

# Ο Αρθρικός Χόνδρος και οι μηχανικές του ιδιότητες

*Δρ. Παναγιώτης Β. Τσακλής*

*Καθηγητής*

*Εμβιομηχανικής & Εργονομίας*

*ΤΕΦΑΑ - ΠΘ*



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



## Αρθρικός Χόνδρος / αποστολή

- Έχει σκοπό να ανθίσταται στο δριμύ αρθρικό περιβάλλον
- Ουσιαστικά απομονωμένος ιστός
- Η κυτταρική του πυκνότητα είναι η μικρότερη από κάθε άλλο ιστό
- Κατανέμει τις αρθρικές φορτίσεις
- Μειώνει τις πιέσεις



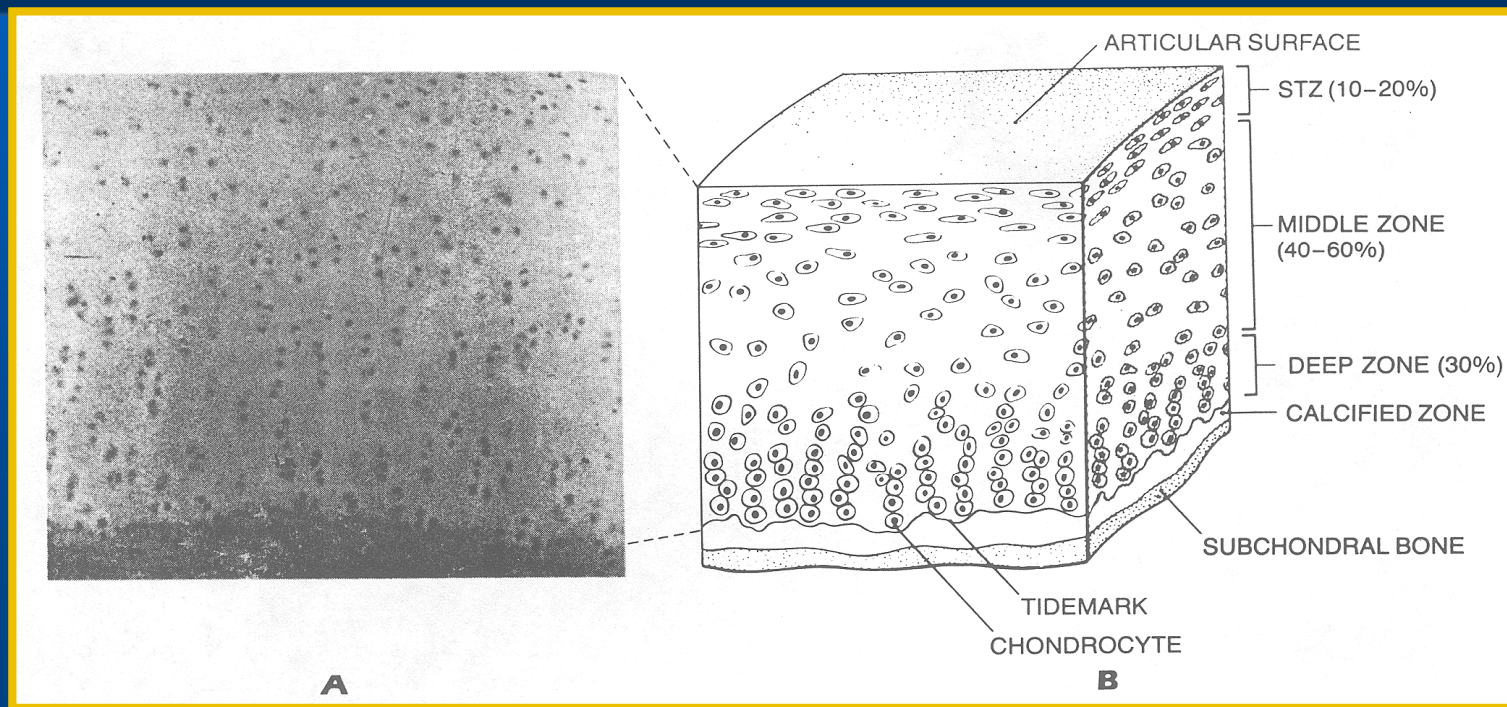
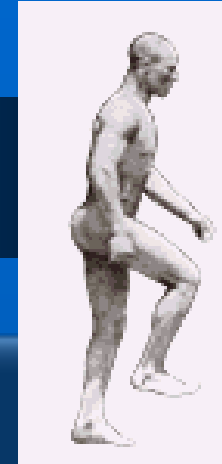
# Σύνθεση και δομή του αρθρικού χόνδρου

- Χονδροκύτταρα : ~ 10%
- Κολλαγόνο : (II) 10~30%
- Πρωτεογλυκάνες : 3~10%
- Νερό + (ανόργανα άλατα, γλυκοπρωτεΐνες, λιπίδια):  
60~87%



# Χονδροκύτταρα

- Αραιά / Διάσπαρτα κύτταρα μέσα στο χόνδρο
- Μετρούν περίπου το **10%** του όγκου του ιστού



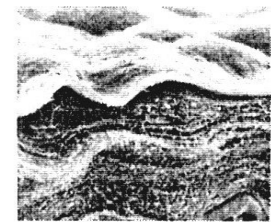
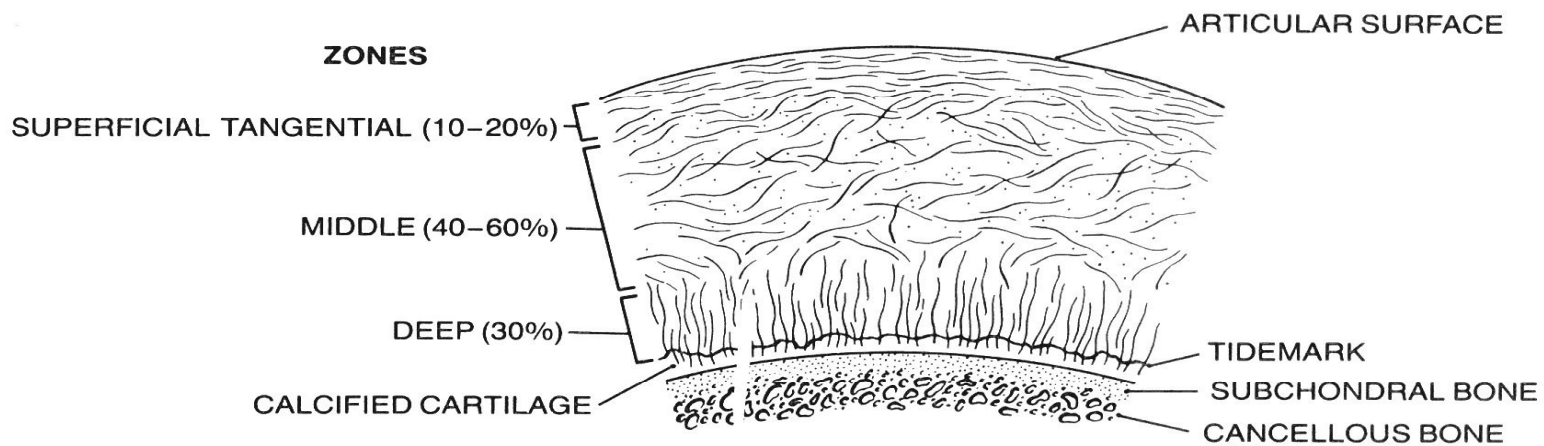
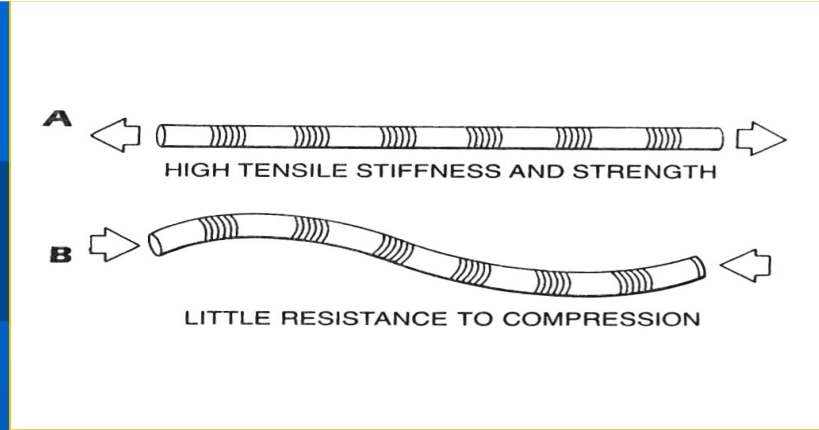
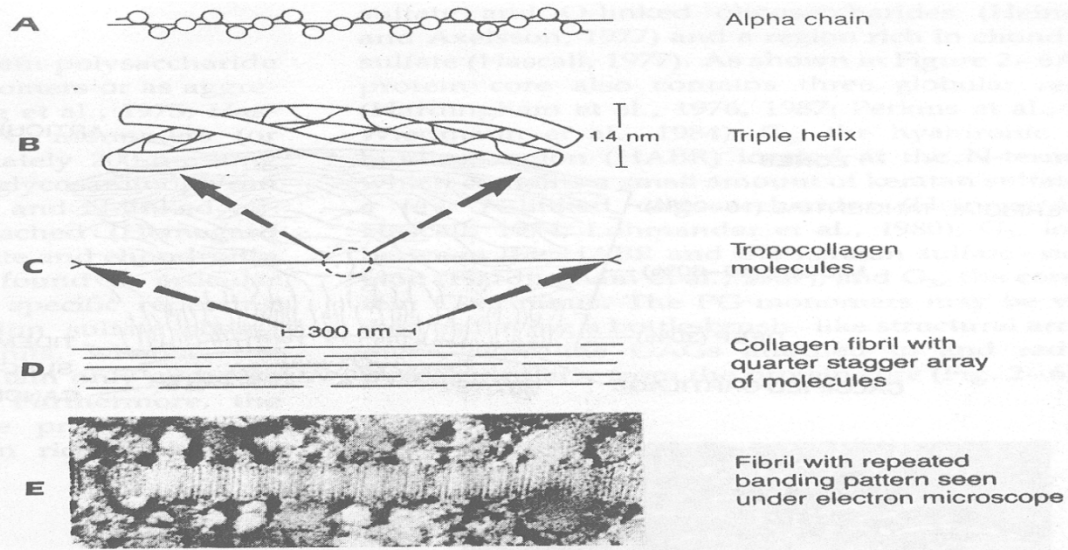


# Κολλαγόνο

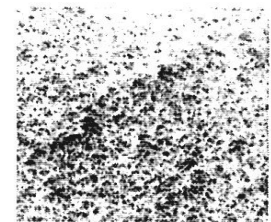
- Η πιο άφθονη πρωτεΐνη στο σώμα.
- Δομική οργάνωση που προάγει μία ινώδη υπερδομή
- Βασική βιολογική μονάδα του κολλαγόνου : **τροποκολλαγόνο**

Οι πιο σημαντικές μηχανικές αξίες :

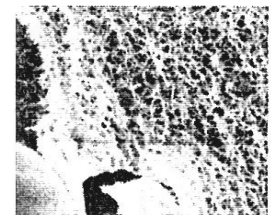
*εκτατική ανθεκτικότητα, δύναμη*



STZ



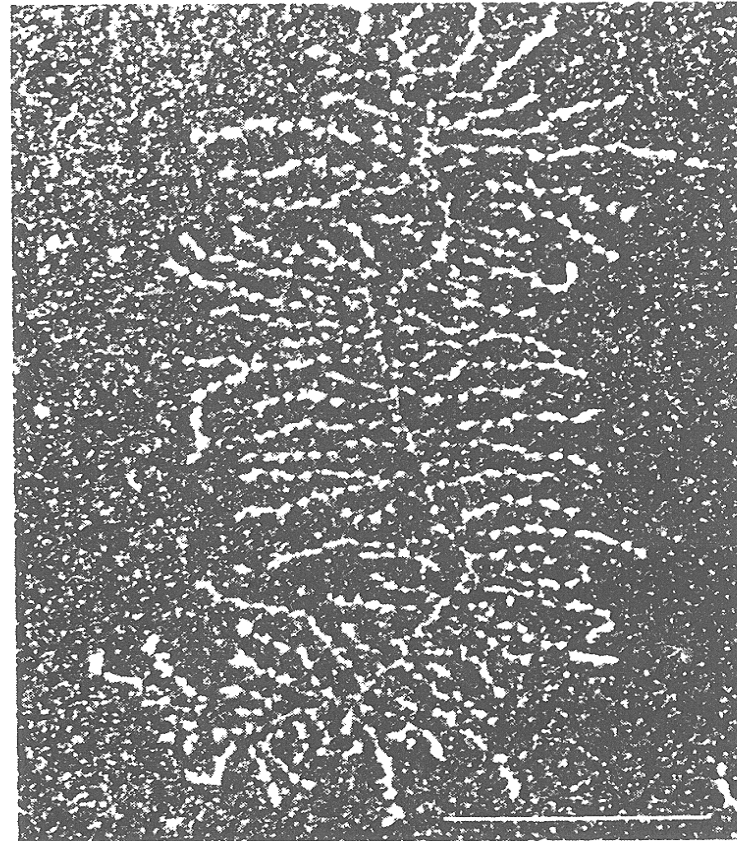
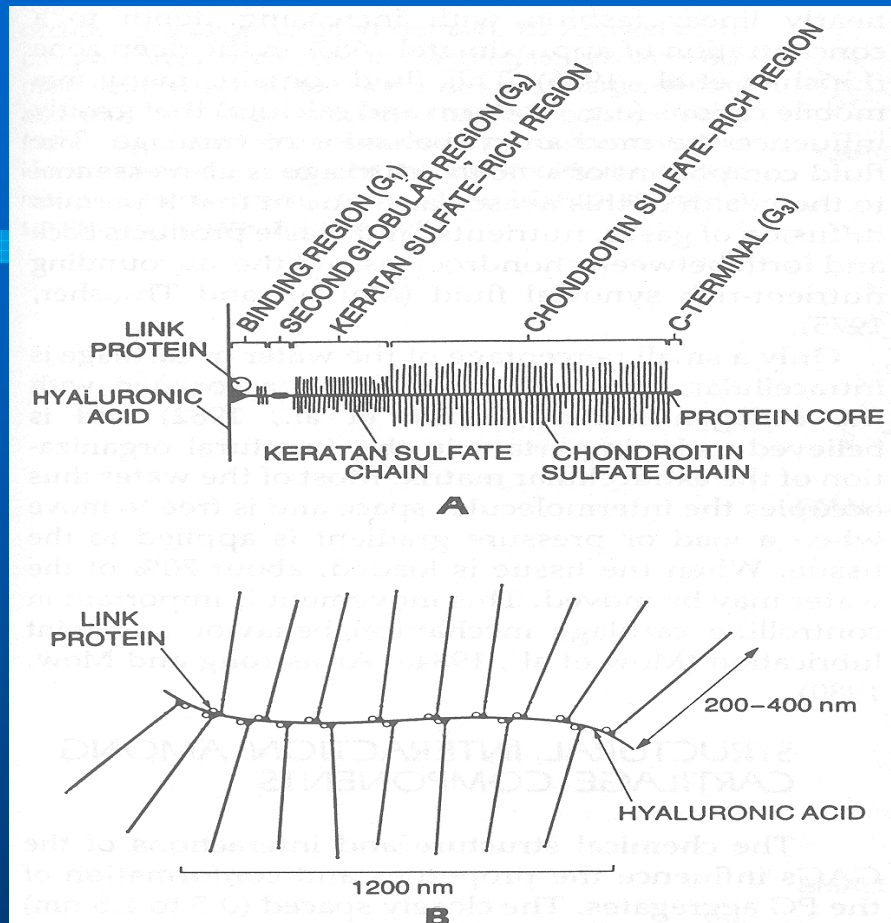
MIDDLE ZONE



DEEP ZONE

**A**

**B**



**C**

**A : PG Μονομερής**

**B : PG δομημένη**

**C: PG δομημένη**

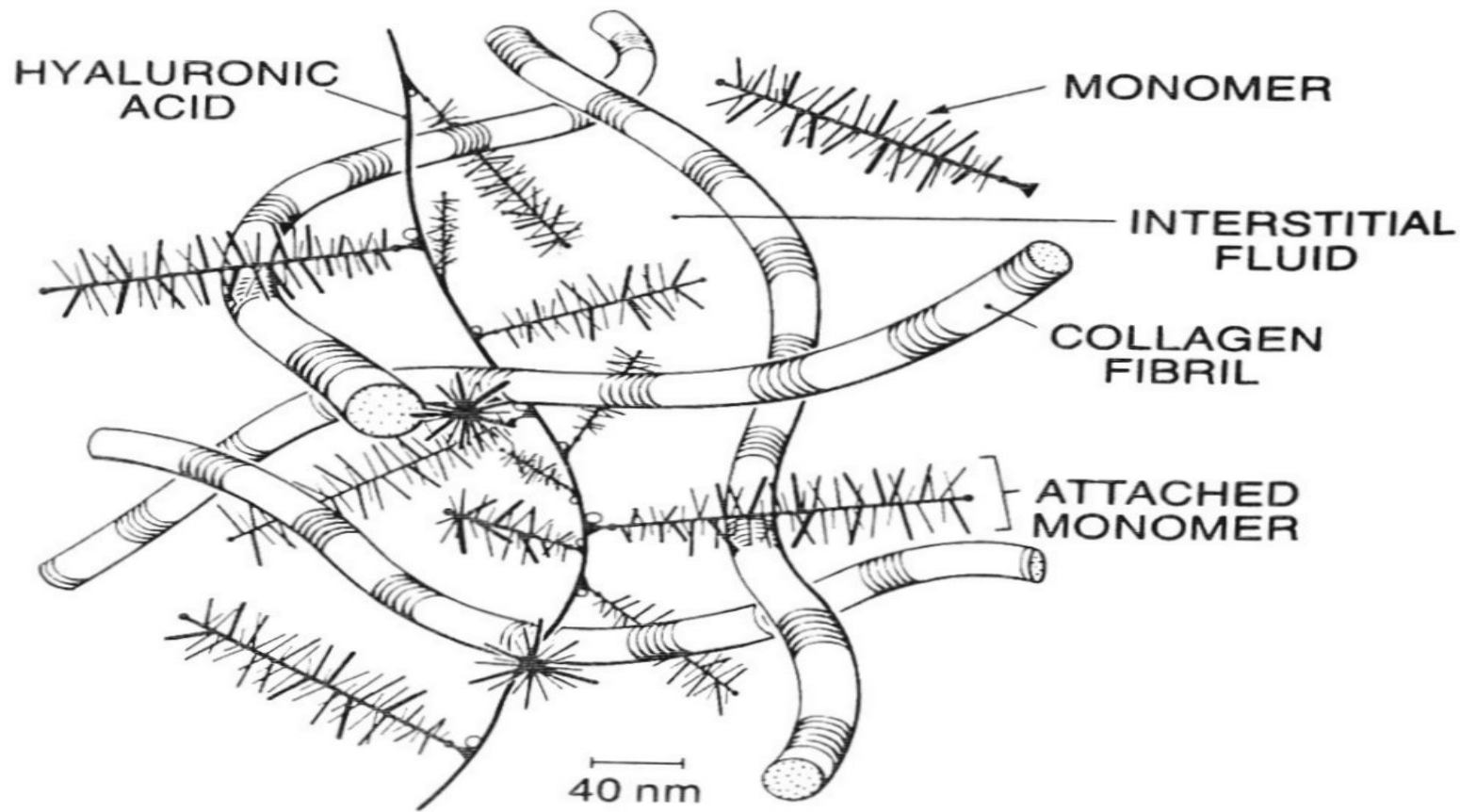
# Νερό



- Το αφθονότερο συνθετικό του αρθρικού χόνδρου ( ~ **80%** )
- Πολλά ελεύθερα ευκίνητα **κατιόντα**
- Αυτή η **κινητικότητα** είναι σημαντική για τον έλεγχο της μηχανικής συμπεριφοράς του χόνδρου
- Συμβάλλει στη συμπεριφορά και λίπανση της άρθρωσης



# Δομική αλληλεπίδραση μεταξύ των συνθετικών του χόνδρου



AGGREGATE IN COLLAGEN MESHWORK

# Εμβιομηχανική συμπεριφορά του αρθρικού χόνδρου

- Υγρή φάση & στερεή φάση
- Υλικό υψηλής συμπίεσης
- συμπίεση, διάταση, διάτμηση

## Φύση της γλοιοελαστικότητας του χόνδρου

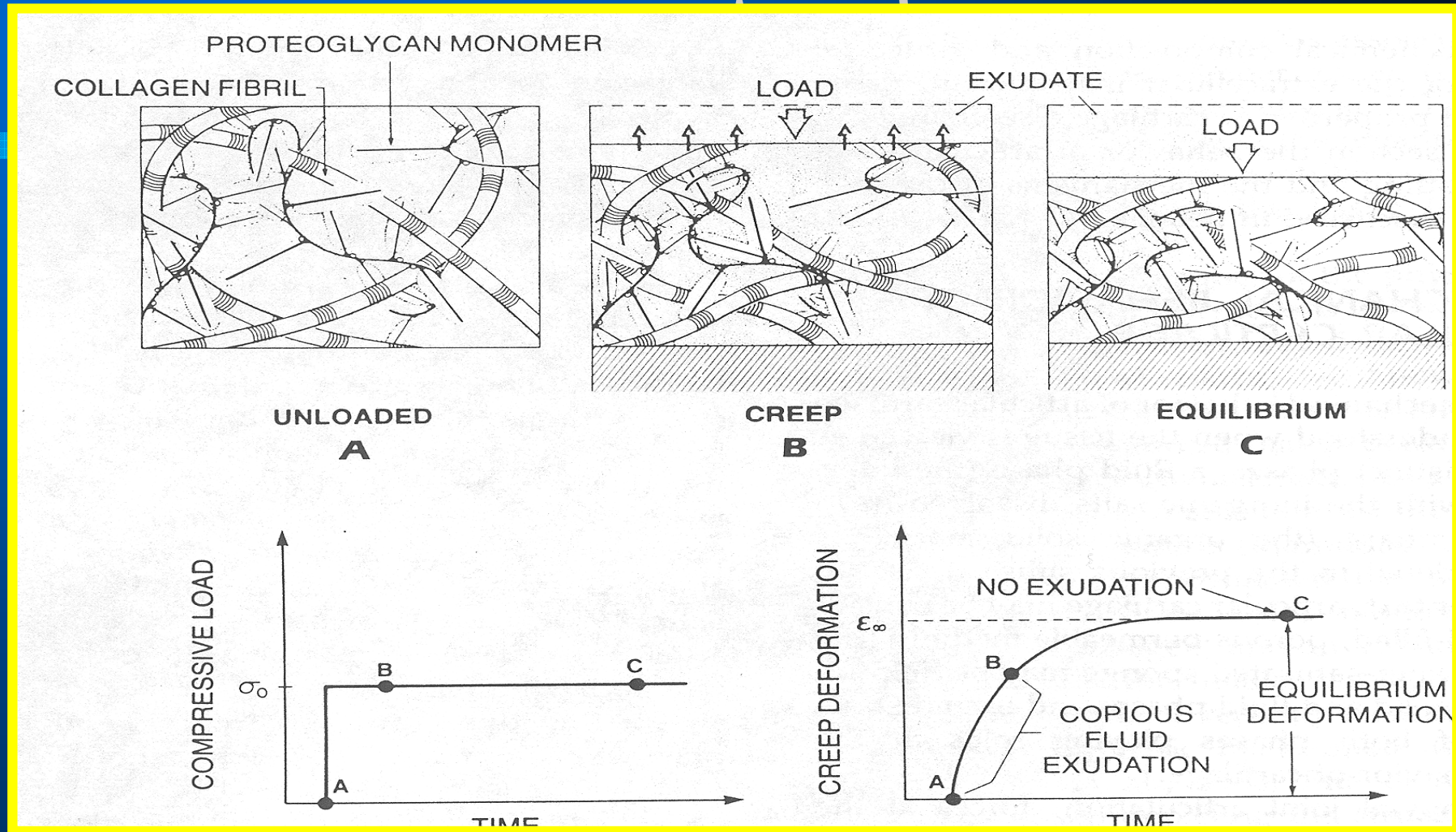
- *γλοιοελαστικός*
- Οι δύο θεμελιώδεις αντιδράσεις : *υποχώρηση, απορρόφηση*

• Υποχώρηση : όταν το γλοιοελαστικό υλικό υπόκειται σε *συνεχή φόρτιση*

• Απορρόφηση : όταν το γλοιοελαστικό υλικό υπόκειται σε *συνεχή παραμόρφωση*



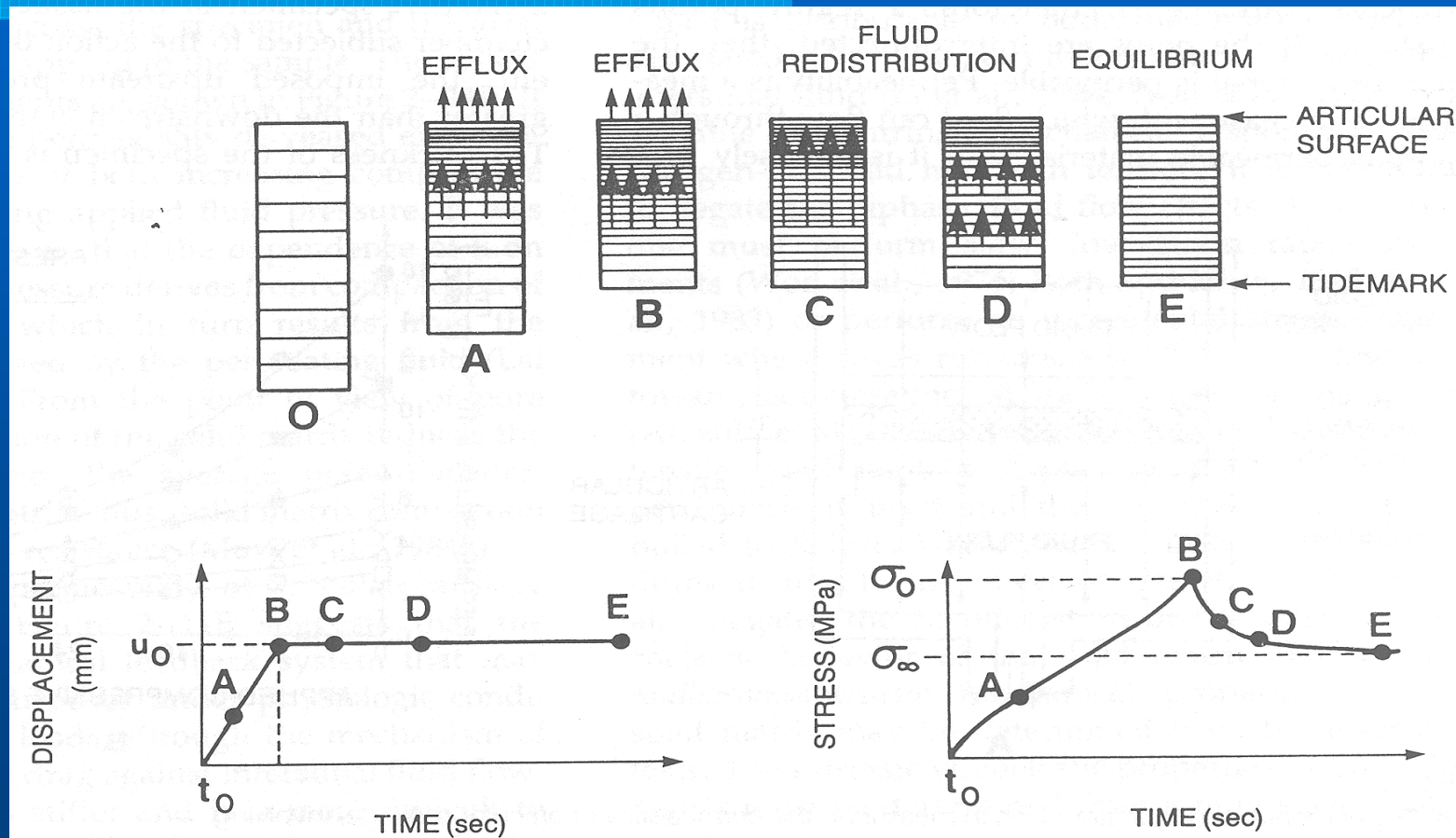
# Δυφασική αντίδραση υποχώρησης του χόνδρου υπό συμπίεση



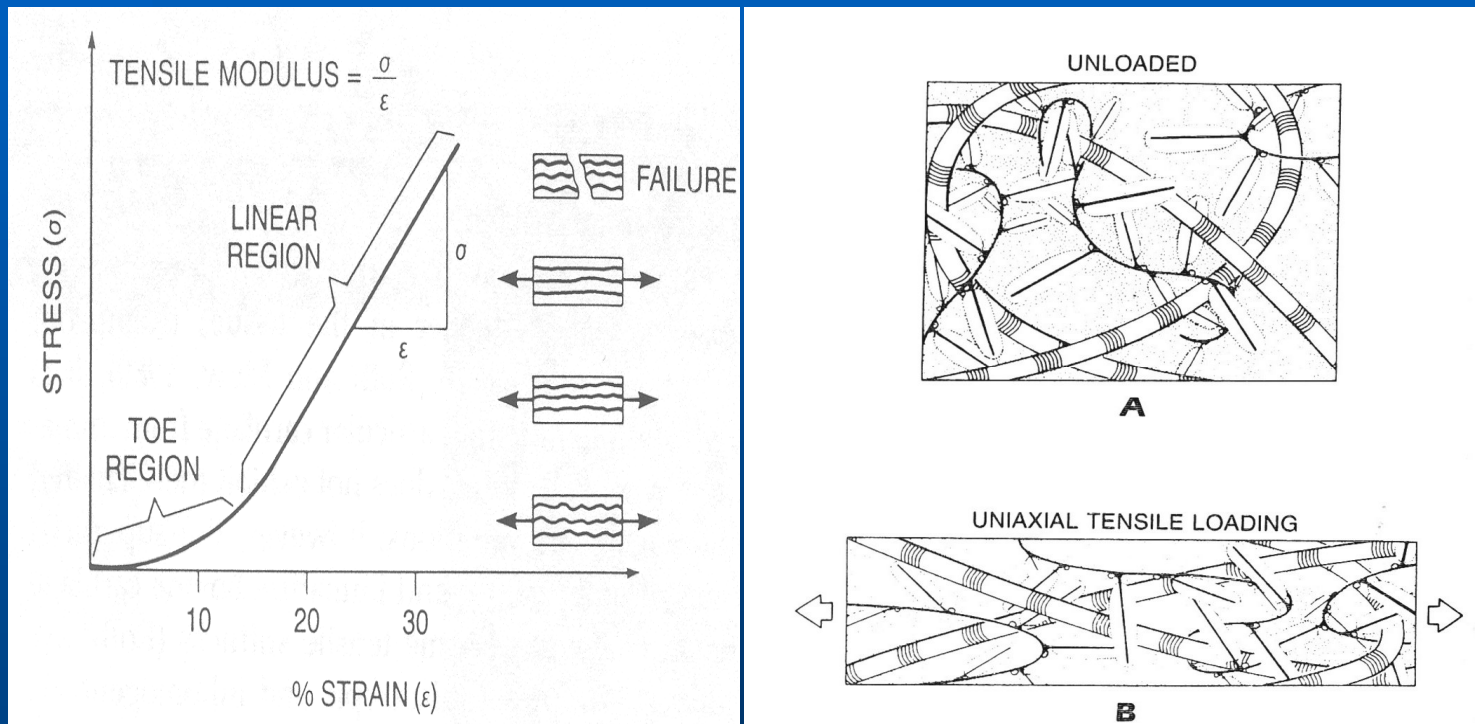
Αριστερά: μία συνεχής πίεση ασκείται σε ένα σημείο του χόνδρου

Δεξιά : αντίδραση υποχώρησης υπό συνεχή πίεση

# Δυφασική αντίδραση απορρόφησης του χόνδρου υπό συμπίεση



# Συμπεριφορά του χόνδρου κάτω από μοναξονική διάταση



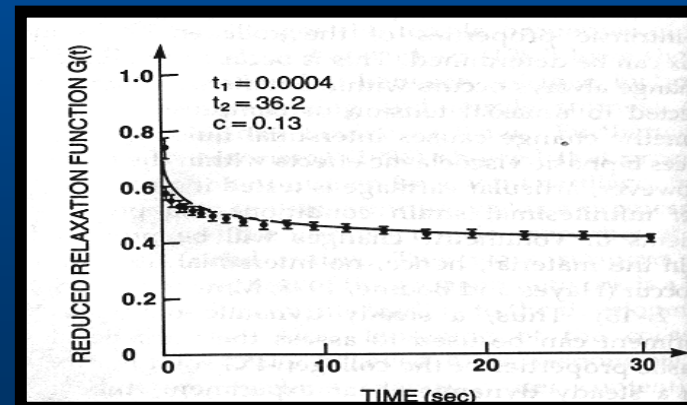
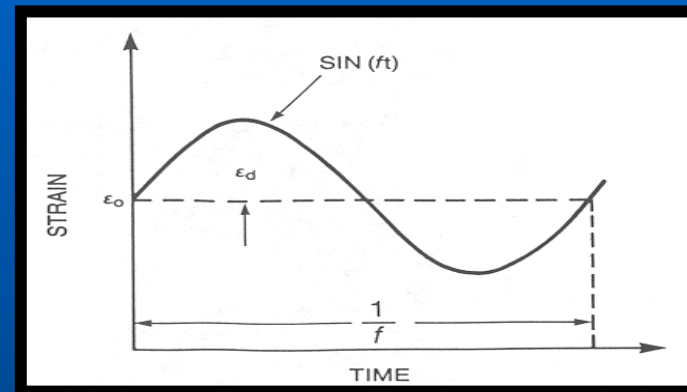
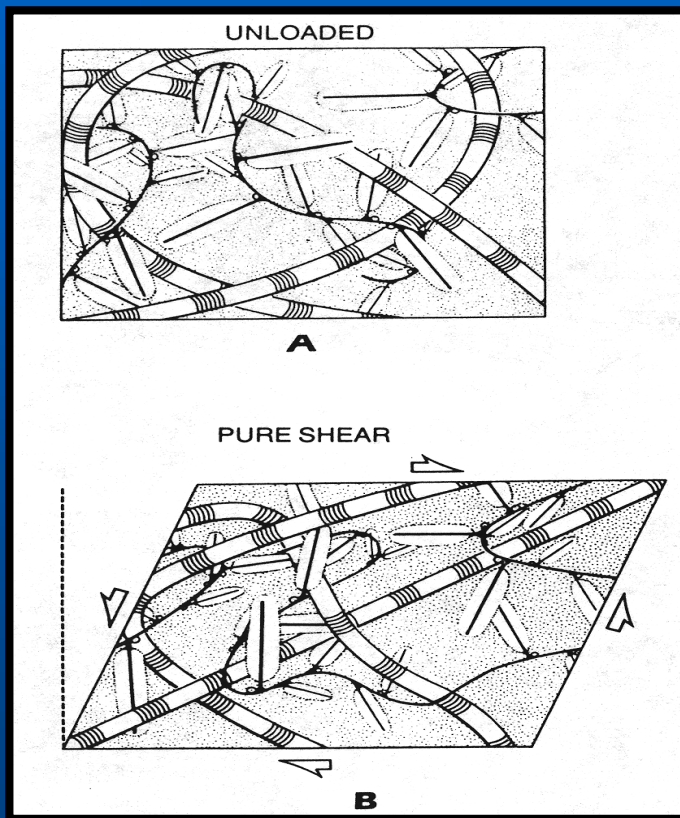
Καμπύλη έντασης – διάτασης

A : σε ηρεμία

B: μοναξονική διάταση



# Συμπεριφορά του χόνδρου στη διάτμηση

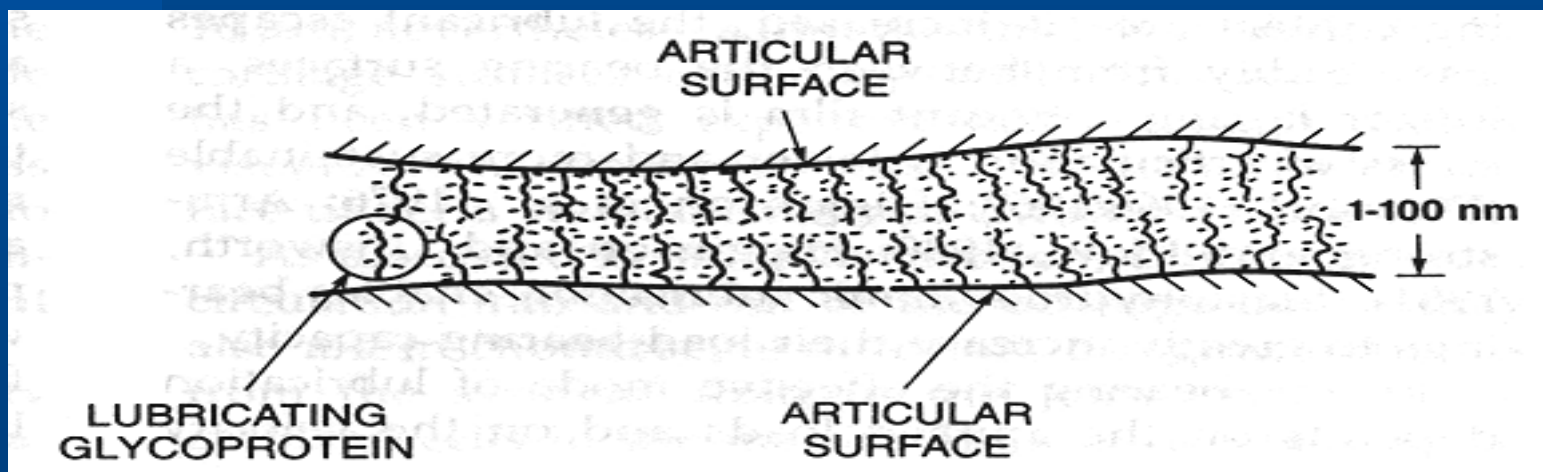


A : δίχως φόρτιση B : διάτμηση

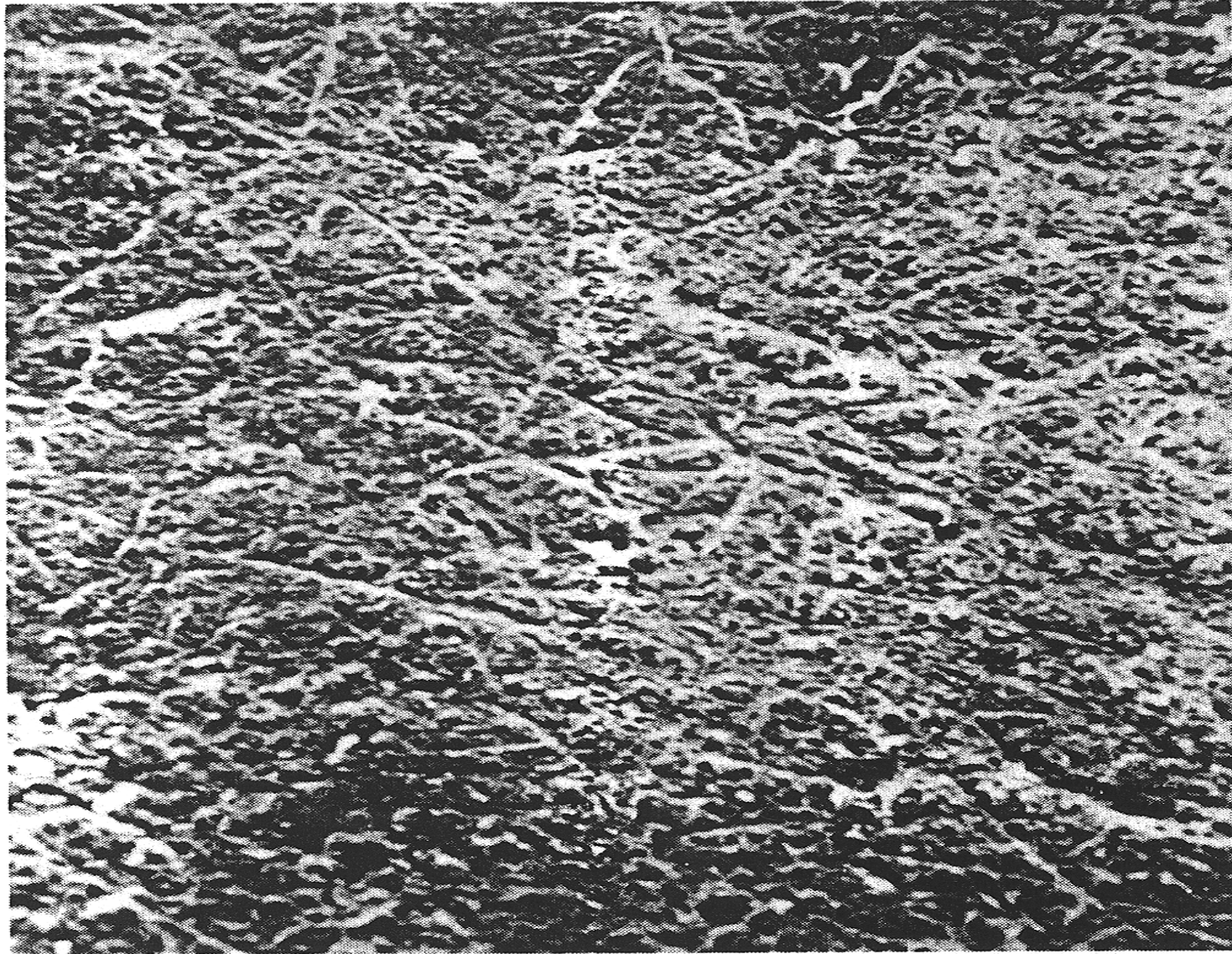
# Λίπανση του αρθρικού χόνδρου

- Από μηχανικής πλευράς, **δύο τύποι** λίπανσης
  - λίπανση των αρθρικών χονδρικών επιφανειών
  - λίπανση μέσω των διαχωριστικών αρθρικών επιφανειών

## 1. Λίπανση των επιφανειών







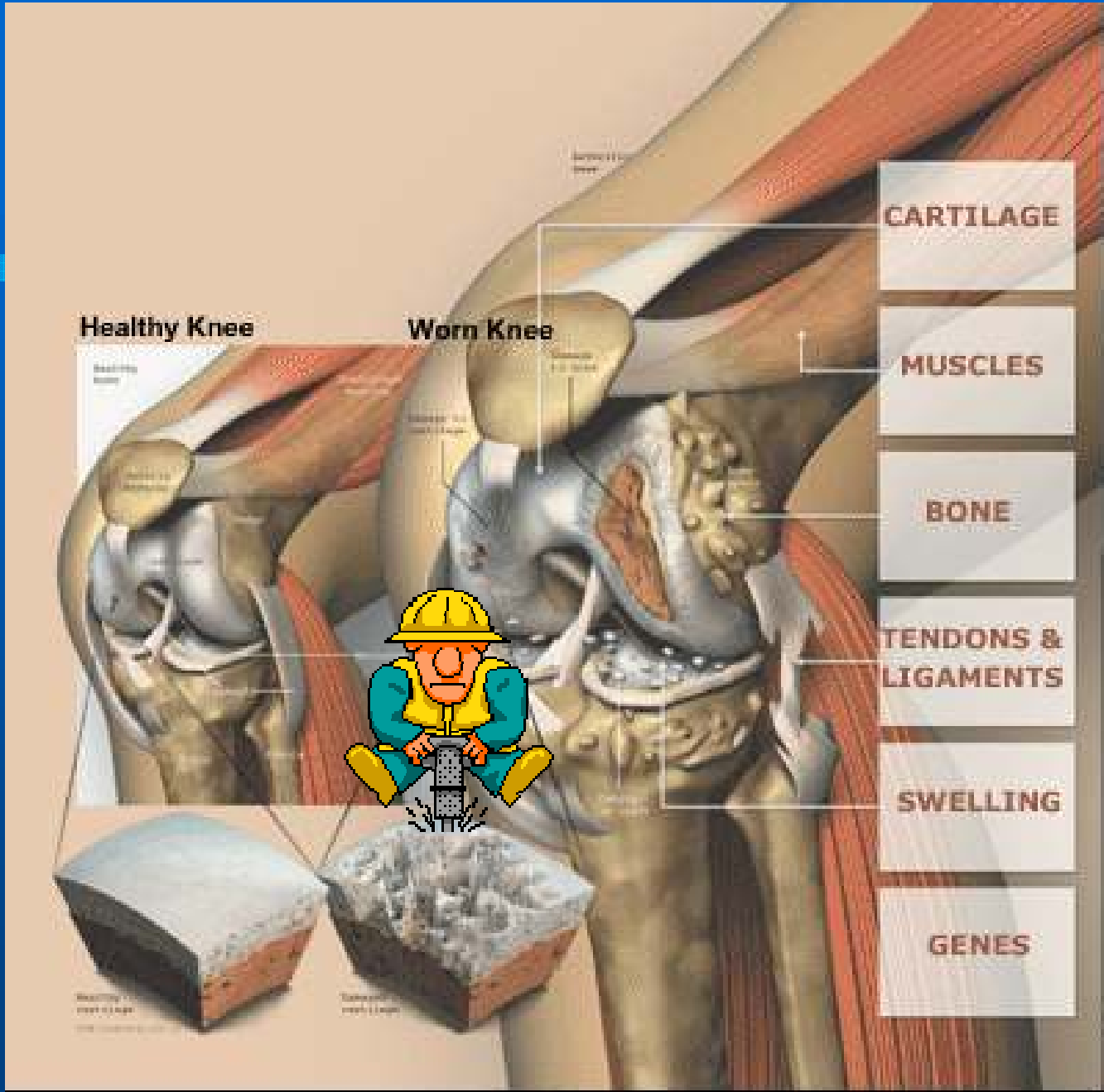


## Φθορά του αρθρικού χόνδρου

**Φθορά** είναι η αφαίρεση υλικού από την επιφάνεια με μηχανική δράση : *Φθορά από άμεση επαφή , φθορά από καταπόνηση*

**Φθορά από άμεση επαφή** : συμβαίνει όταν οι αρθρικές επιφάνειες εφάπτονται δίχως την μεσολάβηση λιπαντικής επιφάνειας

**Φθορά από καταπόνηση**: όχι από επαφή μεταξύ των επιφανειών αλλά από την συσσώρευση μικροσκοπικών βλαβών της επιφάνειας μετά από επαναλαμβανόμενες καταπονήσεις



Healthy Knee

Worn Knee

CARTILAGE

MUSCLES

BONE

TENDONS & LIGAMENTS

SWELLING

GENES

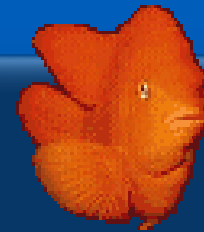
Healthy cartilage

Worn cartilage

# Υποθέσεις στην εμβιομηχανική της αποδόμησης του αρθρικού χόνδρου

## • Συνθήκη που αιτιάζεται την αποδόμηση του χόνδρου

- Το μέγεθος της εκτιθέμενης πίεσης
- Ο συνολικός αριθμός των υφιστάμενων κορυφώσεων πίεσης
- Κατανομή της φόρτισης (συγκέντρωση της πίεσης)
- Αλλαγές στην ενδοκυτταρική και μικροσκοπική δομή του κολλαγόνου και της δομής της -PG
- Αλλαγές στην ενδογενή μηχανική ικανότητα του ιστού



# Στόχοι των προγραμμάτων αποκατάστασης

- Λειτουργική αποκατάσταση
- Ελάχιστος δυνατός χρόνος



## Στόχοι του προγράμματος αποκατάστασης

- Προστασία του χόνδρου κατά την επούλωση
- Διατήρηση και ενίσχυση της μυϊκής δράσης
- Διατήρηση της κινητικότητας της άρθρωσης
- Υποστήριξη της επούλωσης με λήψη συμπληρωμάτων