

# *Μηχανική του Μυϊκού Ιστού*

## *Διαδικασία επούλωσης των μαλακών ιστών*

*Δρ. Παναγιώτης Β. Τσακλής*

*Καθηγητής*

*Εμβιομηχανικής & Εργονομίας*

*ΤΕΦΑΑ - ΠΘ*



*Res. Assoc Department of Molecular Medicine & Surgery*  
*Karolinska Institutet*



Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί μαλακοί ιστοί...: (το κλειδί για τη μηχανική τους λειτουργία...)

Τένοντες και σύνδεσμοι (διάταση)

Χόνδρος (συμπίεση, ολίσθηση)

Μυς (ενεργητική τάση)

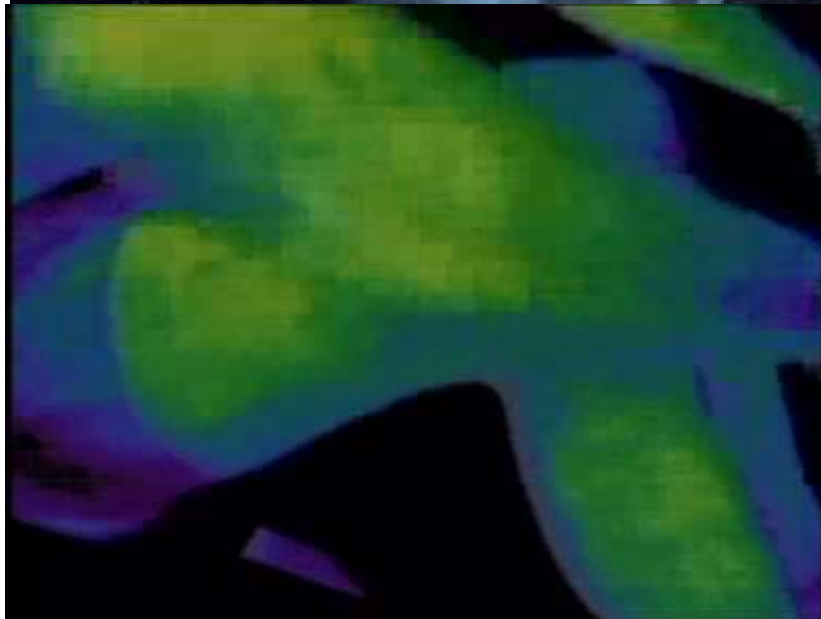
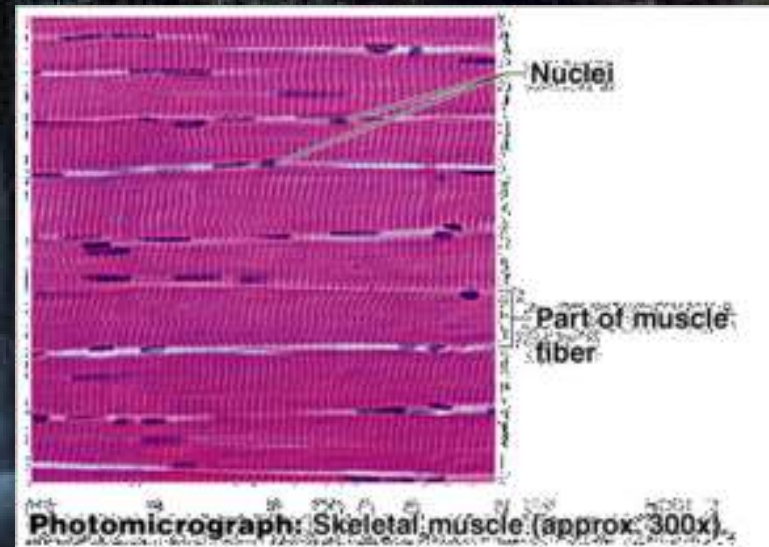
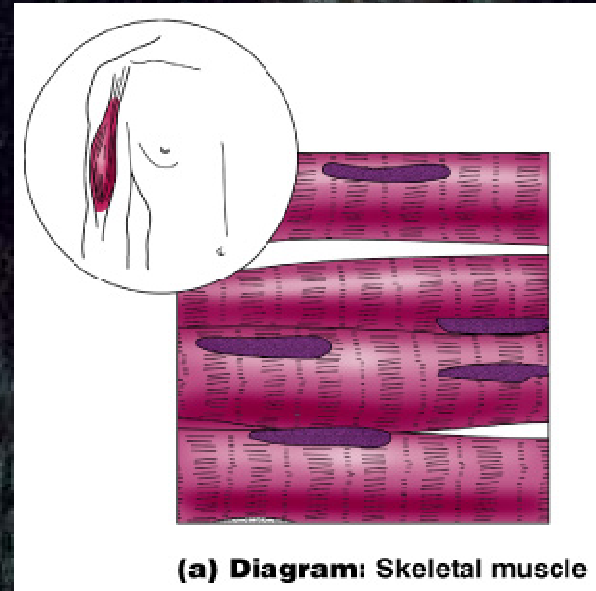
Αιμοφόρα αγγεία (αγγειακή πίεση)

Δέρμα (υποστήριξη)

Τρίχωμα (προστασία, θερμότητα)

# Μυϊκός Ιστός

- Σκελετικός μυς
  - Μπορεί να ελεγχθεί εκούσια
  - Τα κύτταρα συνδέονται στο συνδετικό ιστό...
  - Τα κύτταρα είναι γραμμωτά
  - Τα κύτταρα έχουν περισσότερους από έναν πυρήνες



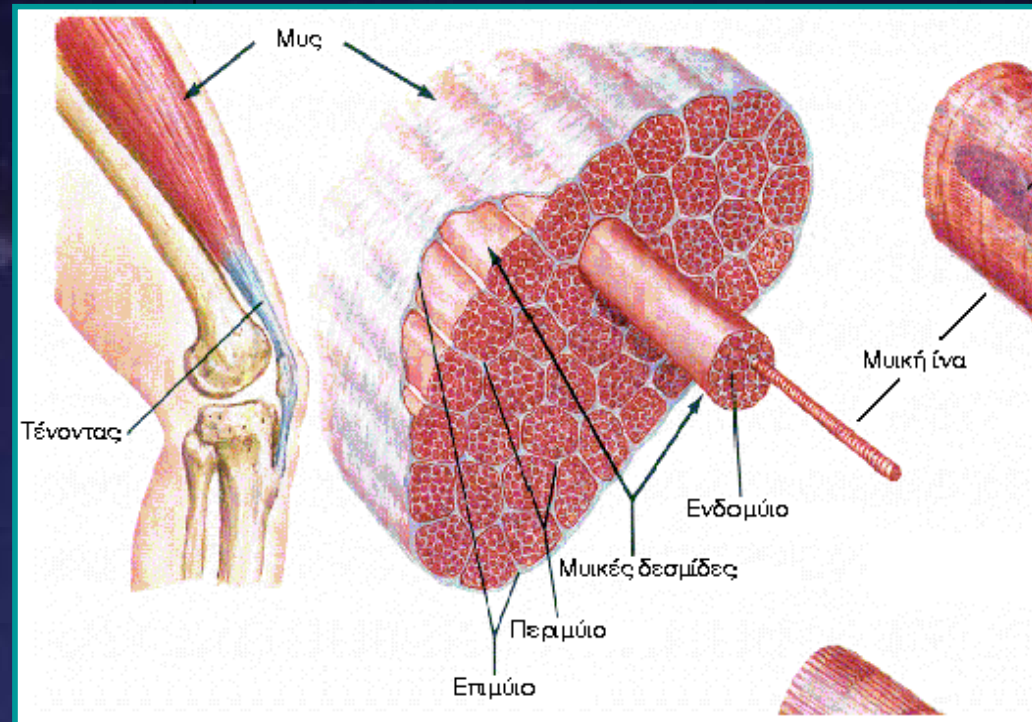
## Δομική οργάνωση του σκελετικού μυ

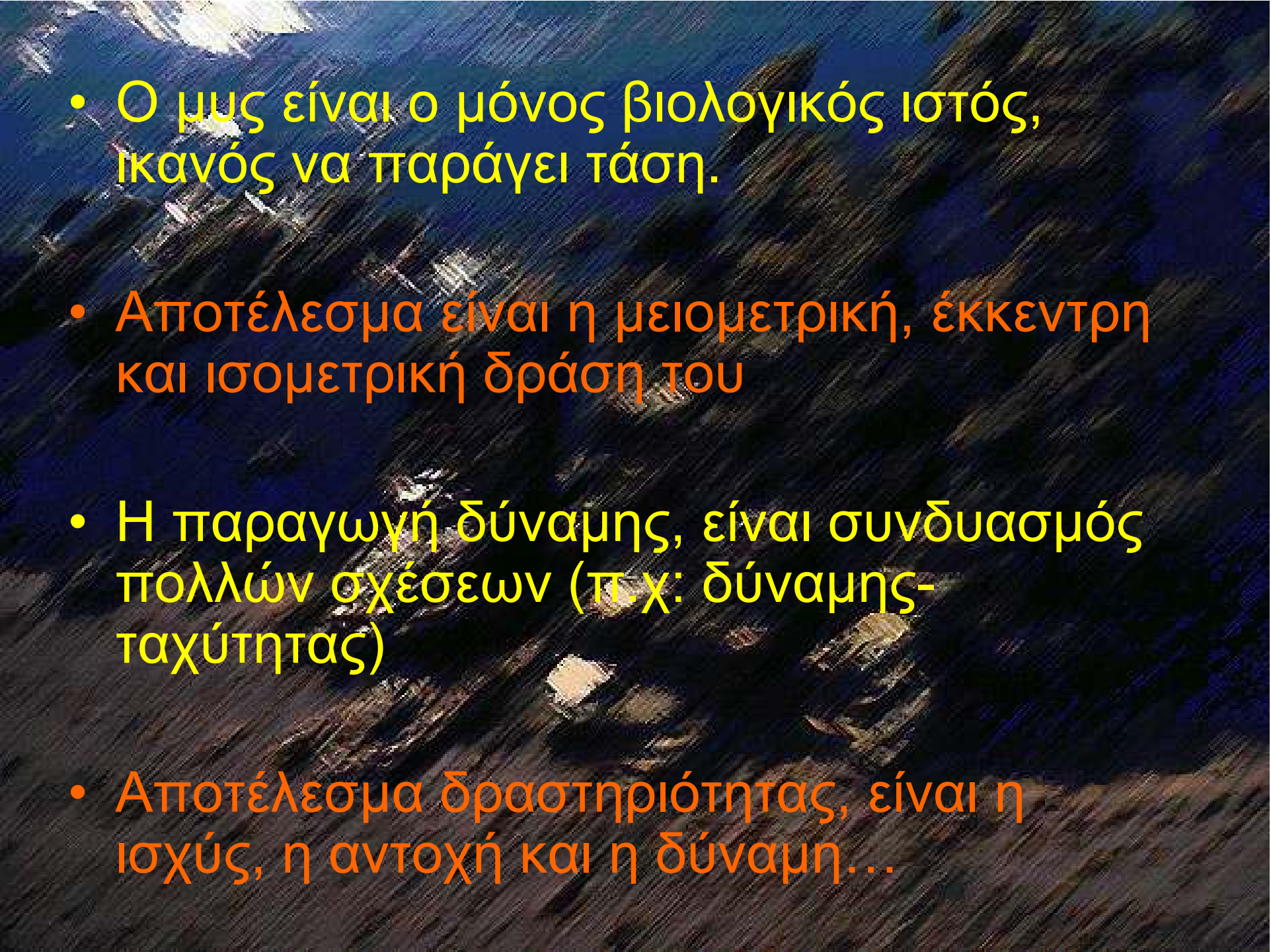
- Το ανθρώπινο σώμα έχει περίπου 434 μυς
  - 40-45% του συνολικού βάρους στους ενήλικους
  - 75 ζεύγη μυών υπεύθυνα για τις σωματικές κινήσεις και τη στάση
- Μυϊκές ίνες
- Κινητικές μονάδες
- Τύποι μ. ινών
- Αρχιτεκτονική της ίνας

# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

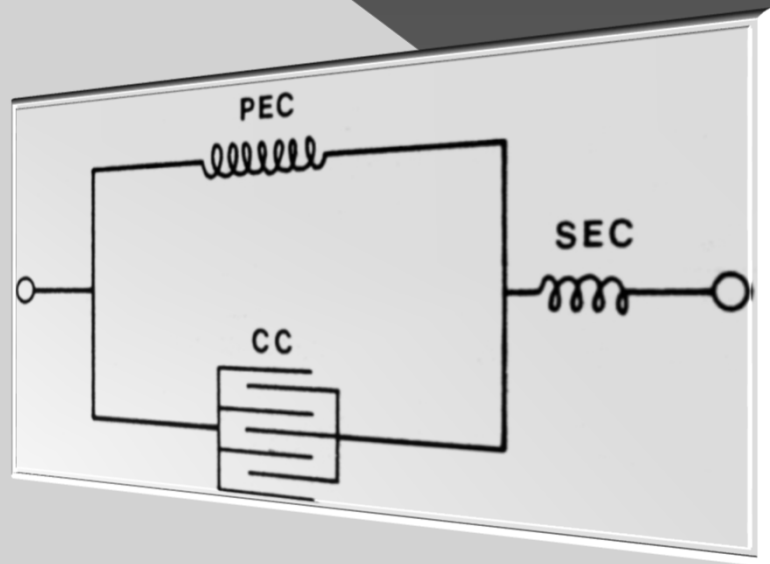
## ΥΦΗ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ

- Επιμύιο
- Περιμύιο
- Μυικές δεσμίδες
- Ενδομύιο
- Μυικές ίνες / κύτταρα



- 
- Ο μυς είναι ο μόνος βιολογικός ιστός, ικανός να παράγει τάση.
  - Αποτέλεσμα είναι η μειομετρική, έκκεντρη και ισομετρική δράση του
  - Η παραγωγή δύναμης, είναι συνδυασμός πολλών σχέσεων (π.χ: δύναμης-ταχύτητας)
  - Αποτέλεσμα δραστηριότητας, είναι η ισχύς, η αντοχή και η δύναμη...

# Η μυο-τενόντια Μονάδα...



PEC: parallel elastic component  
CC: contractile component  
SEC: series elastic component

- Tendon- spring-like elastic component in series with contractile component (proteins)
- Parallel elastic component (epimysium, perimysium, endomysium, sarcolemma)

## Μηχανική της Μυϊκής συστολής...

- ◉ Νευρικό Ερέθισμα – Παλμός
- ◉ Μηχανική απάντηση της κινητικής μονάδας

$$F(t) = F_0 \frac{t}{T} e^{-\frac{t}{T}}$$

T: twitch or contraction time, time for tension to reach maximum

F<sub>0</sub>: constant of a given motor unit

Averaged T values

Tricep brachii 44.5 ms

Biceps brachii 52.0 ms

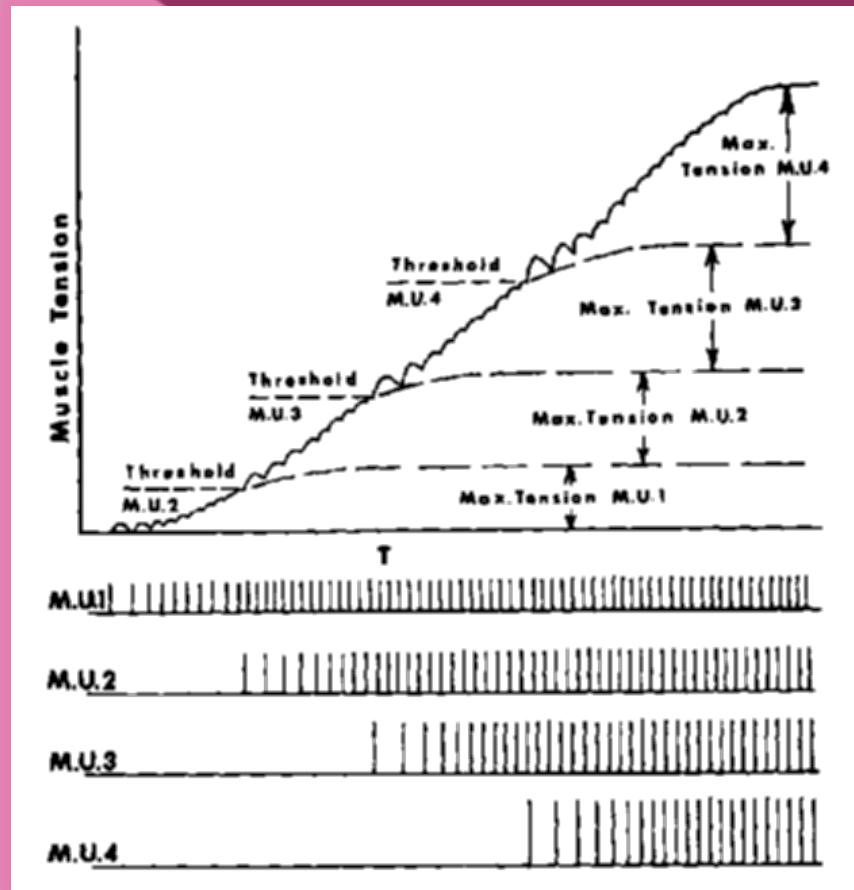
Tibialis anterior 58.0 ms

Soleus 74.0 ms

Medial Gastrocnemius 79.0 ms



# Επιστράτευση Κινητικής Μονάδας



All-or-nothing event

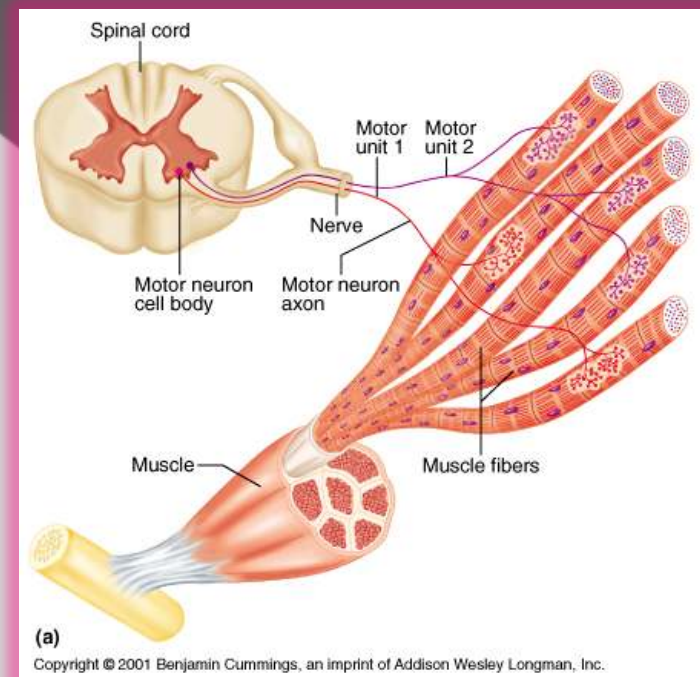
2 ways to increase tension:

- Stimulation rate
- Recruitment of more motor unit

Size principle

Smallest m.u. recruited first

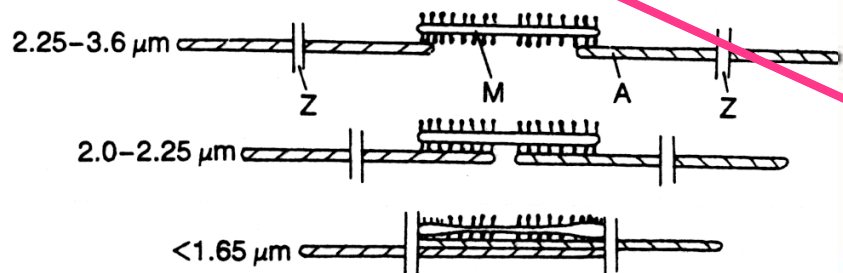
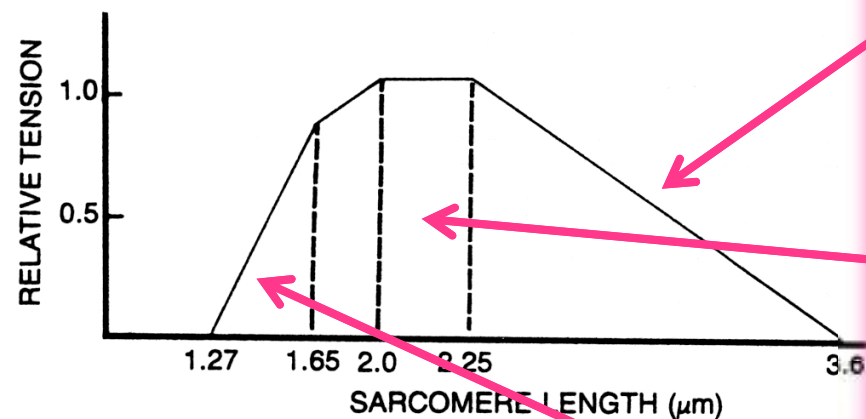
Largest m.u. last



## Προϋποθέσεις Παραγωγής Δύναμης στο Μυ...

- ⊙ Μήκο -Δυναμικά Χαρακτηριστικά
- ⊙ Ταχυ – Δυναμικά Χαρακτηριστικά
- ⊙ Μοντέλο Μυός
- ⊙ Δυναμικά Νευρομυϊκού συστήματος

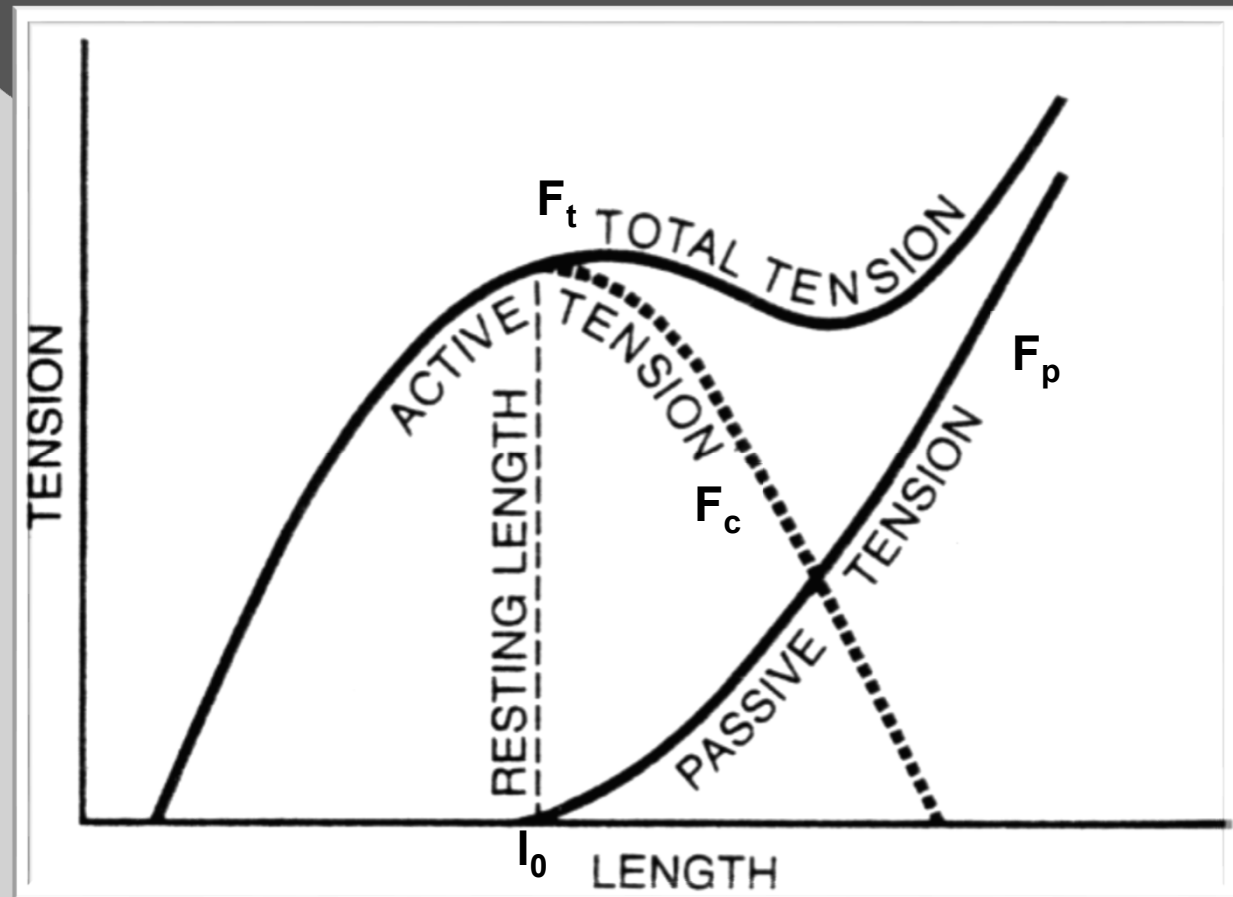
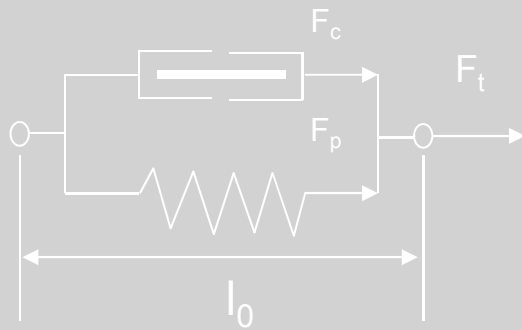
# Καμπύλη Δύναμης-Μήκους του συστατικού στοιχείου



- 2.25-3.6 μm no. of cross bridge ↓ low
- 2.0-2.25 μm max. no. of cross bridges; max. tension
- < 1.65 μm overlap of actin no. of cross bridge ↓

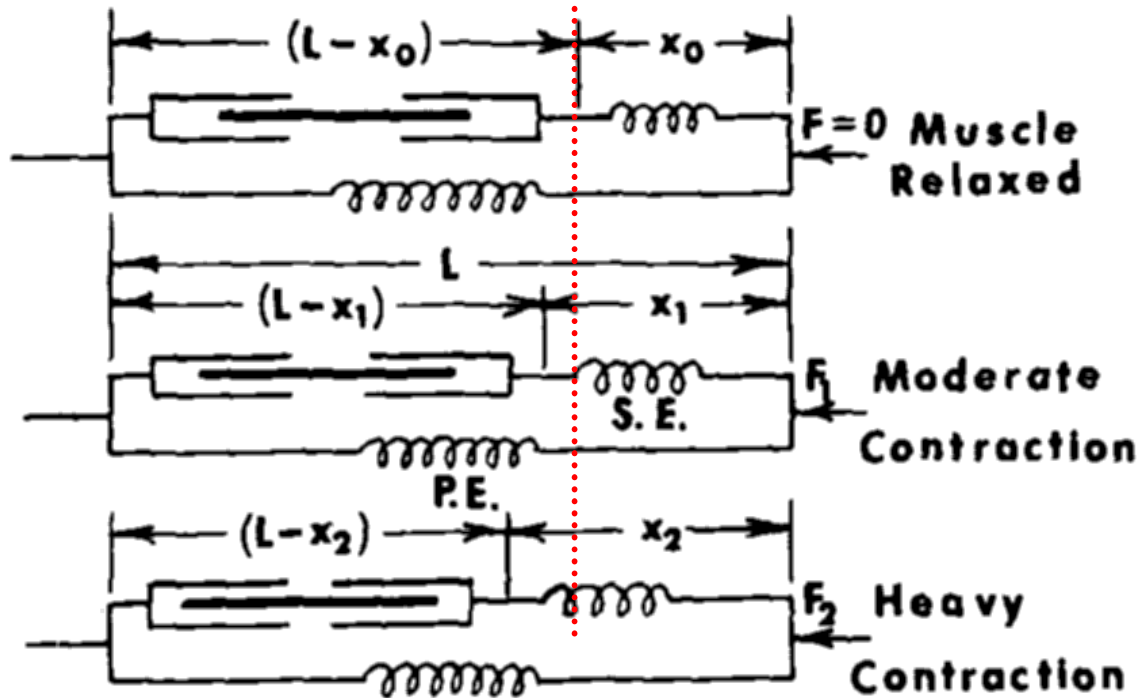
# Επίδραση των παράλληλων ελαστικών στοιχείων

Viscoelasticity and proper warm up!!!



Note:  $F_c$  is under voluntary control &  $F_p$  is always present

## Εν σειρά ελαστικά στοιχεία...



PLYOS.....

- Tendon & other series tissue Lengthen slightly in isometric contraction
- Series component can **store energy** when stretched prior to an explosive shortening

# Ταχυ – Δυναμικά χαρακτηριστικά

## ⊙ Μειομετρική συστολή

- > Muscle contracts and shortening, positive work was done on external load by muscle
- > Tension in a muscle decreases as it shortens

## ⊙ Έκκεντρη συστολή

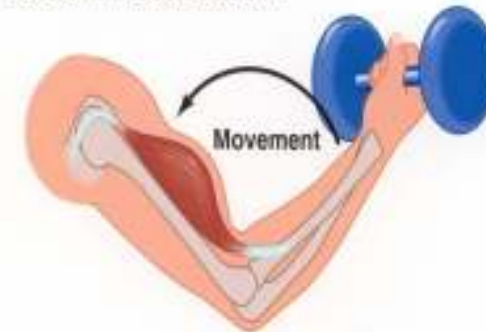
- > Muscle contracts and lengthening, external load does work on muscle or negative work done by muscle.
- > Tension in a muscle increases as it lengthens by external load

**Isometric contraction**  
Muscle contracts  
but does not shorten



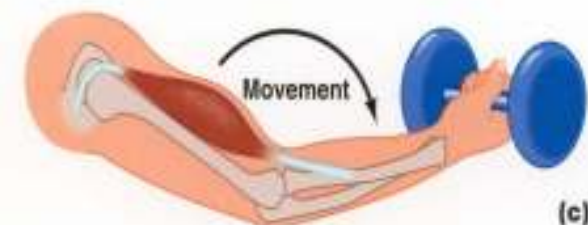
(a)

**Concentric contraction**



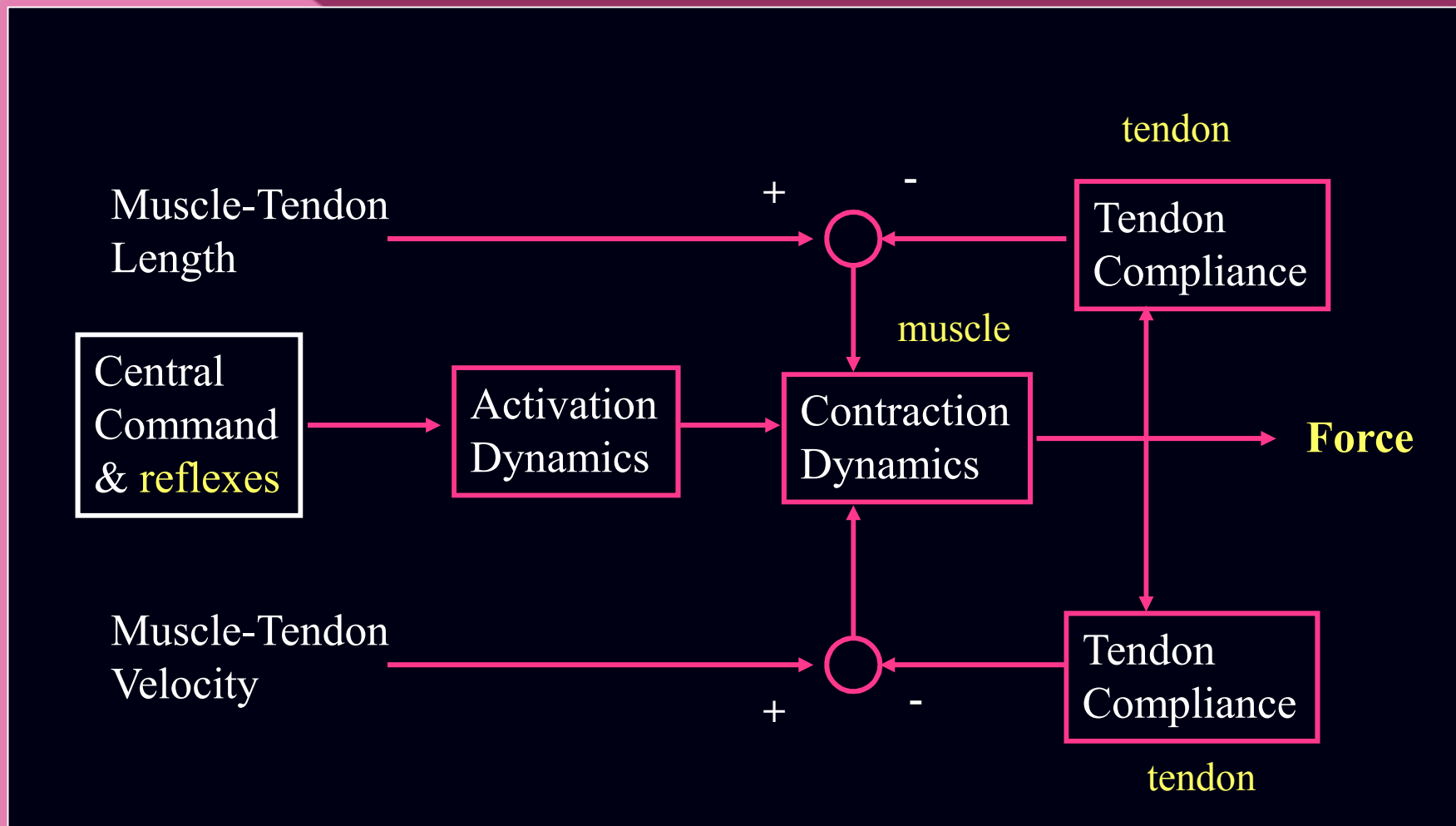
(b)

**Eccentric contraction**

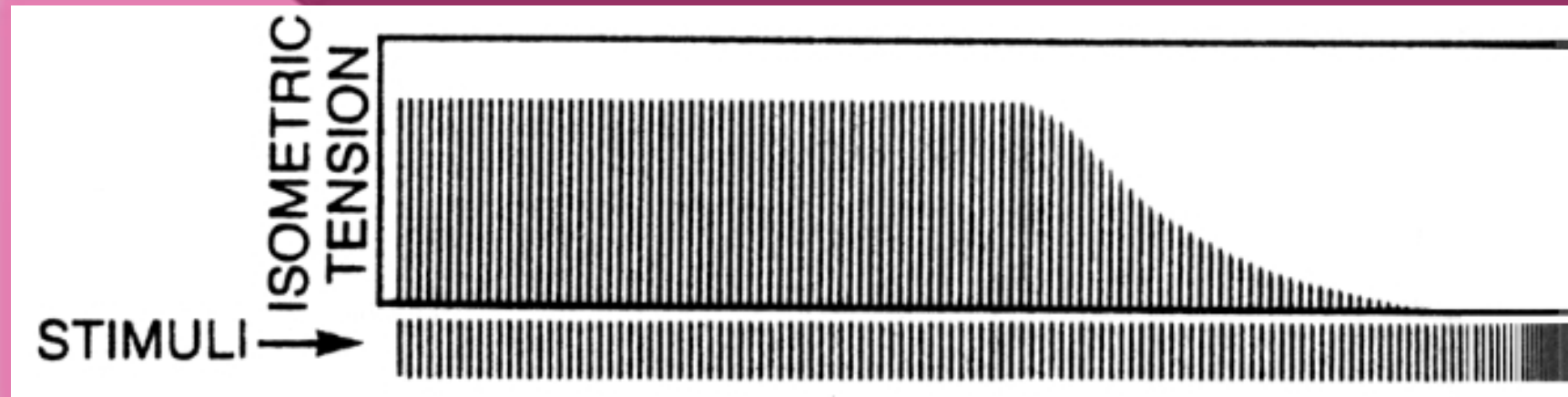


(c)

# Μοντελοποίηση του Νευρομυϊκού Συστήματος



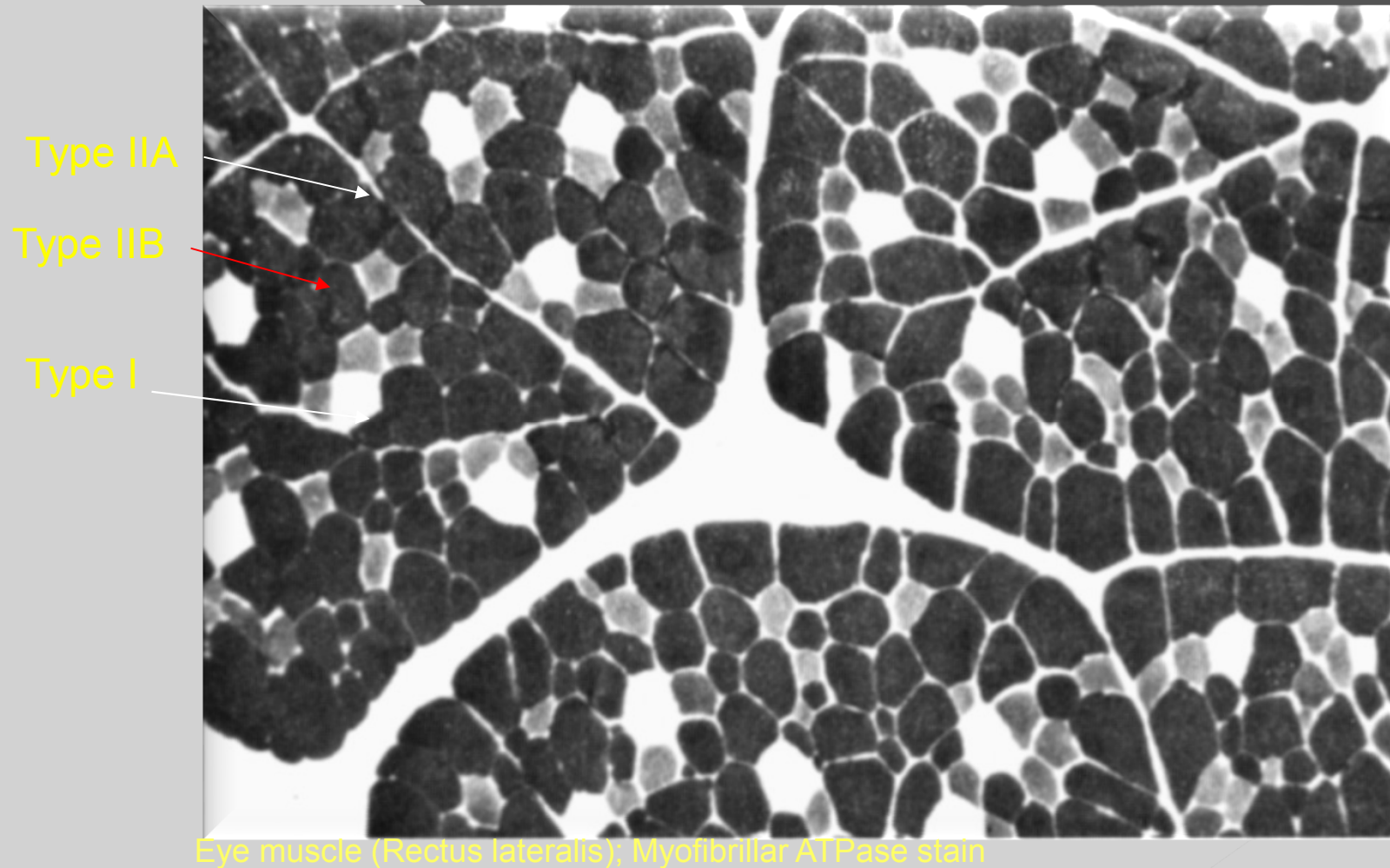
# Μυϊκή Κόπωση



*Drop in tension followed prolonged stimulation  
Fatigue occurs when the stimulation frequency outstrips rate of replacement  
of ATP  
the twitch force decreases with time*



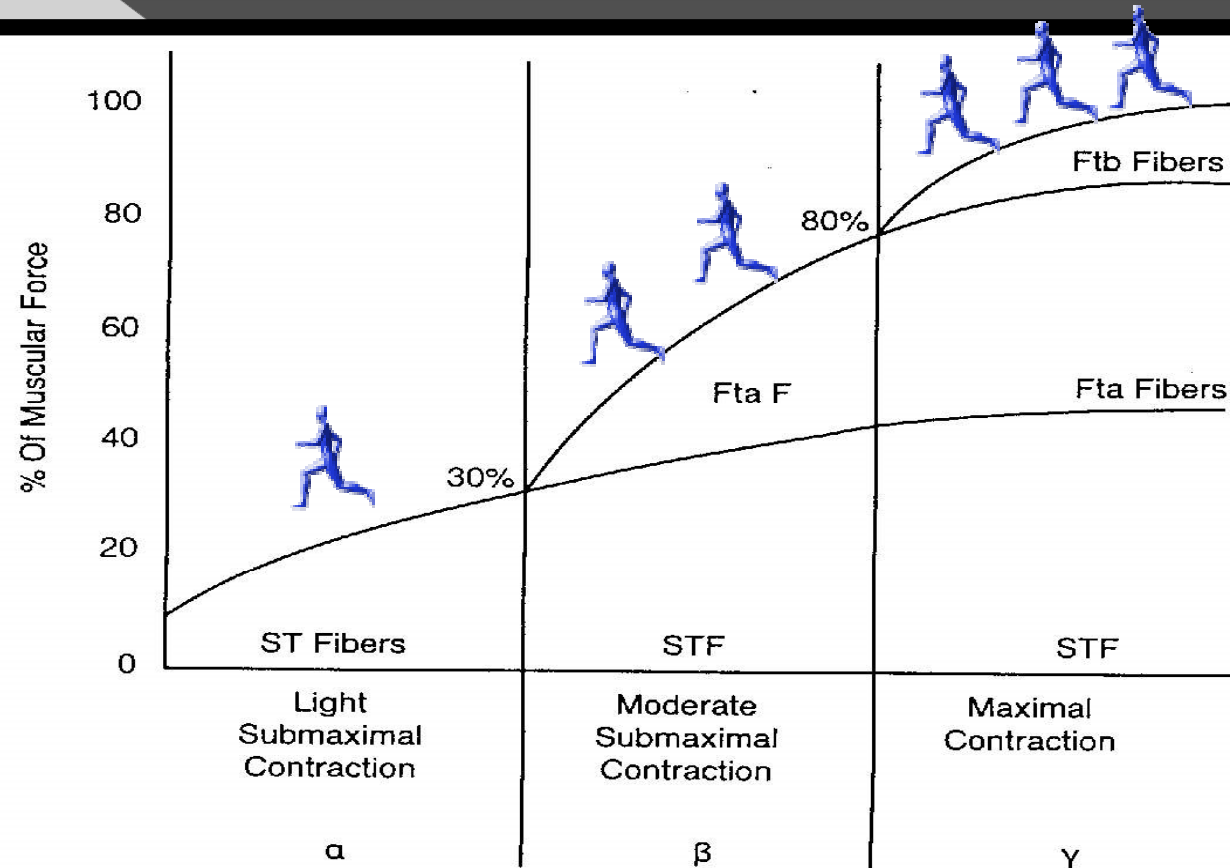
# Ιστολογία του μυός...



## Μυϊκή Διαφοροποίηση (τύποι μυϊκών ινών)

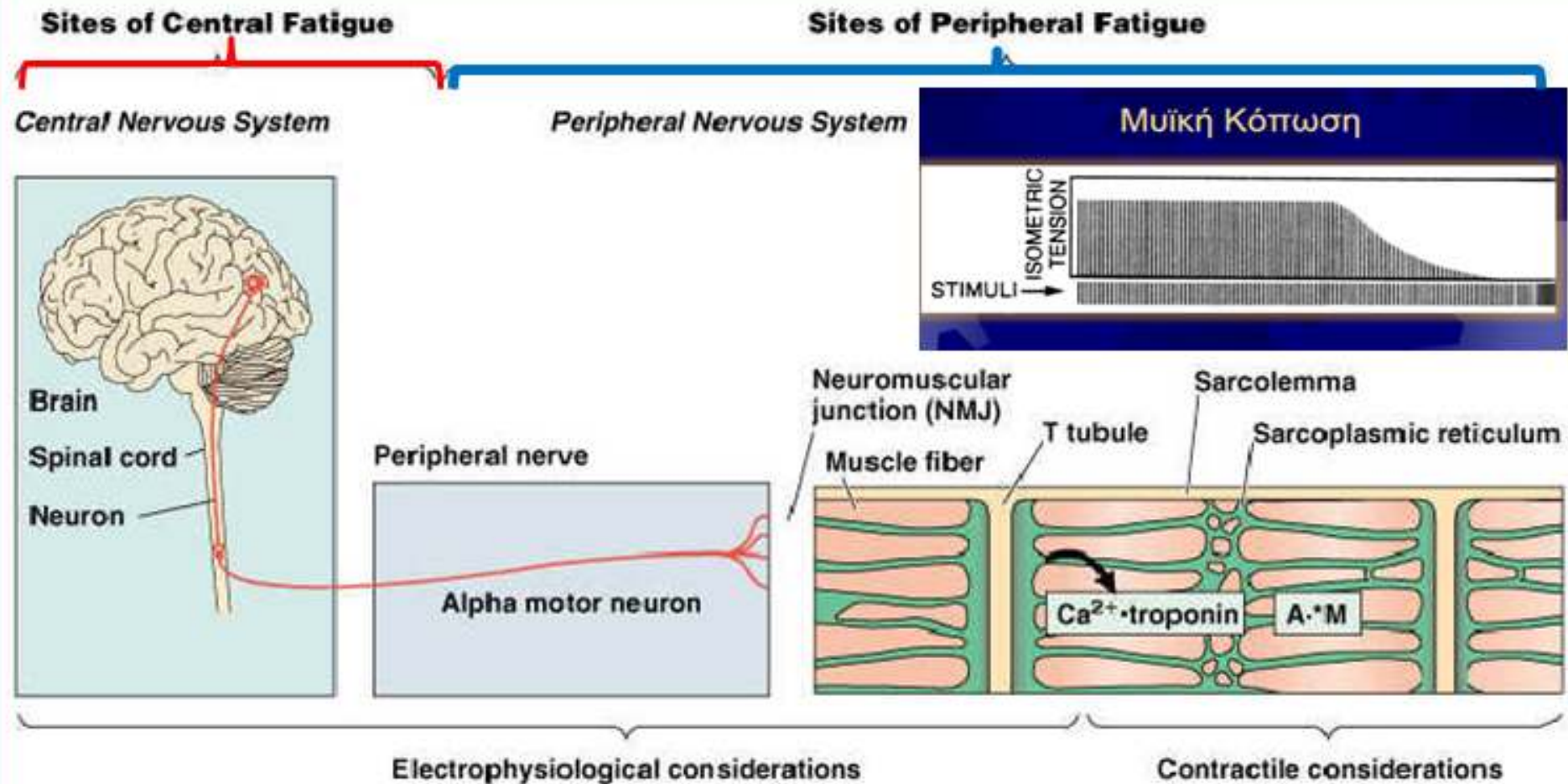
	<b>I</b> (slow-twitch oxidative)	<b>IIA</b> (fast-twitch oxidative glycolytic)	<b>IIB</b> fast-twitch glycolytic
Contraction speed	Slow	fast	fast
Myosin-ATPase activity	Low	High	High
Primary source of ATP production	Oxidative phosphorylation	Oxidative phosphorylation	Anaerobic glycolysis
Glycolytic enzyme activity	Low	Intermediate	High
No. of mitochondria	Many	Many	Few
Capillaries	Many	Many	Few
Myoglobin contents	High	High	Low
Muscle Color	<b>Red</b>	<b>Red</b>	White
Glycogen content	Low	Intermediate	High
Fiber diameter	small	Intermediate	Large
Rate of fatigue	<b>slow</b>	Intermediate	<b>Fast</b>

# Η σχέση μεταξύ της ταχύτητας εξάσκησης και της επιστράτευσης των μυϊκών ινών...

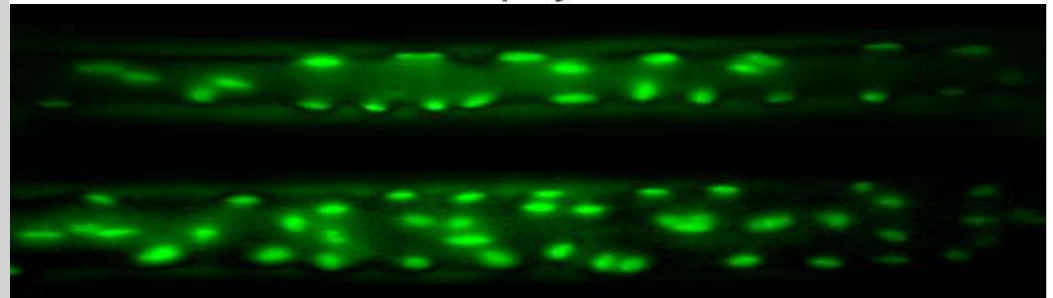
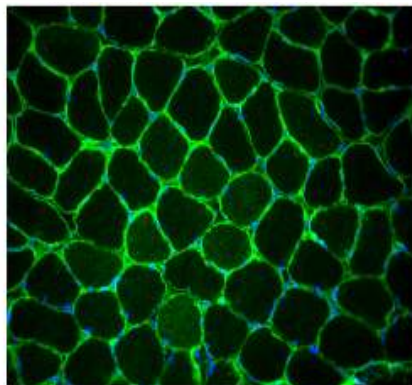
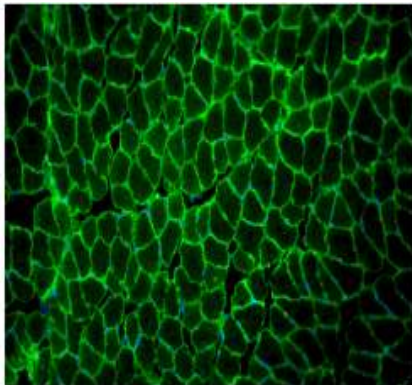
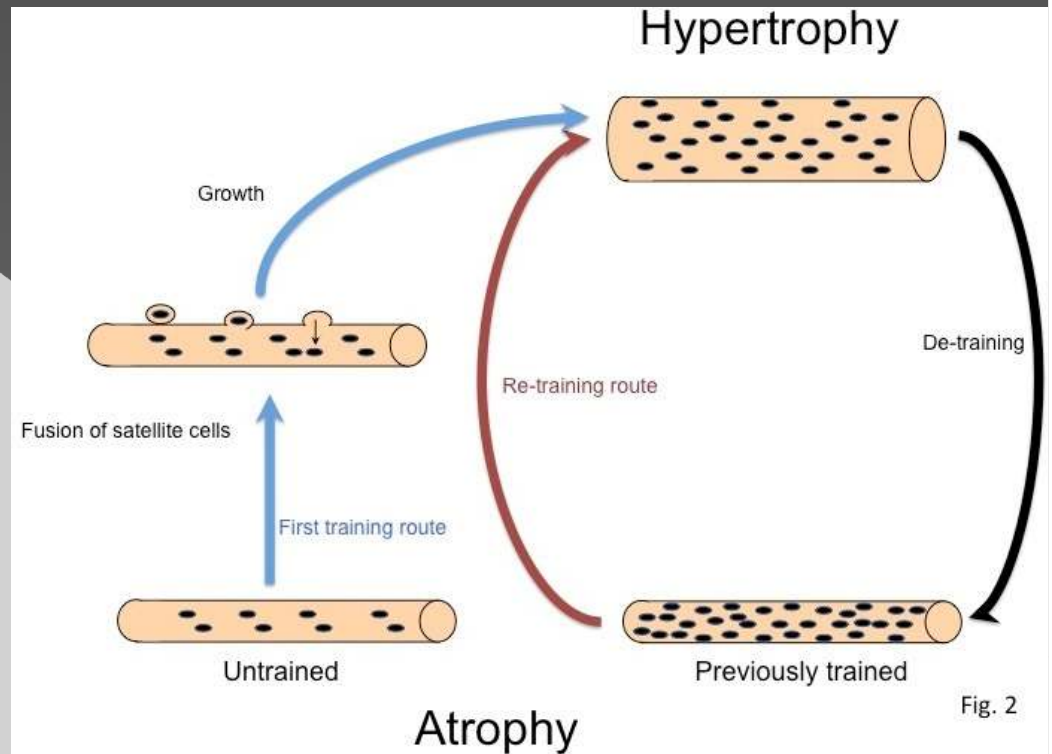
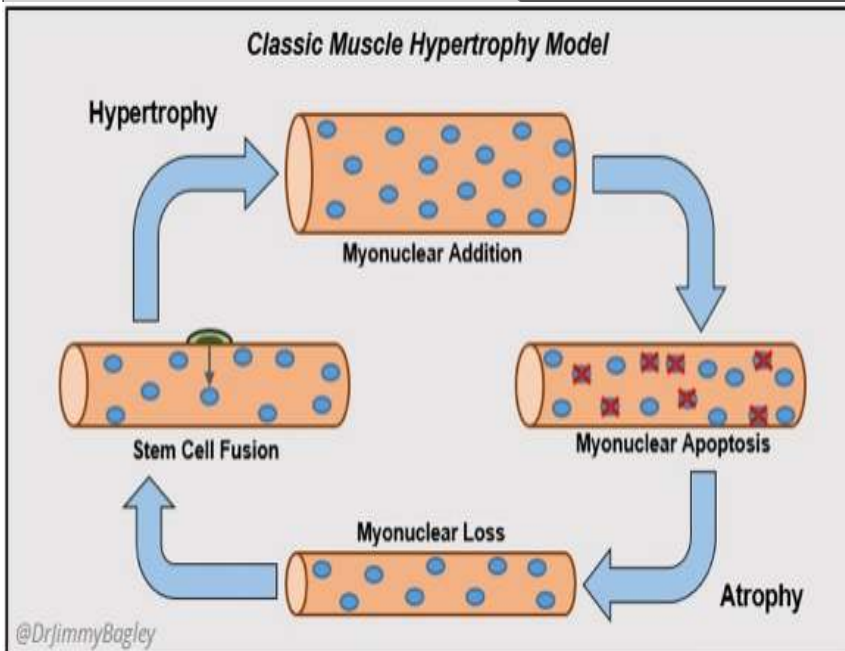


# fatigue

*Drop in tension followed prolonged stimulation*  
*Fatigue occurs when the stimulation frequency outstrips rate of replacement of ATP*  
*the twitch force decreases with time*



# Muscle MEMORY



# Ασκήσεις Ενδυνάμωσης...



- Isometrics > max / sub-max > specific angle° ...
- Isotonics > concentric > max 1RM / sub-max %1RM > specific ROM  
> eccentric > max / sub-max > specific ROM
- Isokinetics > concentric > max / sub-max > specific ROM  
> eccentric > max / sub-max > specific ROM
- Plyometrics > eccentric---concentric contraction--- t~0
- Functional exercises...



# Ανοικτή & Κλειστή Κινηματική Αλυσίδα Ισοτονικές Ασκήσεις



ΚΚΑ

ΟΚΑ





# ΥΦΗ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ



# Συνδετικός Ιστός

- Βρίσκεται παντού στο σώμα
- Περιλαμβάνει τους πιο μεγάλους ιστούς...

- **Λειτουργίες**

- Συνδέει τους ιστούς μεταξύ τους
- Υποστηρίζει τις σωματικές δομές
- Προσδίδει προστασία

## Connective Tissue



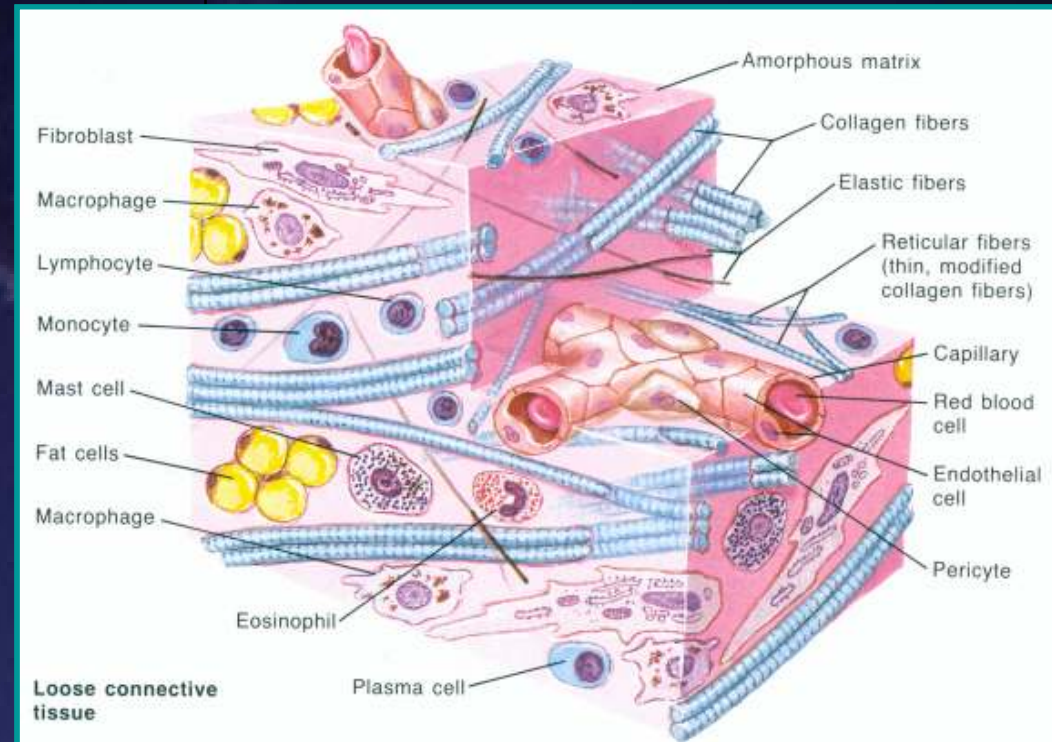
- 1 Adipose cell
- 2 Collagen fiber
- 3 Capillary
- 4 Elastin fiber
- 5 Fibroblast
- 6 Lymphocyte
- 7 Macrophage
- 8 Mast cell
- 9 Nerve
- 10 Neutrophil
- 11 Plasma cell
- 12 Red blood cell

# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

## ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

### Υφή

- ✧ Θεμέλιος ουσία
- ✧ Μεσοκυττάριο υγρό
- ✧ Κύτταρα
- ✧ Ινες



# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

## ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

### Υφή

- ✘ Θεμέλιος ουσία
- ✘ Μεσοκυττάριο υγρό
- ✘ Κύτταρα
- ✘ **Ινες**

## ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

### Ινες

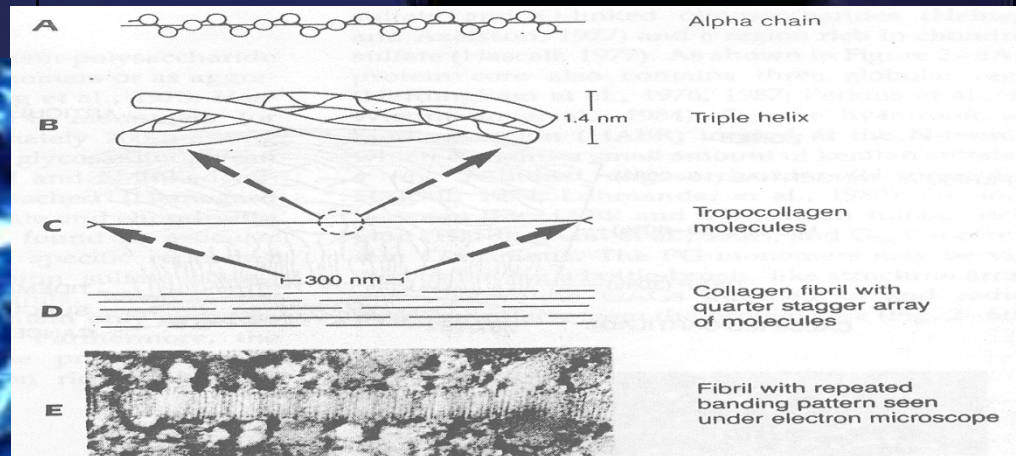
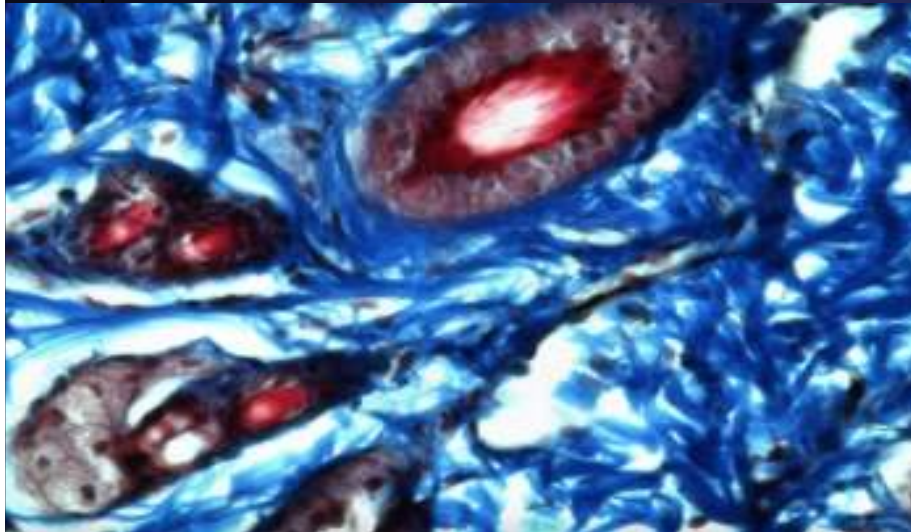
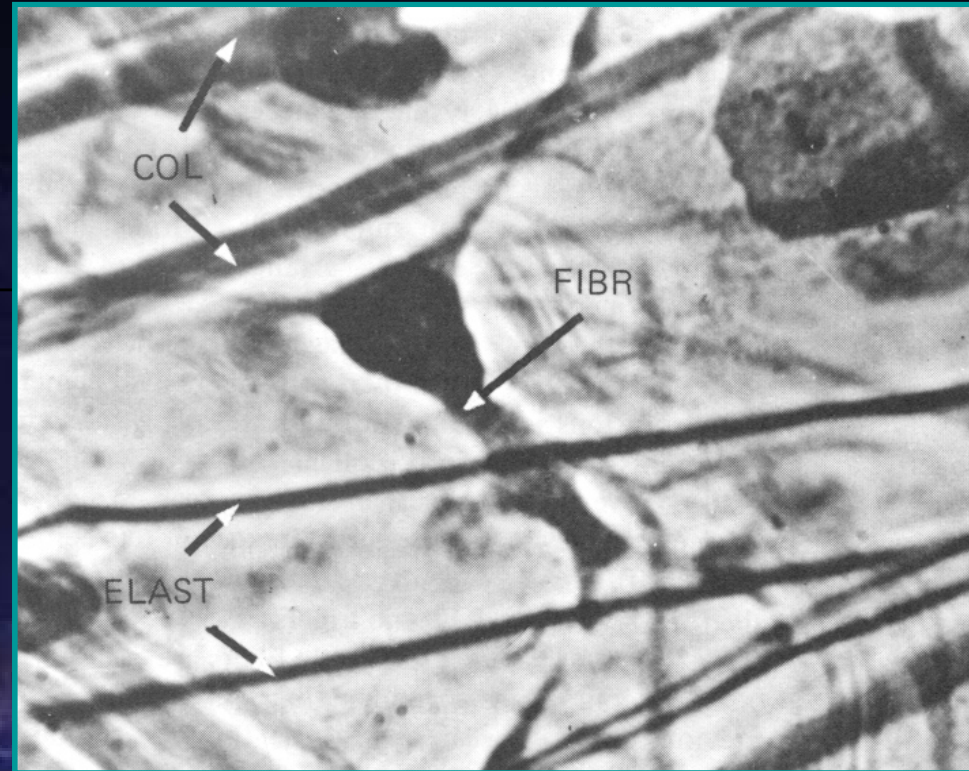
- ✘ **Κολλαγόνες**
- ✘ **Ελαστικές**
- ✘ **ΔΙΚΤΥΩΤΕΣ**
- ✘ **Κατανομή**
  - 📄 Διαφορετική σε διαφορετικούς τύπους συνδετικού ιστού
    - ◆ Ινώδης
    - ◆ Ελαστικός
    - ◆ Δικτυωτός

# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

## ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

### Κολλαγόνες ίνες

- ✧ Παχύτερες των ελαστικών ινών
- ✧ Κυματοειδής μορφή
- ✧ Εγκάρσια γράμμωση
  - 📄 Ανάλογη των γραμμωτών μ. ινών

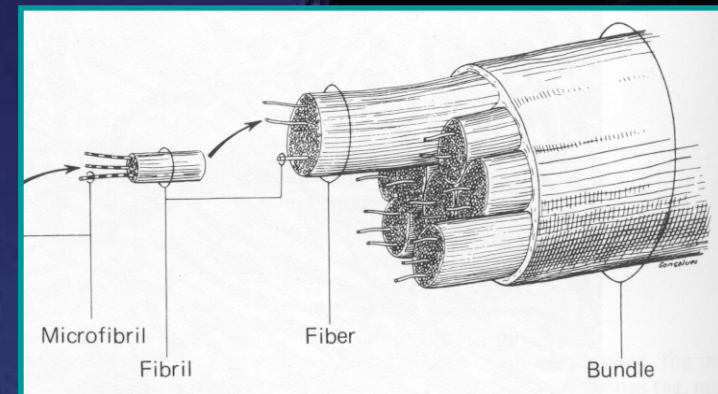
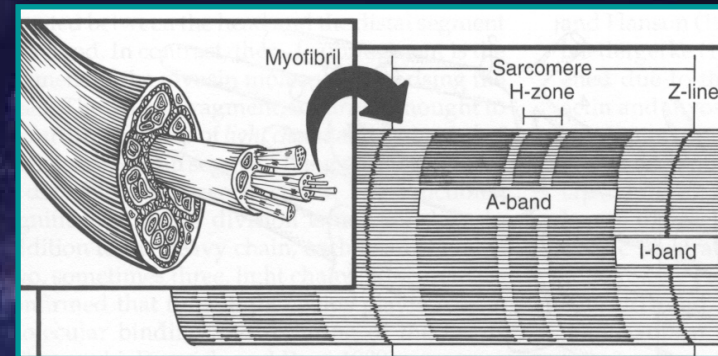


# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

## ΙΝΕΣ

### Μυικές Κολλαγόνες

Δεσμίδες	Δεσμίδες
Μυικές ίνες	Ινες κολλαγόνου
Μυοϊνίδια	Ινίδια κολλαγόνου
Μυονημάτια	Μικροϊνίδια
Σαρκομέριο	Τροποκολλαγόνο
Ακτίνη	α-1 αλυσίδα
Μυοσίνη	α-2 αλυσίδα
Γέφυρες σύνδεσης	Δεσμοί H <sup>+</sup>
<b>Διατάσιμες</b>	<b>Μη διατάσιμες</b>



# ΕΡΓΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### Μυικές ίνες

- ✧ Σημαντική διάταση
- ✧ Τελικό μήκος
  - 📄 Υπερβαίνει κατά **50%** το μήκος ηρεμίας

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

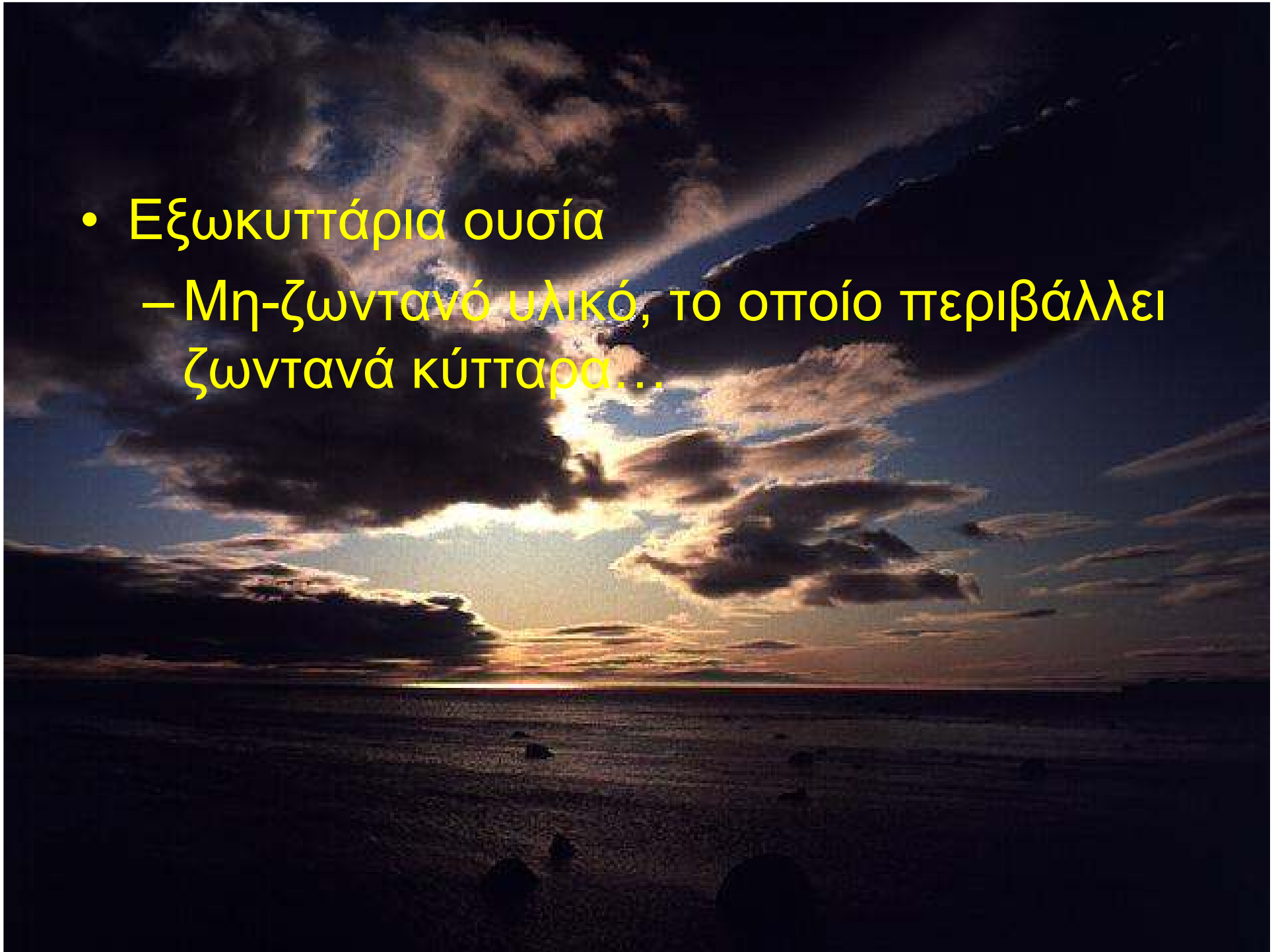
### Κολλαγόνες ίνες

- ✧ Ελάχιστη διάταση
  - 📄 Απαιτείται εφαρμογή δύναμης **> 10.000** φορές του βάρους τους
- ✧ Ρήξη μετά από διάταση άνω του **10%** του μήκους τους

### Φλοιώδες οστούν

- ✧ Αντοχή σε παραμόρφωση
- ✧ Ρήξη μετά από παραμόρφωση άνω του **2%**

- Εξωκυττάρια ουσία
  - Μη-ζωντανό υλικό, το οποίο περιβάλλει ζωντανά κύτταρα...



# Εξωκυττάρια ουσία...

- Δύο κύρια συστατικά...
  - Θεμέλιος ουσία – κυρίως νερό με πρωτεΐνες και μόρια πολυσακχαριτών
  - Ίνες
    - Παράγονται από τα κύτταρα
    - Τρεις τύποι
      - Κολλαγόνες
      - Ελαστικές
      - Δικτιωτές



## Ο ρόλος του εξωκυττάριας ουσίας στην επούλωση μίας κάκωσης και στο σχηματισμό της ουλής

- Η εξωκυττάρια ουσία δημιουργείται από συγκεκριμένα μακρομόρια, τα οποία σχηματίζουν ένα δίκτυο πάνω στο οποίο αναπτύσσονται τα κύτταρα και μεταναστεύουν...
- Η εξωκυττάρια ουσία εκκρίνεται τοπικά και ορίζει σημαντική ποσότητα του όγκου του ιστού
- Η εξωκυττάρια ουσία κατακρατεί
  - Νερό, το οποίο προσδίδει όγκο στο μαλακό ιστό...
  - Και μέταλλα, τα οποία προσδίδουν σκληρότητα στους σκελετικούς μυς
- Οι πρωτεΐνες της εξωκυττάριας ουσίας, συντίθενται σε δύο μεγάλους οργανισμούς
  - Στη μεσοκυττάρια ουσία (παρούσα μεταξύ των κυττάρων)
  - Στη βασική (θεμέλια) μεμβράνη [BM] (που παράγεται από επιθηλιακά και μεσεγχυμικά κύτταρα και σχετίζεται στενά με την επιφάνεια των κυττάρων)

## Τρεις ομάδες μακρομορίων συνθέτουν την εξωκυττάρια ουσία

- **Οι ινώδεις δομικές πρωτεΐνες**
  - Το κολλαγόνο
  - Ινιδίνες
- **Οι συγκολλητικές γλυκοπρωτεΐνες**
  - Cadherin
  - Integrins
  - Immunoglobulin family
  - Selectins
- **Οι πρωτεογλυκάνες και το Υαλουρονικό οξύ (HA)**

# Ο ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ.....

- Ορίζεται από ποσότητες εξωκυττάριας ουσίας.....

Έξω από το κύτταρο

- Χαλαρή ινώδη ουσία...loose fibrous matrix
- Σκληρή ινώδη ουσία...dense fibrous matrix
- Ινώδη ουσία με βασικά συστατικά...
- Υγρή ουσία...liquid matrix

## Η ινώδης ουσία....

- **Ίνες κολλαγόνου**
  - λευκές ίνες
  - σκληρές
  - Όχι διατατές..
  - Βάφονται ροζ..H/E
- **ΔΙΚΤΥΩΤΕΣ ΊΝΕΣ – ΛΕΥΚΕΣ ΊΝΕΣ**
  - Ίδια πρωτεΐνη κολλαγόνου
  - λεπτότερες, διακλαδωμένες
  - ΔΙΚΤΥΩΤΕΣ = ΔΙΚΤΥΟ..

- **Ελαστικές ίνες – Κίτρινες**
  - Διακλαδωτές ίνες
  - διατατές - ελαστικές
  - Βάφονται μαύρες η βαθύ μωβ
- **Υαλουρονικό οξύ**
  - Κολλοειδές ζελέ
- **Υγρό του ιστού**



## Ινώδης ουσία – τύποι κυττάρων

- **Ινοβλάστες**
  - Παράγουν ίνες και ΗΑ
- **Μακροφάγα**
  - Φαγοκυτταρώνουν και ενεργοποιούν την ανοσοποιητική αντίδραση...
  - Απελευθερώνουν ισταμίνες και ηπαρίνη μετά την κάκωση
- **Μαστικά κύτταρα**
  - λίπος – προστασία και αποθήκευση ενέργειας
- **μελανοκύτταρα**
  - μελανίνη
- **πλασμοκύτταρα**
  - Λεμφοκύτταρα που παράγουν αντισώματα



## Χαλαρή ινώδης ουσία....

- **Χαλαρός ακανόνιστος ινώδης συνδετικός ιστός- κοιλότητες...**
  - Λιγότερες ίνες προς όλες τις κατευθύνσεις
  - Απορρόφηση κραδασμών...κίνηση του δέρματος πάνω από μυς..
  - Το βρίσκουμε γύρω από αγγεία και νεύρα, κάτω από την επιδερμίδα, γύρω από τις αρθρώσεις, μεταξύ των μυών και γεμίζει τα διάκενα μεταξύ πολλών οργάνων

## Σκληρή ινώδης ουσία...

- **Σκληρός ακανόνιστος ινώδης συνδετικός ιστός**
  - Πολλές ίνες πηγαίνουν σε όλες τις κατευθύνσεις, δυνατές προς όλες τις κατευθύνσεις...
    - Δημιουργεί κάψουλες περιβάλλοντας όργανα, προσδίδει δύναμη στην επιδερμίδα και το δέρμα
- **Σκληρός κανονικός ινώδης συνδετικός ιστός**
  - Πολλές ίνες πηγαίνουν στην ίδια κατεύθυνση, δυνατές προς μία κατεύθυνση...
  - Κολλαγόνες ίνες
    - Τένοντες – μυοτενόντια..., απονευρώσεις, σύνδεσμοι...
  - Ελαστικές ίνες
    - Αρτηριακά τοιχώματα, σπονδυλικοί σύνδεσμοι...

# Η εξέλιξη μίας κάκωσης...

- **Αρχική αντίδραση**: καταστροφή του ιστού, ευθέως σχετισμένη με την δύναμη τραυματισμού. Δεν μπορεί να αλλάξει το μέγεθος της αρχικής καταστροφής...
- **Δευτερογενής αντίδραση**: υφίσταται από το θάνατο των κυττάρων λόγω της διακοπής παροχής του  $O_2$ . μπορεί να βοηθήσει ώστε να περιοριστεί η καταστροφή στους γειτονικούς ιστούς

Ο κύκλος της αντίδρασης του τραυματισμού = πόνος-σπασμός-πόνος

(χημικοί παράγοντες ερεθίζουν τις ελεύθερες νευρικές απολήξεις και προκαλείται πόνος που οδηγεί σε σπασμό ο οποίος με τη σειρά του ενεργοποιεί τους προστατευτικούς μηχανισμούς του σώματος)



## Τρεις φάσεις επούλωσης

**Φάση I:** Οξεία φλεγμονώδης φάση

**Φάση II:** πολλαπλασιασμός/ινοβλαστική/  
επισκευή/αναγέννηση

**Φάση III:** ανακατασκευή/ωρίμανση

# Κύρια σημεία της φλεγμονής

Ερυθρότητα	ζέστη	οίδημα	πόνος	Απώλεια λειτουργίας
Διαστολή αγγείων/ Αύξηση αιματικής ροής	Αυξημένη χημική δραστηριότητα & αυξημένη αιματική ροή στην επιφάνεια του δέρματος	Συσώρευση αίματος και κατεστραμμένων κυττάρων των ιστών	Άμεση κάκωση των νευρικών ινών, πίεση από το αιμάτωμα πάνω στις νευρικές απολήξεις χημικοί παράγοντες - bradykinin, histamine, prostaglandin	αυξημένος πόνος/οίδημα

## Φάση I: οξεία φλεγμονώδης...

- “καταστροφή”
- Αρχίζει σχεδόν άμεσα, διαρκεί σχεδόν 2-4 ημέρες
- στόχοι
  - προστασία,
  - εντοπισμός,
  - Ελάττωση παραγόντων της κάκωσης
  - Προετοιμασία για ίαση και αποκατάσταση
- Κρίσιμο στοιχείο στη διαδικασία επούλωσης - εάν αυτή η φάση δεν ολοκληρωθεί όπως πρέπει, δεν θα επέλθει φυσιολογική επούλωση....
- Διαρκεί έως ο κατεστραμμένος ιστός απομακρυνθεί και δημιουργηθεί νέο αγγειακό δίκτυο

# Οξεία φλεγμονώδης αντίδραση...

- Ο τραυματισμός υφίσταται...
- **Αγγειακές αλλαγές**
  - αγγειοσυστολή - άμεσα; Περιορίζεται η αιματική ροή στην περιοχή (περιπ 5-10 mins.). Αιμοπεταλιακή πλάκα σχηματίζεται - θρόμβος - παράγεται τοπική αναιμία
  - αγγειοδιαστολή - αυξάνεται η αιματική ροή - αυξημένη υδροστατική πίεση στα αγγεία (↑ αγγειακή διαπερατότητα, οι πρωτεΐνες του πλάσματος εξέρχονται...- πρωτεΐνες δεσμεύουν  $H_2O$  - οίδημα)
- **Κυτταρικές αλλαγές** - χημικές αντιδράσεις αρχίζουν άμεσα
- **Παρουσία πρωτεϊνών** - αλλάζουν την οσμωτική σχέση μεταξύ αίματος & εμπλεκόμενων ιστών (πρωτ. πλάσματος ↓ ενώ πρωτ. Του μεσοκυττάριου χώρου ↑. Το  $H_2O$  ακολουθεί τις πρωτ. Του πλάσματος εκτός αγγείων και έχουμε οίδημα!!!)
- Εξουδετερώνει/καταστρέφει τους επιθετικούς παράγοντες, περιορίζει την καταστροφή του ιστού στην ελάχιστη δυνατή επιφάνεια & προετοιμάζει την περιοχή για επούλωση...

## Φάση ΙΙ: πολλαπλασιασμός/ινοβλαστική...

“επισκευή/αναγέννηση η ινοβλαστική φάση”

- Η φάση εκτείνεται από 48 ώρες έως 3-6 εβδομάδες
- Απομακρύνονται τα νεκρώματα & προσωρινή επισκευή - ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΥΛΗΣ (ινοπλασία)
- Το ATP είναι κρίσιμος παράγον για την ενεργοποίηση και την ποιότητα της επούλωσης - βοηθά στην πρωτεϊνοσύνθεση....

# Πολλαπλασιασμός...

- 4 διαδικασίες επισκευής του μαλακού ιστού
  - ινοβλαστική ανάπτυξη
  - σύνθεση του κολλαγόνου
  - αναδόμηση του ιστού
  - ευθυγράμμιση του ιστού

Εξαρτάται από τα επίπεδα: της νεκρωτικής απομάκρυνσης, της ενδοθυλιακής παραγωγής, της παραγωγής των ινοβλαστών...

- Επισκευάζεται σε τρεις φάσεις
  - **Διάλυση** - τα νεκρά κύτταρα & νεκρώματα των ιστών απομακρύνονται από φαγοκυττάρωση
  - **Αναγέννηση** - ο κατεστραμμένος ιστός αντικαθίσταται από κύτταρα ίδιου τύπου
  - **Επισκευή** - ο αρχικός ιστός αντικαθίσταται από ουλώδη ιστό (η αρχική δομή και λειτουργικότητα χάνονται)

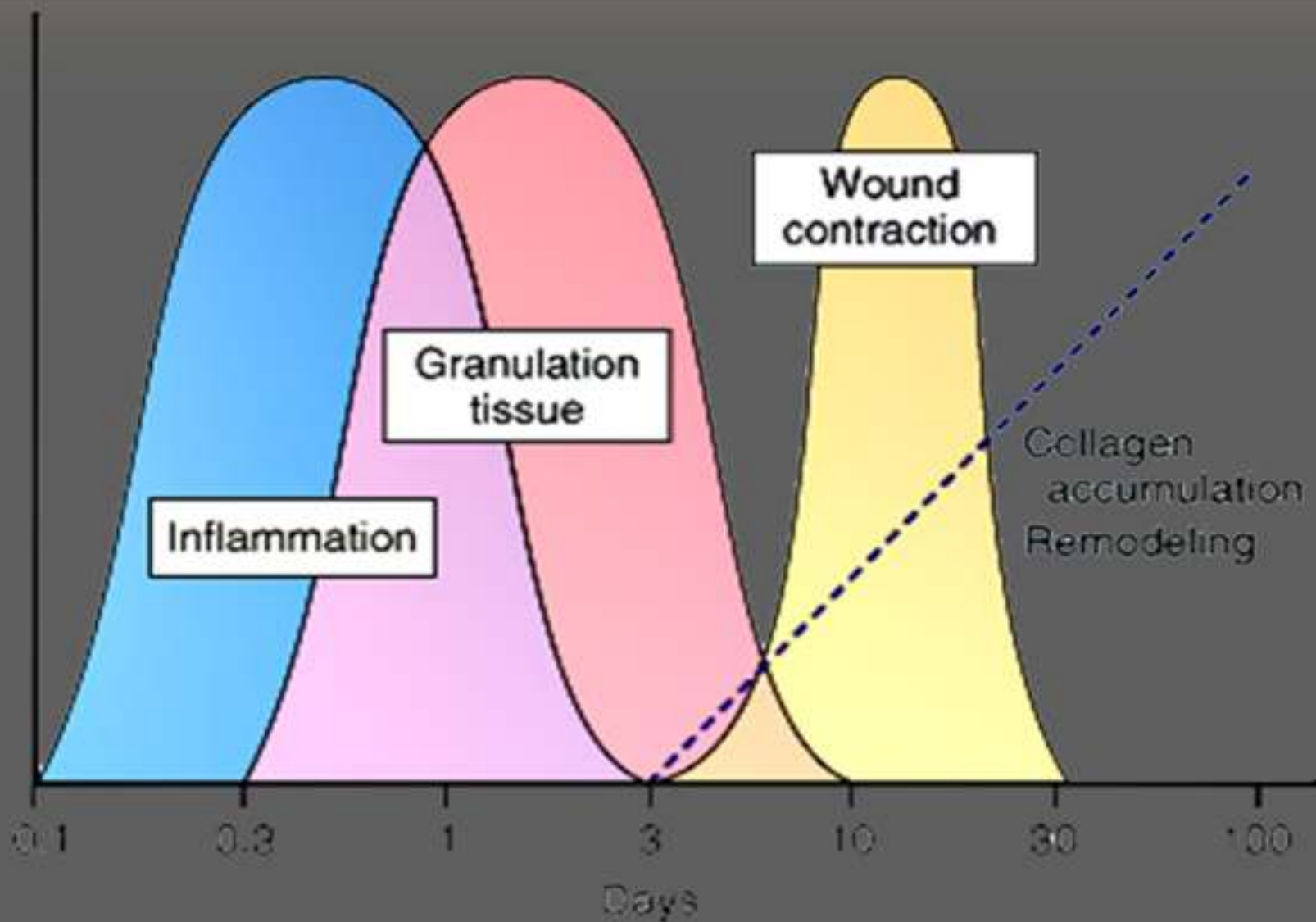
## Φάση III

### αναδόμηση / αναγέννηση / ωρίμανση

#### Συνήθως αρχίζει την 3<sup>η</sup> εβδομάδα

- Ο σκοπός είναι να αυξηθεί η δύναμη του επισκευασμένου/αντικατεστημένου ιστού
  - Οι πρώτες 3-6 εβδομάδες, περιλαμβάνουν την εναπόθεση κολλαγόνου και την ενίσχυση των ινών
  - 3 μήνες έως 2 χρόνια χρειάζονται για να ανπτυχθεί η δύναμη του ουλώδη ιστού
- Πρέπει να διατηρηθεί η ισορροπία μεταξύ σύνθεσης και λύσης
- Να ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις που εφαρμόζονται, οι χρονικές περίοδοι ακινητοποίησης σε σχέση με τον ιστό και το χρόνο επούλωσης
- Οι ουλές φθίνουν & τελικά επανέρχονται κοντά στα φυσιολογικά...
  - Το κολλαγόνο τύπου I συνεχίζει να αντικαθιστά το τύπου III

# TISSUE REPAIR





## Τροποποιώντας την επούλωση του ιστού

- Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για όλους τους μαλακούς ιστούς σε σχέση με την επούλωσή τους (χόνδρος, μυς, νεύρα)
- *Η αιματική παροχή και τα θρεπτικά συστατικά είναι απαραίτητα για την επούλωση*
- Η επούλωση σε μεγαλύτερους αθλητές ή σε αυτούς με πτωχές δίαιτες, ίσως πάρει περισσότερο...
- *Συγκεκριμένες οργανικές δυσλειτουργίες (αιματικές καταστάσεις), ίσως επιβραδύνουν ή αναστήλουν τη διαδικασία επούλωσης*

# Παράγοντες που εμποδίζουν την επούλωση

- Η έκταση της κάκωσης
- Οίδημα
- Αιμοραγία
- Πτωχή αγγειακή παροχή
- Διαχωρισμός του ιστού
- Μυϊκός σπασμός
- Ατροφία

- Corticosteroids
- Fluoroquinolones
- Κοιλοϊδείς και υπερτροφικές ουλές
- Μόλυνση
- Υγρασία, κλίμα, Οξυγόνο
- Υγεία, ηλικία και διατροφή

## Διαχειρίζοντας την διαδικασία επούλωσης μέσω της αποκατάστασης

- Φάση I: οξεία φλεγμονώδης
  - Ο αρχικός έλεγχος του οιδήματος και του πόνου είναι κρίσιμοι...
    - PRICE ?????
    - Εάν είμαστε πολύ επιθετικοί, στις πρώτες 48 ώρες, η φλεγμονώδης διαδικασία ίσως να μην προλάβει να ολοκληρώσει ότι χρειάζεται...
- Από την 3-4 ημέρα, θα πρέπει να εφαρμόζονται μερικές ασκήσεις κινητοποίησης, παράλληλα με βαθμιαία αύξηση φόρτισης...
- Χρήση NSAIDs ???

## Διαχειρίζοντας την διαδικασία επούλωσης μέσω της αποκατάστασης

- Φάση ΙΙ: ινοβλαστική
- Καθώς η φλεγμονώδης φάση περιορίζεται και ο πόνος ελαττώνεται με PROM, προσθέτουμε
  - Καρδιοαναπνευστικές ασκήσεις
  - Αποκατάσταση πλήρους ROM
  - Αποκατάσταση η αύξηση της δύναμης
  - Νευρομυϊκό έλεγχο
- Συνεχή χρήση τεχνικών ελέγχου του πόνου

# Διαχειρίζοντας την διαδικασία επούλωσης μέσω της αποκατάστασης

## Φάση ΙΙΙ: αναδόμησης

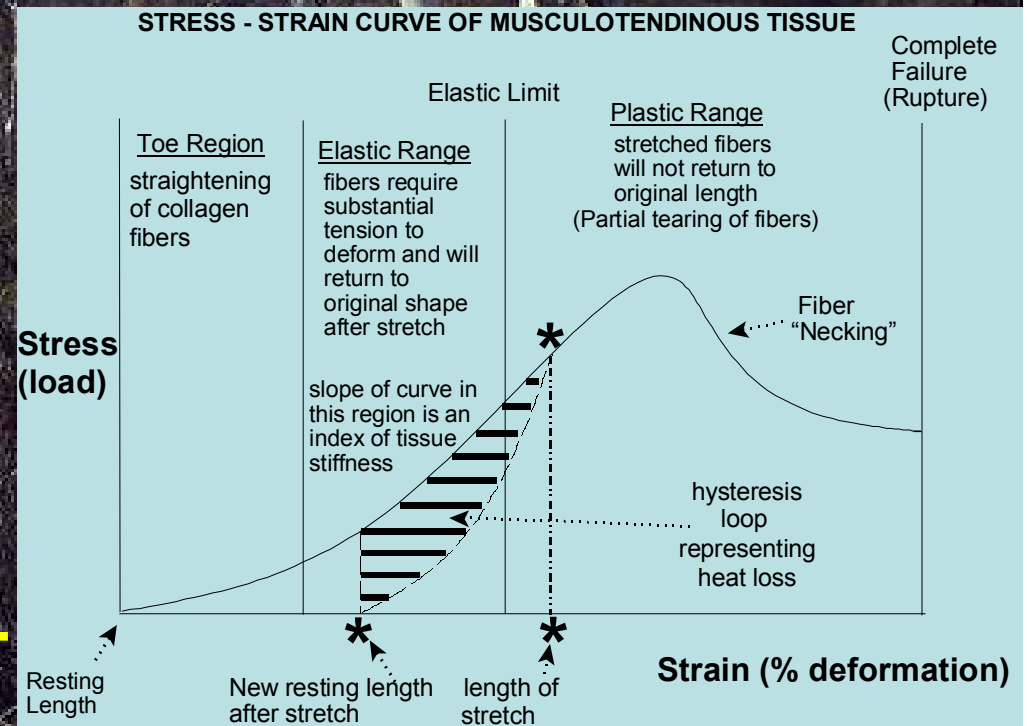
- Η μακρύτερη φάση με στόχο την επιστροφή στις δραστηριότητες
  - Συνεχής ευθυγράμμιση του κολλαγόνου
  - Ο πόνος συνεχίζει να ελαττώνεται
- Επανάκτηση ειδικών αθλητικών δεξιοτήτων
  - Δυναμικές λειτουργικές δραστηριότητες
  - Σπορ-στοχευμένες δραστηριότητες ενδυνάμωσης
  - Πλειομετρική ενδυνάμωση
- Λειτουργικός έλεγχος
  - Καθορισμός των συγκεκριμένων αδυναμιών...

## Ουλώδης ιστός.....

- Ο ουλώδης ιστός δεν είναι τόσο αγγειούμενος όσο ο βασικός ιστός
- Ο ουλώδης ιστός δεν είναι ελαστικός, εύκαμπτος, η δυνατός όπως ο βασικός ιστός
- Ο ουλώδης ιστός που δημιουργείται ενδομυϊκά μπορεί να αναστήλει τη λειτουργικότητα...
- Ο ουλώδης ιστός μπορεί να επιφέρει συγκολήσεις σε γειτονικά όργανα...
- Μπορεί να προκαλέσει απώλεια της λειτουργίας (σύνδεσμοι, οστά, τένοντες)
- Ο ουλώδης ιστός μπορεί να προκαλέσει συσπάσεις

# Πως επηρεάζουν οι τραυματισμοί του κολλαγόνου ιστού τη μυϊκή λειτουργικότητα...

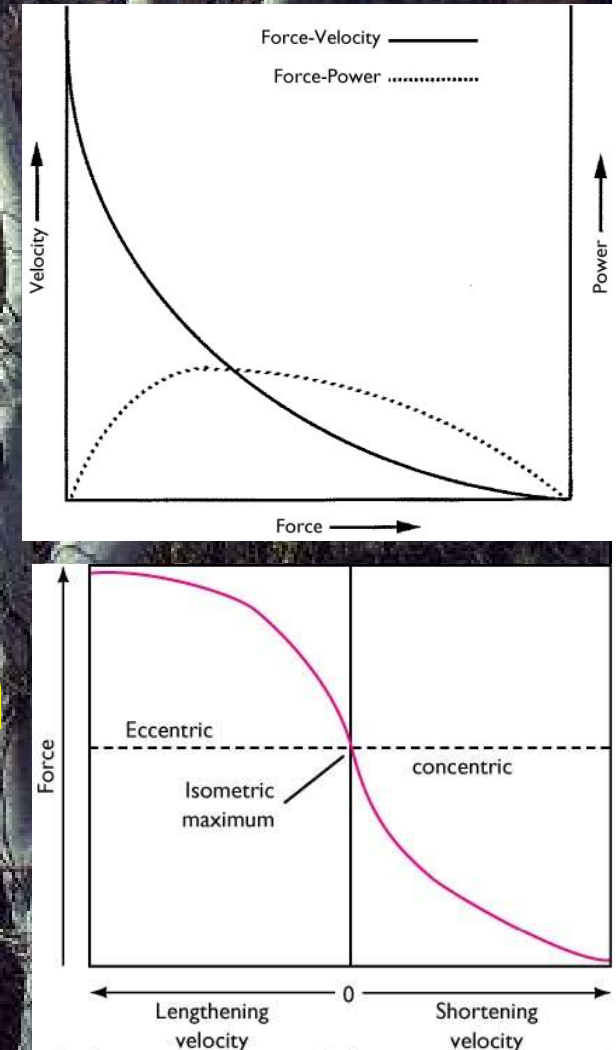
- **Επηρεάζονται οι συμπεριφορικές ιδιότητες του μυός:**
  - **εκτατικότητα**
  - **ελαστικότητα**
  - **διεγερσιμότητα**
  - **Ικανότητα να παράγει τάση**
  - **Γλοιοελαστικότητα...**



# Επηρεάζεται η παραγωγή μυϊκής δύναμης...

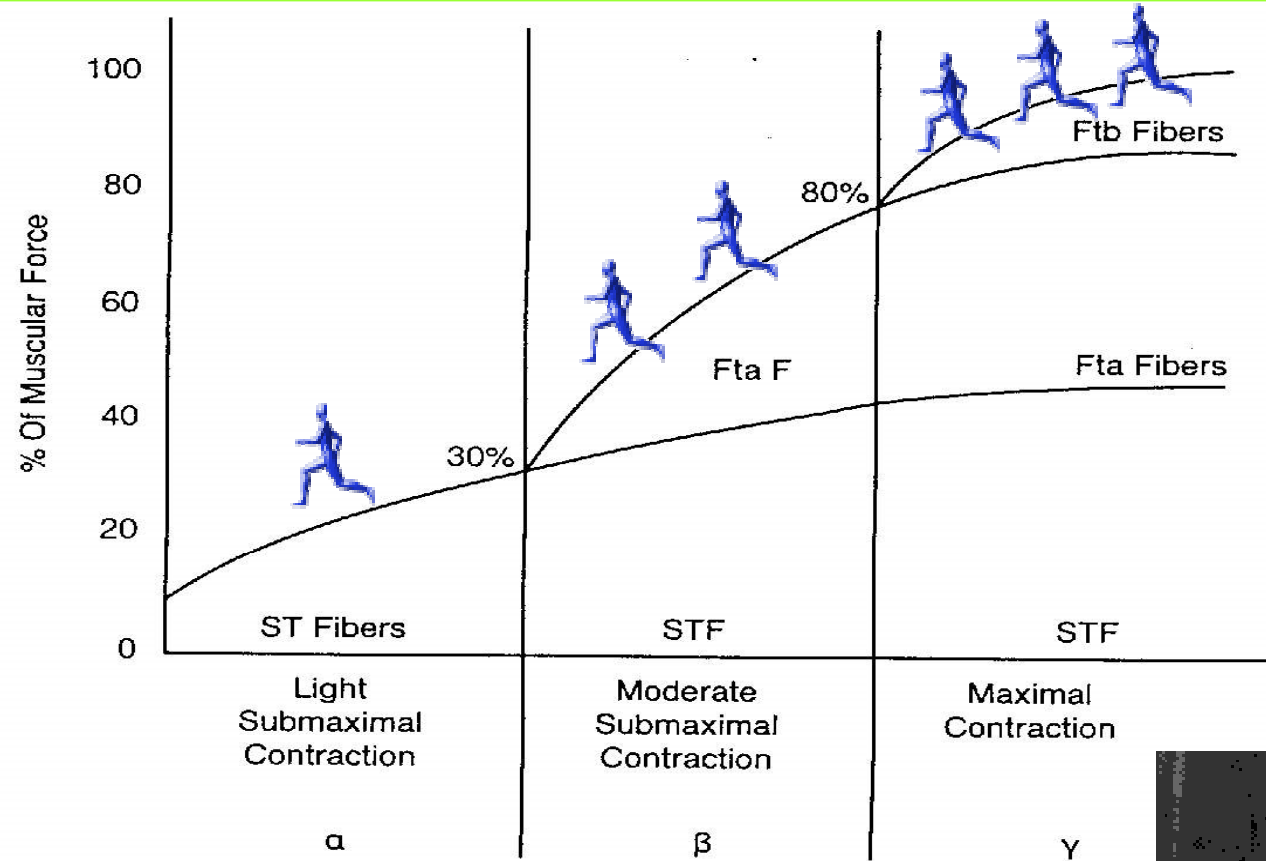
## Διαταράσσεται:

- Η σχέση δύναμης-ταχύτητας
- Η σχέση μήκους-τάσης
- Ηλεκτρομηχανική καθυστέρηση
- Ο κύκλος διάτασης-βράχυνσης





# Επηρεάζεται η ικανότητα επιστράτευσης των μυϊκών ινών...



Επηρεάζεται επίσης η παραγωγή...

- Μυϊκής δύναμης
- Μυϊκής ισχύος
- Μυϊκής αντοχής

