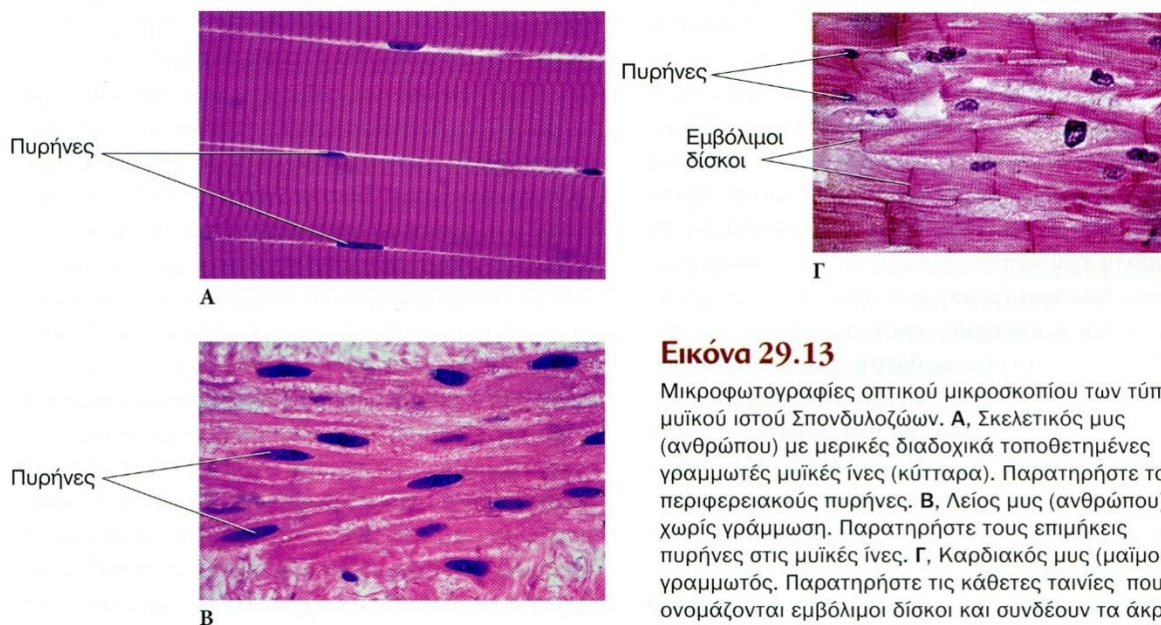
24

Στο διάγραμμα φαίνεται καθαρά γιατί οι μύες ευνοούν την απόκτηση ταχύτητας στην κίνηση των ζώων.



Μυϊκή κίνηση

- Επιτυγχάνεται μέσω των **μυϊκών κυττάρων** που ονομάζονται **μυϊκές ίνες**.
- Μπορούμε να έχουμε μόνο σύσπαση και όχι επιμήκυνση μυϊκών ινών.
- Διακρίνονται **3 τύποι** με βάση τη μορφή των μυϊκών κυττάρων.



Εικόνα 29.13

Μικροφωτογραφίες οπτικού μικροσκοπίου των τύπων μυϊκού ιστού Σπονδυλοζώων. **A**, Σκελετικός μυς (ανθρώπου) με μερικές διαδοχικά τοποθετημένες γραμμωτές μυϊκές ίνες (κύτταρα). Παρατηρήστε τους περιφερειακούς πυρήνες. **B**, Λείος μυς (ανθρώπου) χωρίς γράμμωση. Παρατηρήστε τους επιμήκεις πυρήνες στις μυϊκές ίνες. **Γ**, Καρδιακός μυς (μαϊμού), γραμμωτός. Παρατηρήστε τις κάθετες ταινίες που ονομάζονται εμβόλιμοι δίσκοι και συνδέουν τα άκρα διαφορετικών ινών.



Είδη μυών

Γραμμωτός μύς

- Μυϊκές ίνες: επιμήκη, κυλινδρικά, **πολυπύρινα κύτταρα** τοποθετημένα σε δέσμες που περιβάλλονται από πυκνό συνδετικό ιστό οι οποίες αποτελούν τον μυ που περιβάλλεται από **παχύ συνδετικού ιστού**. Λέγονται εκούσιοι γιατί υπόκεινται στο **συνειδητό έλεγχο** του εγκεφάλου.

Λείος μυς

- Κύτταρα: επιμήκη, οξύληκτα, **μονοπύρηννα**, τοποθετημένα σε στρώσεις. Βρίσκονται στα: τοιχώματα πεπτικού σωλήνα, αιμοφόρων αγγείων αναπνευστικών οδών, απεκκριτικών αγωγών. Εμφανίζει παρατεταμένη σύσπαση που ελέγχεται από το **αυτόνομο νευρικό σύστημα**.

Καρδιακός μυς

- Κύτταρα: **μονοπύρηννα**, εμφανίζουν γράμμωση και έντονη σύσπαση. Ελέγχεται από το **αυτόνομο νευρικό σύστημα**.



Μύες των Ασπονδύλων

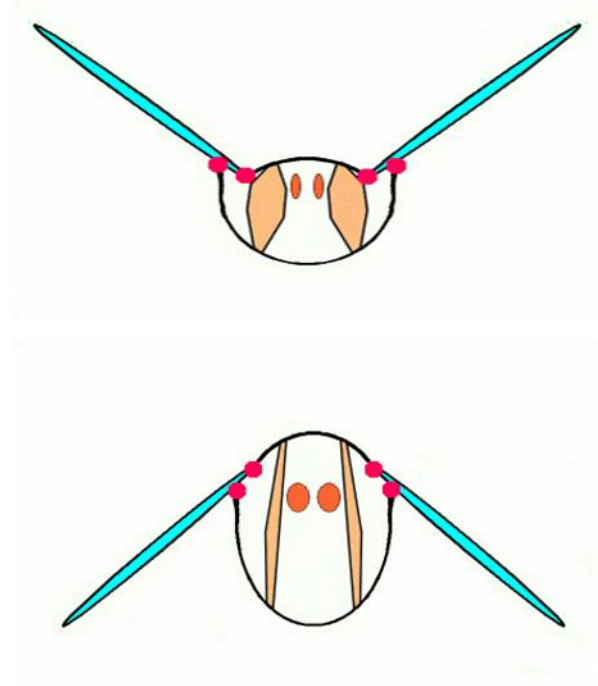
Οι πρωτεΐνες που ρυθμίζουν την κίνηση των μυών είναι, ωστόσο, οι ίδιες.

Οι προσαρμογές είναι διαφορετικές, όπως:

1) Του μυός των Δίθυρων Μαλακίων

- “Φασικές” μυϊκές ίνες που χρησιμοποιούν τα **Χτένια** ή τις αργές συσπάσεις των προσαγωγών μυών των **Διθύρων** που χρησιμοποιούν ελάχιστη μεταβολική ενέργεια και δέχονται λίγες νευρικές ώσεις.

2) Του ινιδιακού μυός των φτερών των εντόμων που κάνει πολλές μικρές συσπάσεις και δέχεται νευρικές ώσεις κατά διαστήματα.



26

Μια εξαιρετικά χρήσιμη σύνοψη:
Scott L. Hooper SL. & Thuma JB. (2005)
Invertebrate Muscles: Muscle Specific Genes
and Proteins. *Physiol. Rev.* 85: 1001-1060.



Δομή Γραμμωτού Μυϊκού Ιστού

Βασικό δομικό στοιχείο η **μυϊκή ίνα (κύτταρο)**.

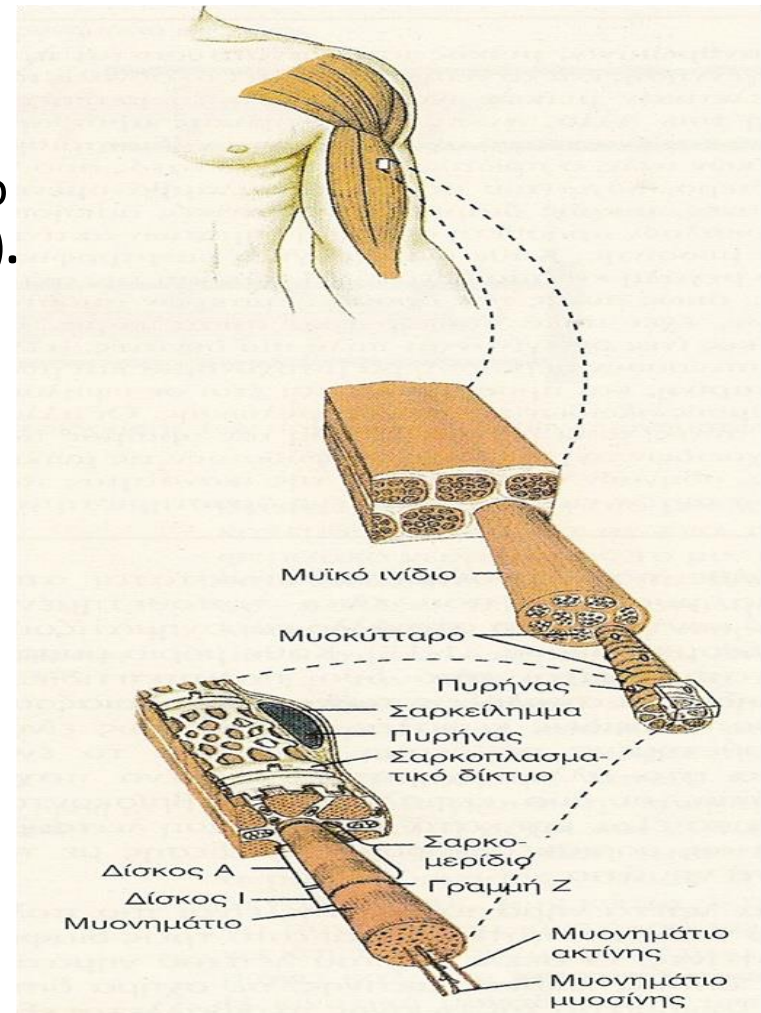
Φέρει πολλά **μυοϊνίδια** και καλύπτεται από την **κυτταρική μεμβράνη (σαρκείλημμα)**.

Κάθε **μυοϊνίδιο** έχει δύο **μυονημάτια**:

- το **παχύ (μυοσίνη)** (Δίσκος A).
- και το **λεπτό (ακτίνη)** (Δίσκος I).

Το **λεπτό μυονημάτιο** συγκρατείται από τη **γραμμή Z**.

Κάθε λειτουργική μονάδα του μυοϊνιδίου εκτείνεται **μεταξύ 2 γραμμών Z** (Οι πρωτεΐνες titin και nebulin δημιουργούν τη γραμμή Z).



27



Μοριακή δομή μικρονηματίου 1/2

- Πρωτεΐνες: Μυοσίνη, Ακτίνη, Τροπομυοσίνη, Τροπονίνη.

Μυοσίνη II: Εξαμερές, 520 kDa

Η κεφαλή φέρει το σημείο πρόσδεσης με την ακτίνη και το τμήμα που παρέχει ATP υδρόλυση.

Πάνω από 40 γονίδια στον άνθρωπο.

Ακτίνη: Σφαιρική πρωτεΐνη 42 kDa.

Η α-ακτίνη βρίσκεται στους μύες. Το μονομεράριο της ακτίνης έχει 7 nm διάμετρο και επαναλαμβάνεται φέροντας πλήρη περιέλιξη κάθε 37 nm.

Τροπομυοσίνη: Πρωτεΐνη 32 kDa.

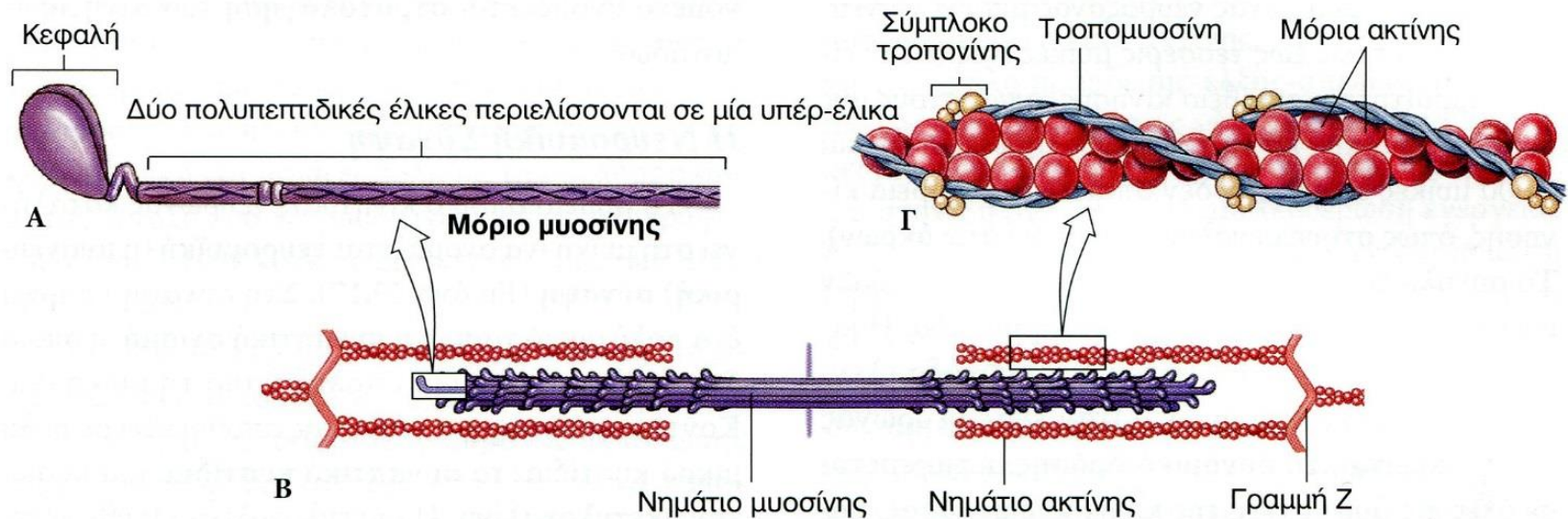
Δένεται στην ακτίνη, μπλοκάρει την πρόσδεση της μυοσίνης στην ακτίνη.

Τροπονίνη: Τριμερές σύμπλοκο 72 kDa, προσδένει **ασβέστιο** και έτσι επιτρέπει την πρόσδεση της μυοσίνης στην ακτίνη.

Δεν εκφράζεται στους λείους μύες



Μοριακή δομή μικρονηματίου 2/2



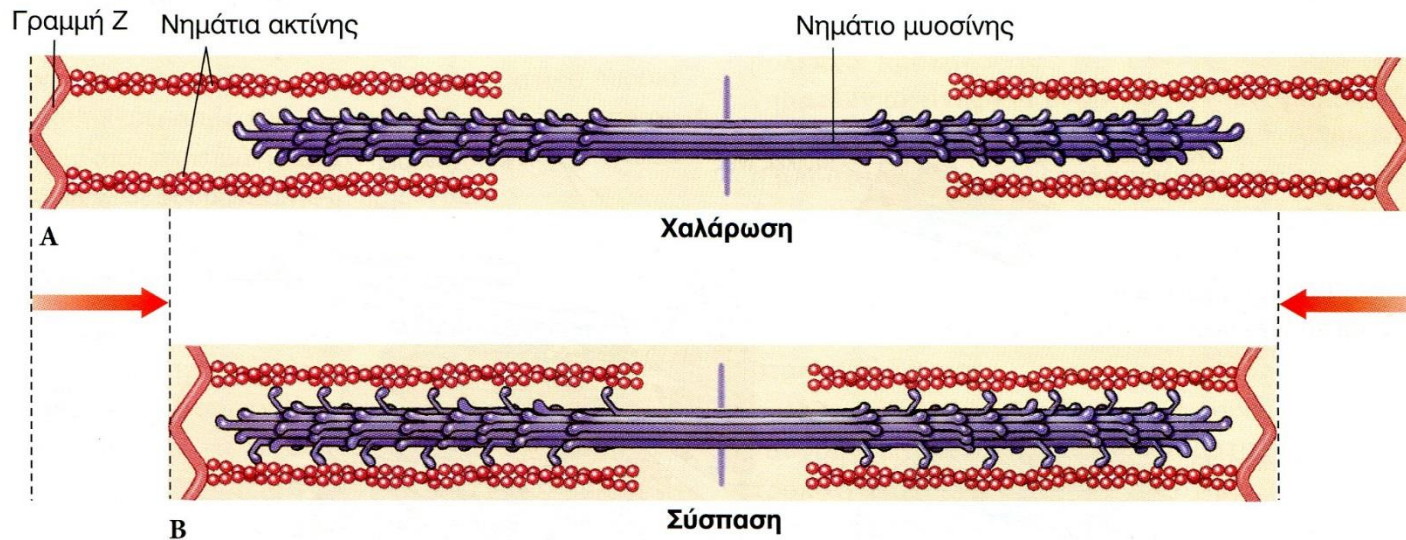
28



Μοριακή δομή μικρονηματίου

Πρωτεΐνες: Μυοσίνη, Ακτίνη, Τροπομυοσίνη, Τροπονίνη

- **Βράχυνση** του σαρκομερίδιου (B) μέσω ολίσθησης των μικρονηματίων μυοσίνης πάνω στα μικρονημάτια ακτίνης.
- **Επιμήκυνση** του σαρκομερίδιου (A) μέσω αποσύνδεσης των γεφυρών ολίσθησης λόγω παρουσίας ανταγωνιστικών μυών ή βαρύτητας.

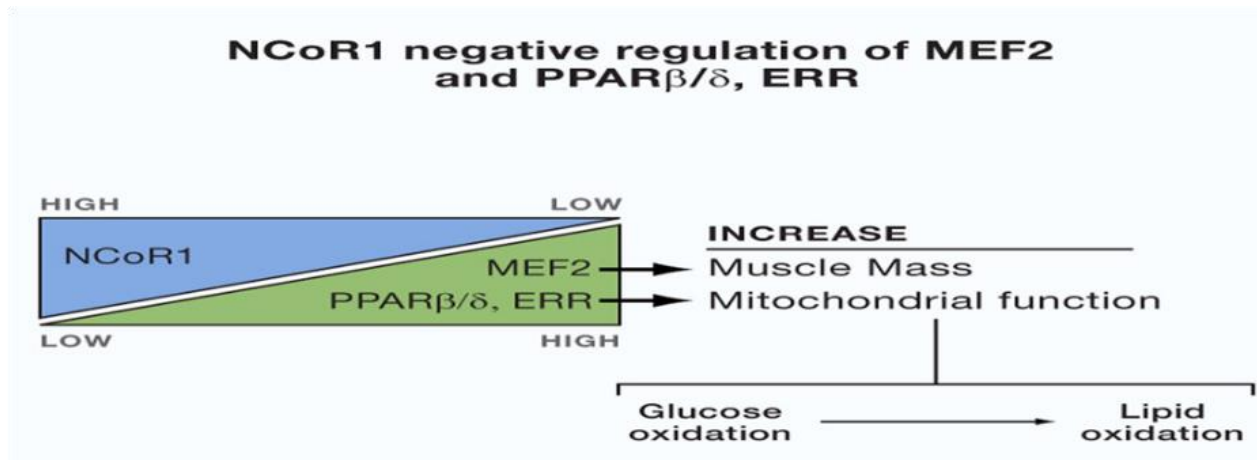


29



Ρύθμιση μυϊκής μάζας

- Πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι η πρωτεΐνη **NCoR1** είναι ένας μεταγραφικός ρυθμιστής που ρυθμίζει την ενεργότητα μεταγραφικών παραγόντων όπως ο myocyte enhancer factor-2 (MEF2), peroxisome proliferator-activated receptors β/δ (PPARs) και estrogen-related receptor (ERR). Τα επίπεδα αυτής της πρωτεΐνης μειώνονται σε συνθήκες όπου απαιτείται οξείδωση λιπιδίων για παραγωγή ενέργειας. Ποντίκια αλλά και Νηματώδεις σκώληκες που δεν είχαν αυτή την πρωτεΐνη είχαν αυξημένη μυϊκή μάζα, αυξημένο αριθμό και ενεργότητα μιτοχονδρίων στους μύς και αυξημένη αντοχή στην άσκηση.



30

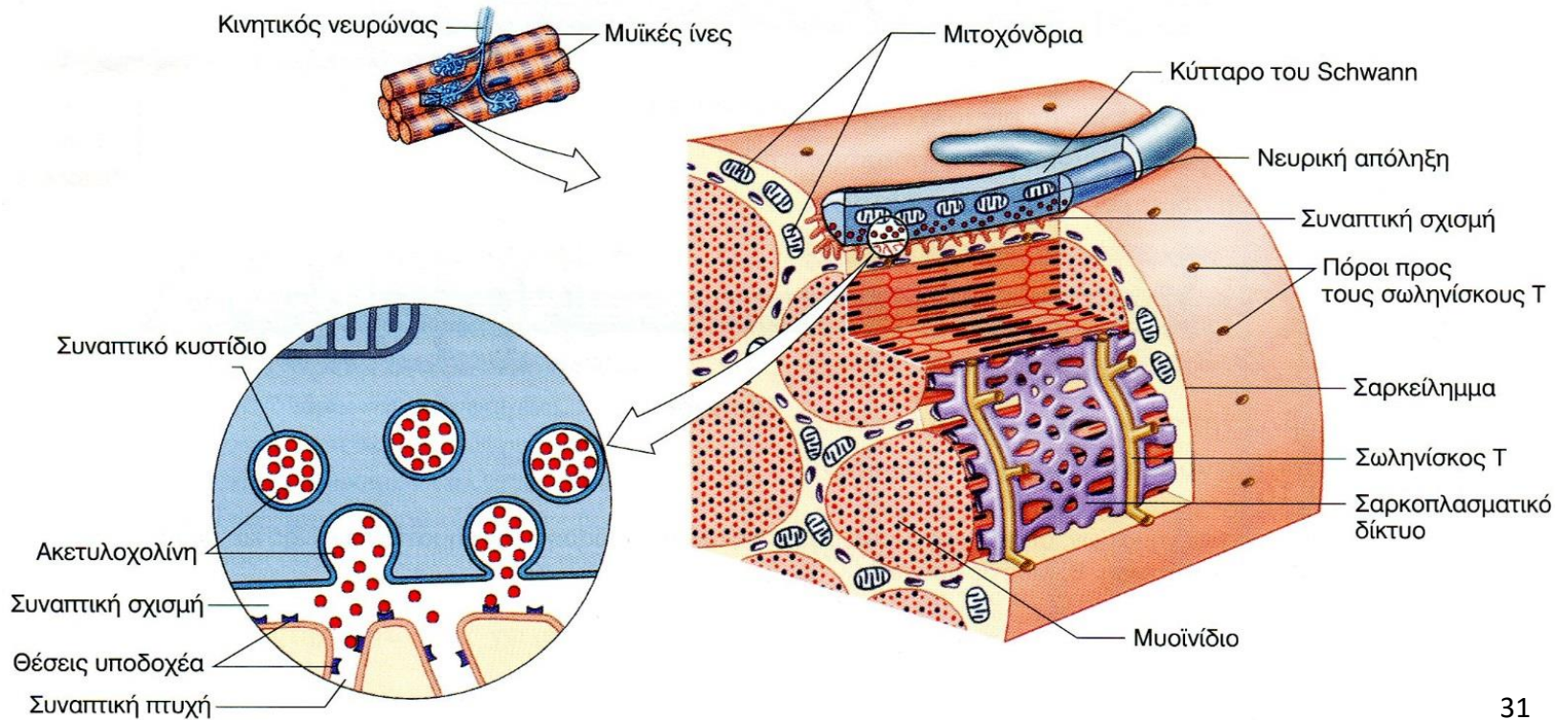


Έλεγχος σύσπασης του μυός 1/2

- Σύσπαση μετά από νευρικό ερέθισμα.
- Μια νευρική απόληξη νευρώνει **ένα και μόνο** μυϊκό κύτταρο.
- Ένας νευρικός άξονας νευρώνει λίγα (μύες κίνησης του οφθαλμού) ή πολλά μυϊκά κύτταρα (μύες των κάτω άκρων).
- Ο κινητικός νευρώνας και το σύνολο των μυϊκών ινών που νευρώνει αποκαλούνται **κινητική μονάδα**
- Μήνυμα από το νευρώνα= Σύσπαση σε όλες τις μυϊκές ίνες που νευρώνει. **Έτσι η συνολική δύναμη ενός μυός εξαρτάται από τον αριθμό των κινητικών μονάδων που δραστηριοποιούνται.**



Έλεγχος σύσπασης του μυός 2/2

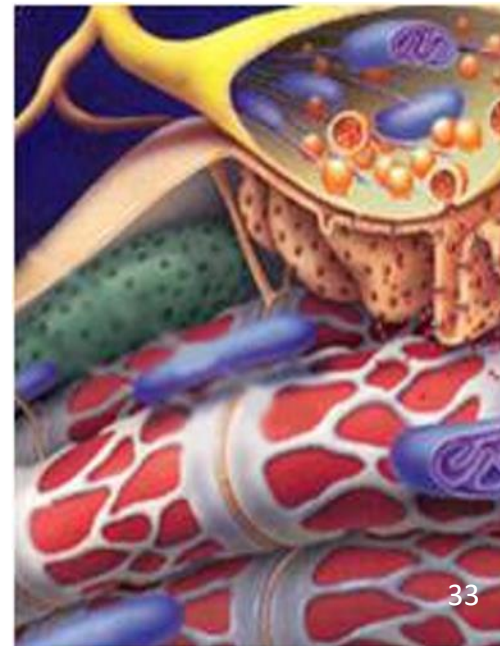
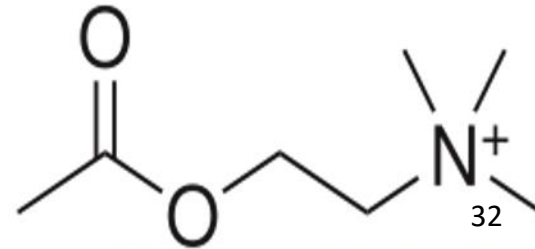


31



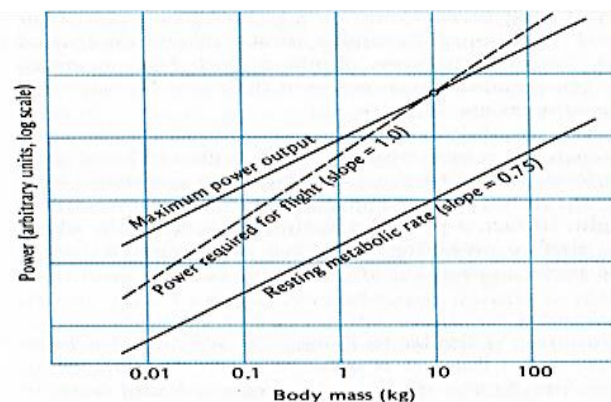
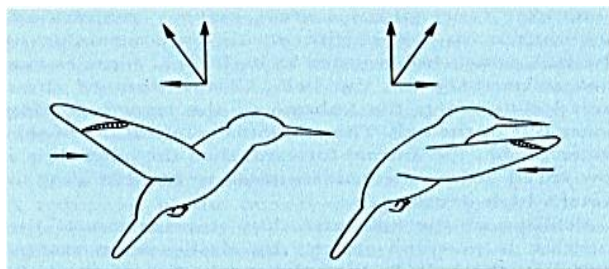
Σύζευξη διέγερσης – σύσπασης μυός

- **Νευρομυϊκή σύναψη:** εκεί που ένας νευρώνας συναντά μια μυϊκή ίνα
- Στη σύναψη υπάρχει η συναπτική σχισμή όπου απελευθερώνεται η **ακετυλοχολίνη** από τα **συναπτικά κυστίδια**.
- **Νευρομυϊκή σύναψη:** εκεί που ένας νευρώνας συναντά μια μυϊκή ίνα.
- Στη σύναψη υπάρχει η συναπτική σχισμή όπου απελευθερώνεται η **ακετυλοχολίνη** από τα **συναπτικά κυστίδια**.
- Το **σύστημα T** κατορθώνει να μεταφερθεί η ηλεκτρική εκπόλωση από τη νευρομυϊκή σύναψη προς τα εσωτερικά μυονημάτια.



Μηχανισμοί Κίνησης

- Ξέρουμε ότι $E_k = 1/2 mu^2$ και αυτό σημαίνει ότι η κίνηση απαιτεί ενέργεια που στα βιολογικά συστήματα επιτυγχάνεται μέσω μετατροπής της χημικής ενέργειας του ATP σε μηχανική ενέργεια.
- Η ικανότητα των μυών σε αυτή τη μετατροπή είναι περίπου 25% και το υπόλοιπο 75% μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Η ικανότητα κίνησης βασίζεται στη χρήση σύνθετων ιστών που έχουν ιεραρχική οργάνωση (π.χ. μύες ή τένοντες). Οι τένοντες χρησιμοποιούν τον πολυμερισμό του κολλαγόνου για να εκταθούν.



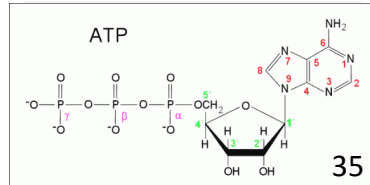
34

Το κολλιμπρι παρουσιάζει ενδιαφέρον γιατί η κάτω κίνηση των φτερών δίνει ώθηση ενώ και οι δύο κινήσεις των φτερών δίνουν άνωση. Στα έντομα η κάτω κίνηση δίνει περισσότερη άνωση στην οριζόντια κίνηση.

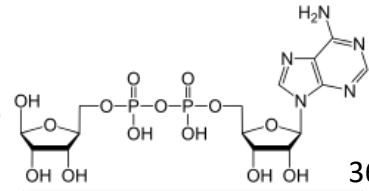


Η ενέργεια σύσπασης των μυών στην κίνηση

Αρχικά
χρήση
του



και
μετατροπή
του σε

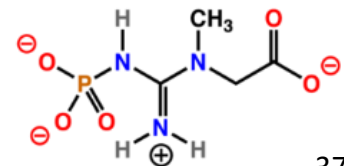
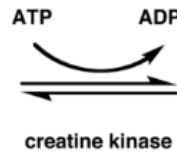
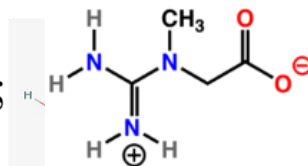


1-2
sec

ATP

ADP

χρήση
φωσφορικής
κρεατίνης
και ADP

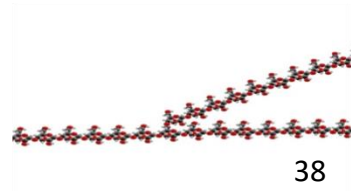


2-7/30
sec

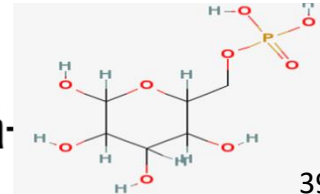
37

μετατροπή της σε **κρεατίνη** και ATP μέσω αμφίδρομης δράσης της κινάσης της κρεατίνης (πρωτεΐνη 43 kDa)

αποδόμηση
γλυκογόνου



μετατροπή
του σε
φωσφορική-
6-γλυκόζη



substrate	concentration (mM)	metabolic power (W)	running speed (m s ⁻¹)	duration (s)
ATP	8	6400	27	2-4
CP	20-33	6000	25	10-17
Glycogen	80-100	1640	6.7	} > 6000
Fat	7-25	1100	4.6	
Glycogen, anaerobic	80-100	2800	12	

40



Ζώα που χρησιμοποιούν τους μύες τους για τρέξιμο

Ας δούμε τι συμβαίνει σε ζώα που χρησιμοποιούν τους μύες τους για τρέξιμο:

- Τα **αιλουροειδή**: χρησιμοποιούν γρήγορη σύσπαση των μυϊκών ινών, έχουν αυξημένη ενεργότητα των γλυκολυτικών ενζύμων και αυξημένη ανανέωση των αποθεμάτων ATP μέσω **αναερόβιας λειτουργίας** και αυξημένου χρέους οξυγόνου
- Αντίθετα τα **πουλιά** που έχουν έντονη πτητική δραστηριότητα ή κάποια **μεταναστευτικά τετράποδα** έχουν μυϊκές προσαρμογές για **αερόβια λειτουργία**.
- Οι διαφορές αυτές βρίσκονται κυρίως στην **ενεργότητα των ενζύμων** που εμπλέκονται στον αερόβιο και αναερόβιο μεταβολισμό (Κεφάλαιο 4, Τόμος Α, Ζωολογία Ι) .



Τέλος Παρουσίασης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής. «Ζωολογία II. Ενότητα 3. Στήριξη - Κίνηση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL1/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 1/6

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες

- **Εικόνα 1.** Copyright © 2013 site. All rights reserved. Σύνδεσμος: <http://www.astheneies.gr/afudatosi/i-afudatosi-tou-dermatos-.html>. Πηγή:<http://www.astheneies.gr/>.
- **Εικόνα 2.** Copyright@Skin-Line.com 2011 Skin-Line. Σύνδεσμος:<http://www.skin-line.com/how-wavelengths-wor-laser-hair-removal-cyprus/>. Πηγή:<http://www.skin-line.com/>.
- **Εικόνα 3.** Gold bugs and beyond: a review of iridescence and structural colour mechanisms in beetles (Coleoptera). Image courtesy: Tim Holt. Σύνδεσμος: <http://nb.dropmark.com/89973/1878866>. Πηγή:Danish Design Centre HC Andersens Boulevard 27. DK 1553 Copenhagen V .
- **Εικόνα 4.** Χημική δομή της ευμελανίνης. Wikipedia the Free Encyclopedia. Σύνδεσμος: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%BD%CE%B7>. Πηγή:<https://el.wikipedia.org>.
- **Εικόνα 5.** Copyrighted.
- **Εικόνα 6.** Copyrighted.
- **Εικόνα 7.** Πηγή: KU Medical Center. University of Kansas.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 2/6

- **Εικόνα 8.** Πηγή: KU Medical Center. University of Kansas.
- **Εικόνα 9.** Πηγή: KU Medical Center. University of Kansas.
- **Εικόνα 10.** Πηγή: Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 11.** Copyright 2015 CrystalGraphics, Inc. — All rights Reserved. PowerShow.com is a trademark of CrystalGraphics, Inc. Σύνδεσμος:http://www.powershow.com/view/1b194e-MDc5M/Slight_acidification_is_an_essential_requirement_for_osteoclast_activation_by_RANK_ligand_powerpoint_ppt_presentation. Πηγή:<http://www.powershow.com>.
- **Εικόνα 12.** Copyright 2015 CrystalGraphics, Inc. — All rights Reserved. PowerShow.com is a trademark of CrystalGraphics, Inc. Σύνδεσμος:http://www.powershow.com/view/1b194e-MDc5M/Slight_acidification_is_an_essential_requirement_for_osteoclast_activation_by_RANK_ligand_powerpoint_ppt_presentation. Πηγή:<http://www.powershow.com>.
- **Εικόνα 13.** Copyright 2015 CrystalGraphics, Inc. — All rights Reserved. PowerShow.com is a trademark of CrystalGraphics, Inc. Σύνδεσμος:http://www.powershow.com/view/1b194e-MDc5M/Slight_acidification_is_an_essential_requirement_for_osteoclast_activation_by_RANK_ligand_powerpoint_ppt_presentation. Πηγή:<http://www.powershow.com>.
- **Εικόνα 14.** Σύνδεσμος:<http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do> Πηγή:<http://www.rcsb.org>.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 3/6

- **Εικόνα 15.** Σύνδεσμος:<http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do> Πηγή:<http://www.rcsb.org>.
- **Εικόνα 16.** Σύνδεσμος:<http://www.vitamindwiki.com/Web+Doc+-+very+good+overview+of+Vitamin+D>. Πηγή:<http://www.vitamindwiki.com/>.
- **Εικόνα 17.** Copyright The McGrawHill Companies Inc. Permission required for reproduction or display. Σύνδεσμος:http://www.slideshare.net/adjutant_reflex/lecture-3-movement-2nd-sem-20082009. Πηγή:<http://www.slideshare.net>.
- **Εικόνα 18.** LinkedIn Corporation © 2015. Σύνδεσμος:
<http://www.slideshare.net/shainamavreenvillaroza/muscular-system-36066771>.
Πηγή:<http://www.slideshare.net>.
- **Εικόνα 19.** Σύνδεσμος:
<https://www.rpi.edu/dept/bcbp/molbiochem/MBWeb/mb2/part1/microtub.htm>.
Πηγή:<https://www.rpi.edu>.
- **Εικόνα 20.** Σύνδεσμος: http://www.rcsb.org/pdb/101/motm_discussed_entry.do?id=3j2u
Πηγή:<http://www.rcsb.org>
- **Εικόνα 21.** 2015 FotosImagenes.net - Descargar Fotos - Encuentra las mejores imagenes en internet. Σύνδεσμος:<http://www.fotoseimagenes.net/dineina> Πηγή:<http://www.fotoseimagenes.net>.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 4/6

- **Εικόνα 22.** Πηγή: Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 23.** Copyrighted.
- **Εικόνα 24.** Copyrighted.
- **Εικόνα 25.** Πηγή: Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 26.** Copyrighted.
- **Εικόνα 27.** Πηγή: Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 28.** © 2015 SlidePlayer.com.br Inc. All rights reserved..
Σύνδεσμος:<http://slideplayer.com.br/slide/372453/>. Πηγή: <http://slideplayer.com.br>.
- **Εικόνα 29.** Πηγή: Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 30.** Copyrighted.



Σημείωμα

Χρήσης Έργων Τρίτων 5/6

- **Εικόνα 31.** Πηγή: Copyright 2011 Εκδόσεις Utopia. Πηγή: Ζωολογία II Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος II. Hickman, Roberts, Keen, Larson, ΆAnson, Eisenhour. 14η Αμερικάνικη – 2η Ελληνική Έκδοση. Εκδόσεις Utopia, ISBN: 978-960-99280-3-8.
- **Εικόνα 32.** Χημική δομή ακετυλοχολίνης. Wikipedia the Free Encyclopedia. Creative Commons. Σύνδεσμος:<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BA%CE%B5%CF%84%CF%85%CE%BB%CE%BF%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%BD%CE%B7>. Πηγή:<https://el.wikipedia.org>.
- **Εικόνα 33.** © 2015 The Regents of the University of Colorado, a body corporate. All rights reserved. All trademarks are registered property of the University. Used by permission only. Σύνδεσμος: <http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/medicalschoo/departments/neurology/fellowships/Pages/neuromuscular.aspx> Πηγή:<http://www.ucdenver.edu>.
- **Εικόνα 34.** Copyrighted.
- **Εικόνα 35.** Σύνδεσμος: <http://drpinna.com/insulin-growth-factor-igf-and-aging-18138/atp>. Πηγή: <http://drpinna.com>.
- **Εικόνα 36.** Σύνδεσμος: <https://en.wikipedia.org/wiki/ADP-ribosylation>. Πηγή:<https://en.wikipedia.org>.
- **Εικόνα 37.** Σύνδεσμος: <http://www.ioanninamed.gr/index.php/topics/58-laboratory-tests-microbiology/21-cpk>. Πηγή:<http://www.ioanninamed.gr>.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων 6/6

- **Εικόνα 38.** Σύνδεσμος: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Glycogen_spacefilling_model.jpg.
Πηγή: <https://en.wikipedia.org>.
- **Εικόνα 39.** Copyrighted.
- **Εικόνα 40.** Copyrighted.

