



# Οστίτης Ιστός

**Σοφία Χαβάκη**

Επίκουρη Καθηγήτρια

*Εργαστήριο Ιστολογίας-Εμβρυολογίας*

*Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ*

# Όστά

- εξειδικευμένος στηρικτικός - συνδετικός ιστός
- χαρακτηριστικά:  
**σκληρή** σύσταση και **ακαμψία**, λόγω παρουσίας **αλάτων ασβεστίου** στην εξωκυττάρια θεμέλια ουσία

# Λειτουργίες Οστών

- μηχανική στήριξη (πλευρές)
- κίνηση σώματος (μακρά οστά)
- προστασία ευαίσθητων οργάνων (εγκέφαλος)
- μεταβολική αποθήκη ιόντων ασβεστίου και φωσφόρου



# Σύνθεση οστών

## Κύτταρα

- στηρικτικά κύτταρα  
**οστεοβλάστες**  
**οστεοκύτταρα**
- κύτταρα αποδόμησης  
οστού  
**οστεοκλάστες**

## Εξωκυττάρια ουσία οστίτη ιστού

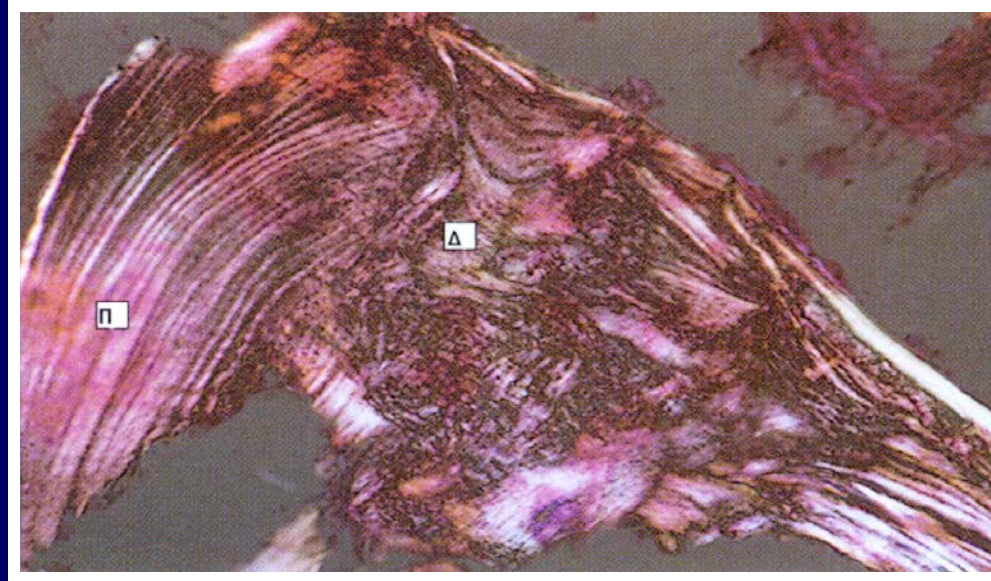
- **οργανική** εξωκυττάρια ουσία (35%):  
**οστεοειδές**  
(κολλαγόνο τύπου I, ΓΑΓ,  
γλυκοπρωτεΐνες)
- **ανόργανη** εξωκυττάρια ουσία (65%):  
κυρίως **άλατα υδροξυαπατίτη**

# Οστεοειδές

Το **οργανικό μέρος** της εξωκυττάριας ουσίας του οστού

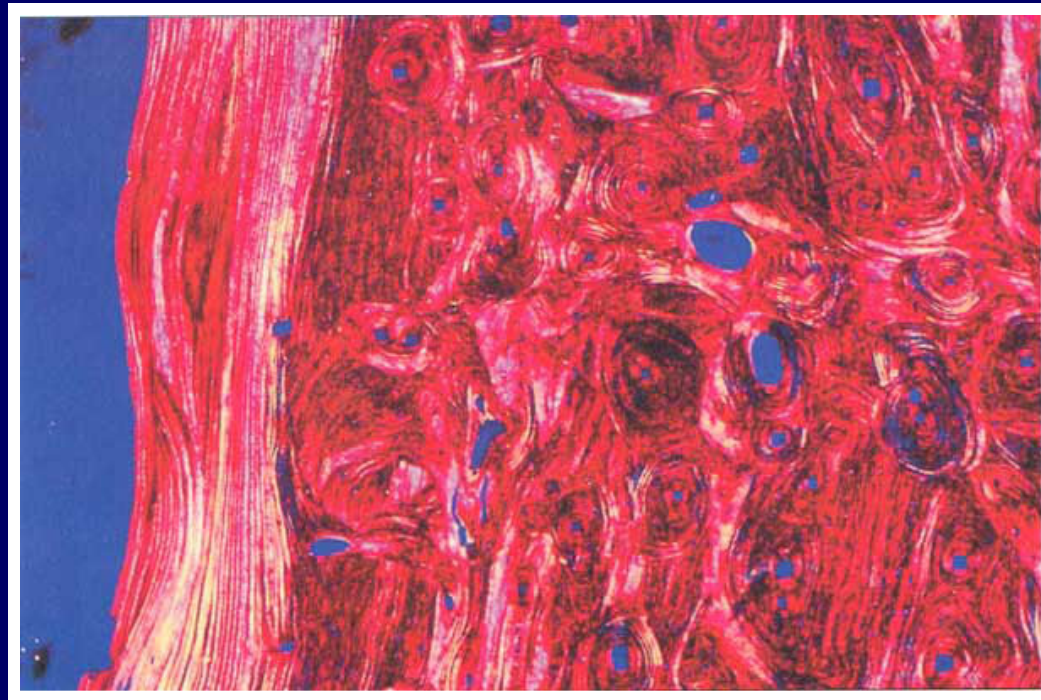
- **90% κολλαγόνο τύπου I :**  
πολυμερές τριπλής έλικας τριών πολυπεπτιδικών α-αλύσων,  
*ελλατωματικό κολλαγόνο: εύθραυστα οστά (ατελής οστεογένεση)*
- **γλυκοζαμινογλυκάνες**  
υαλουρονικό οξύ  
θειική χονδροϊτίνη  
θειική κερατάνη
- **γλυκοπρωτεΐνες**  
οστεοκαλσίνη  
οστεοποντίνη  
οστεονεκτίνη  
οστική σιαλοπρωτεΐνη

# Είδη οστίτη ιστού ανάλογα με τη διάταξη των ινών κολλαγόνου



- **Δικτυωτό (πρωτογενές):** τυχαία διάταξη ινών κολλαγόνου, λιγότερα ανόργανα άλατα, περισσότερα οστεοκύτταρα  $\Rightarrow$  **μειωμένη μηχανική ισχύ.** Εντοπίζεται σε αναπτυσσόμενο οστό και στην αποκατάσταση οστικού κατάγματος.
- **Πεταλιώδες (δευτερογενές):** παράλληλη διάταξη κολλαγόνου σε πετάλια  $\Rightarrow$  **μηχανική ισχύ.**

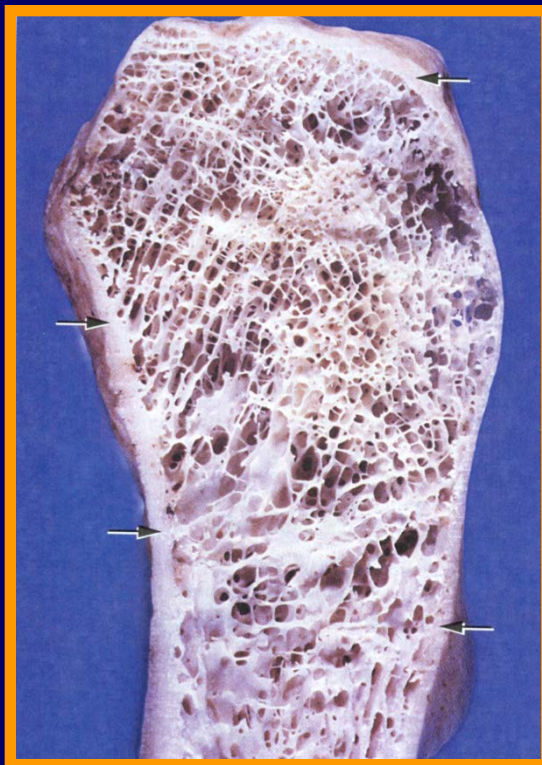
# Πεταλιώδες οστό



Το πεταλιώδες οστό χαρακτηρίζεται από πετάλια κολλαγόνου **παράλληλα** διατεταγμένα μεταξύ τους ή **συγκεντρικά** γύρω από αγγειακούς άξονες  $\Rightarrow$  **οστεώνες** ή **συστήματα Havers**



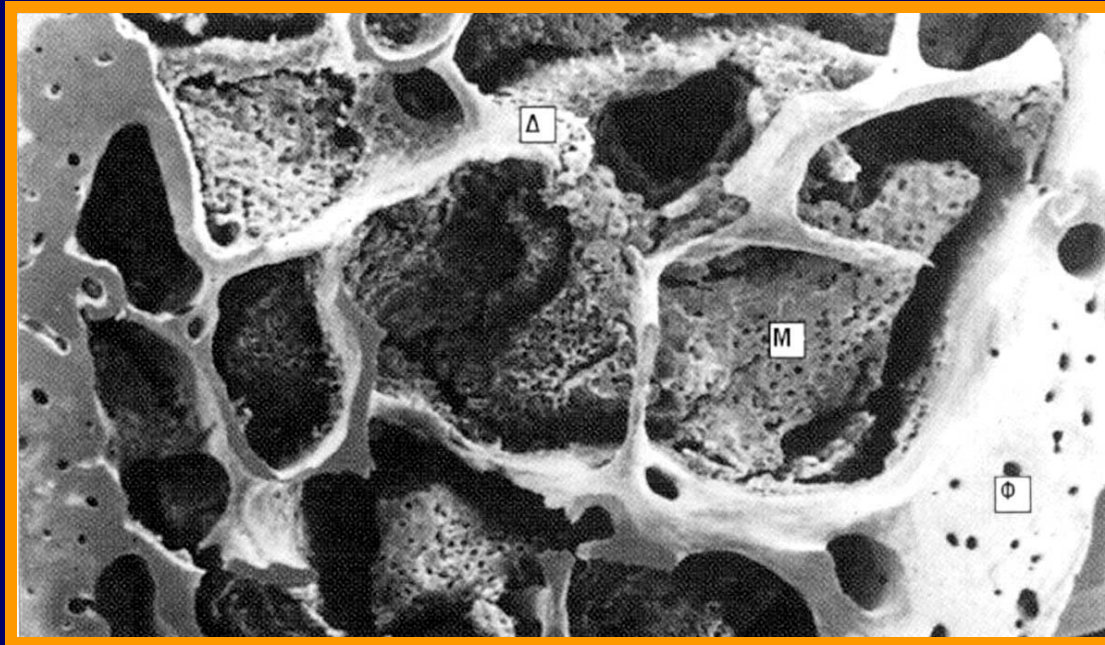
# Αρχιτεκτονική δομή του οστού



$\Phi$ : φλοιός,  $\Delta$ : δοκίδα,  $H$ : σωλήνας Havers

- **εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη:**  
άκαμπτο εξωτερικό περίβλημα, αντίσταση σε δυνάμεις παραμόρφωσης
- **εσωτερική δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη:**  
ισχυροποίηση οστού, λειτουργεί σαν σύστημα εσωτερικών στηριγμάτων





Φ: φλοιός, Δ: δοκίδα, Μ: μυελός

τόσο η **φλοιώδης** (συμπαγής) ζώνη, όσο και η **δοκιδώδης** (σπογγώδης) ζώνη αποτελούνται από **πεταλιώδες οστό**.

# Σχηματική δομή οστού

**Περίοστεο:** α) εξωτερική ινοκολλαγονώδης στιβάδα με αιμοφόρα αγγεία και β) εσωτερική στοιβάδα με οστεοπρογονικά κύτταρα

## Φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη:

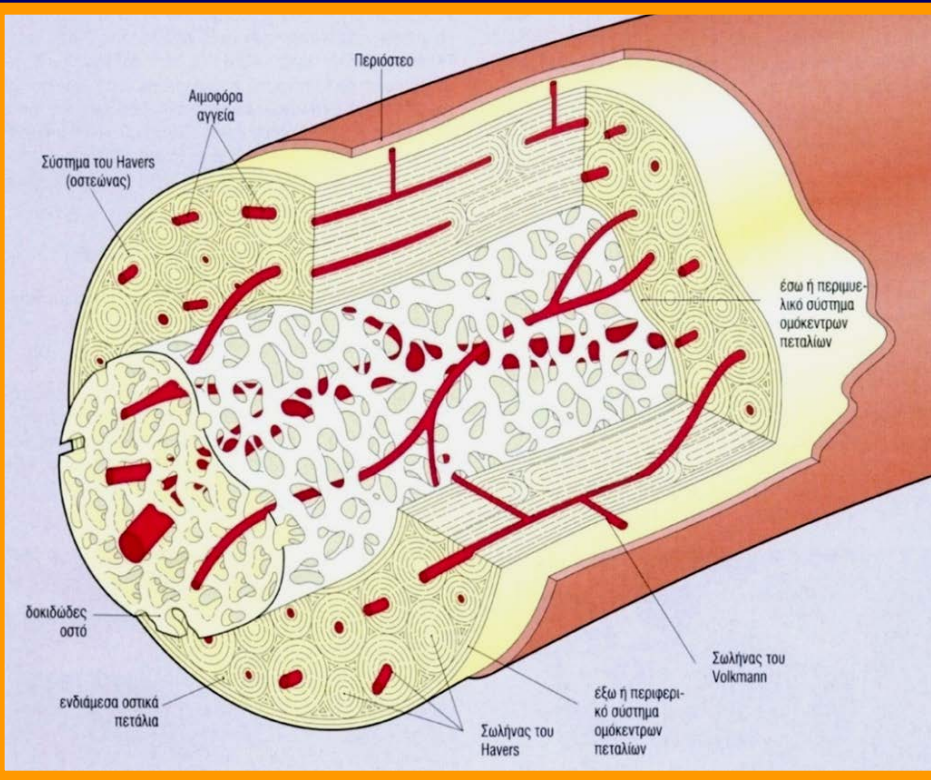
- καταλαμβάνεται από συστήματα του Havers (οστεώνες)
- διάμεσα οστικά πετάλια
- περιφερικό ή εξωτερικό σύστημα ομόκεντρων πεταλίων
- περιμυελικό ή εσωτερικό σύστημα ομόκεντρων πεταλίων

## Δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη

- δίκτυο οστικών δοκίδων

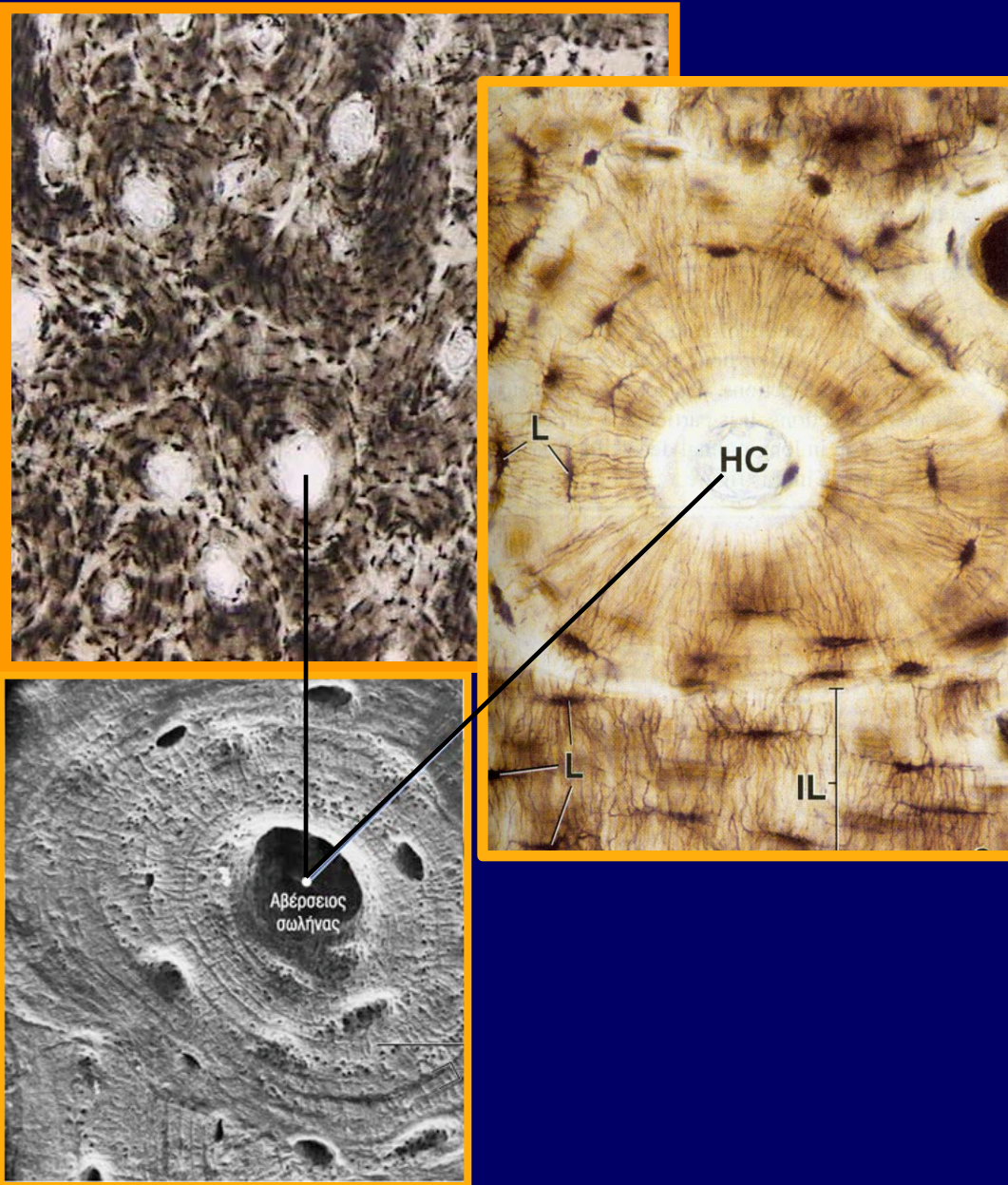
**Ενδόστεο:** στιβάδα οστεοπρογονικών κυττάρων που επενδύουν:

- εσωτερικά τον σωλήνα του Havers στους οστεώνες
- την εσωτερική επιφάνεια του φλοιώδους οστού
- τις εξωτερικές επιφάνειες των οστικών δοκίδων



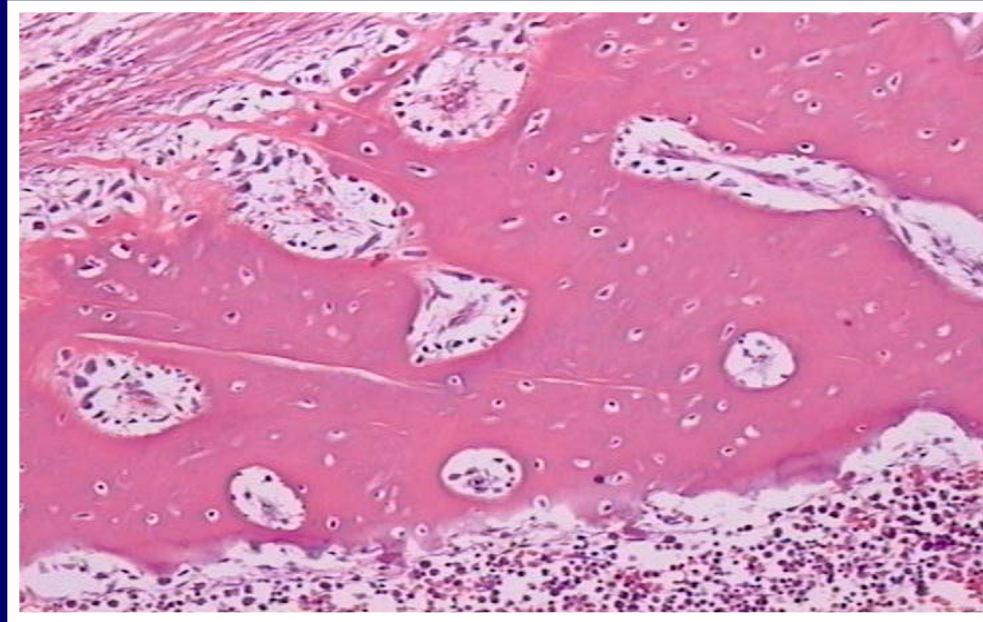


# Οστεώνας / σύστημα Havers / Αβέρσειο σύστημα



- **συγκεντρικά** οστικά πετάλια διατεταγμένα γύρω από ένα επίμηκες αγγειακό διάυλο: τον **σωλήνα του Havers** ή **αβέρσειο σωλήνα**.
- ανάμεσα στα οστικά πετάλια βρίσκονται οστεοκύτταρα σε **βοθρία**. Τα οστεοκύτταρα επικοινωνούν μεταξύ τους με **κυτταροπλασματικές αποφυάδες** που διατρέχουν τα οστικά σωληνάρια
- **σωλήνας του Havers** : διέρχονται αιμοφόρα αγγεία

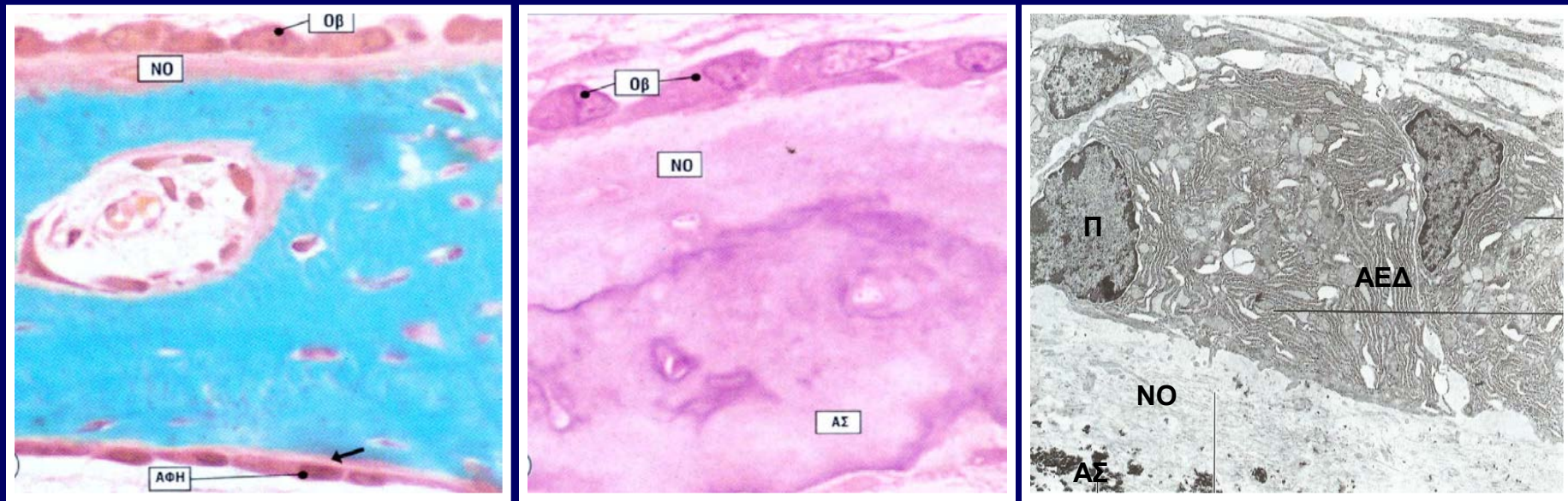
# Κύτταρα των οστών



- οστικά αρχέγονα κύτταρα ή οστεοπρογονικά
  - οστεοβλάστες
  - οστεοκύτταρα
- 
- οστεοκλάστες



# Οστεοβλάστες



Οβ: οστεοβλάστη, ΝΟ: μη-εφαλατωμένο οστεοειδές, ΑΣ: εφαλατωμένο οστεοειδές, Π: πυρήνας, ΑΕΔ: αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο

- υπεύθυνες για τη σύνθεση οστεοειδούς και την εφάλατσή του (ασβεστοποίηση)
- κύτταρα με βασεόφιλο κυτταρόπλασμα (πρωτεϊνοσύνθεση και εκκριτική λειτουργία)
- βρίσκονται στην επιφάνεια της οστικής δοκίδας

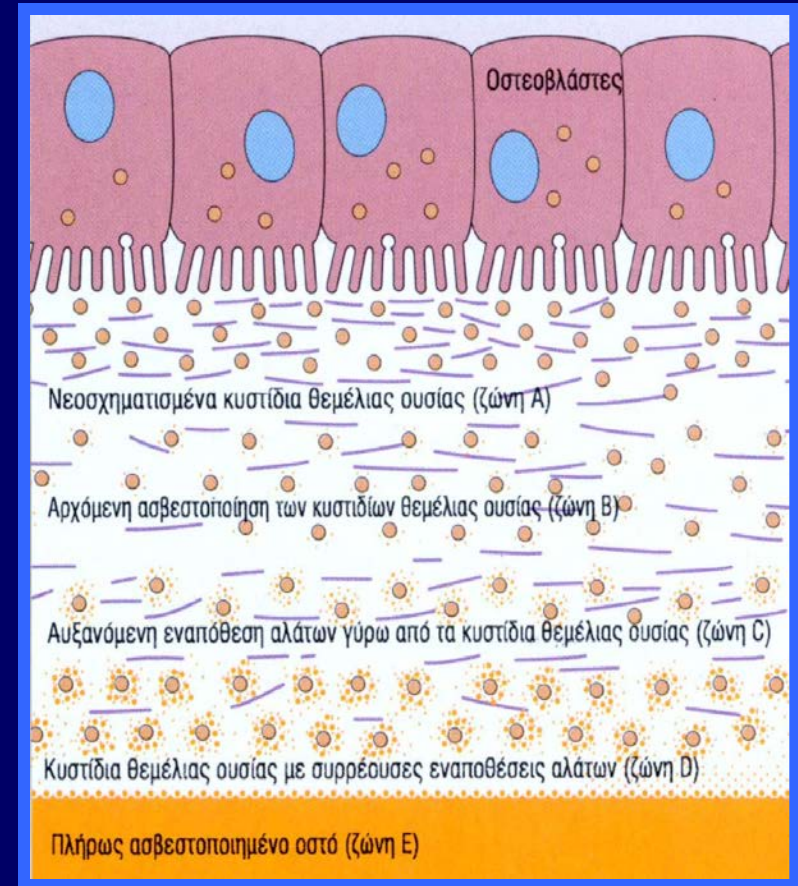
# Ασβεστοποίηση οστεοειδούς

Εναπόθεση ανόργανων αλάτων στο οστεοειδές → ακαμψία οστών

- η οστεοκαλσίνη δεσμεύει  $\text{Ca}^{++}$
- η αλκαλική φωσφατάση (στις οστεοβλάστες) αυξάνει την συγκέντρωση  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{PO}_4^-$
- παραγωγή από τις οστεοβλάστες **κυστιδίων θεμέλιας ουσίας** που είναι πλούσια στα ένζυμα **αλκαλική φωσφατάση** (αύξηση της τοπικής συγκέντρωσης ιόντων  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{PO}_4^-$ ) συσσωρεύουν ιόντα  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{PO}_4^-$



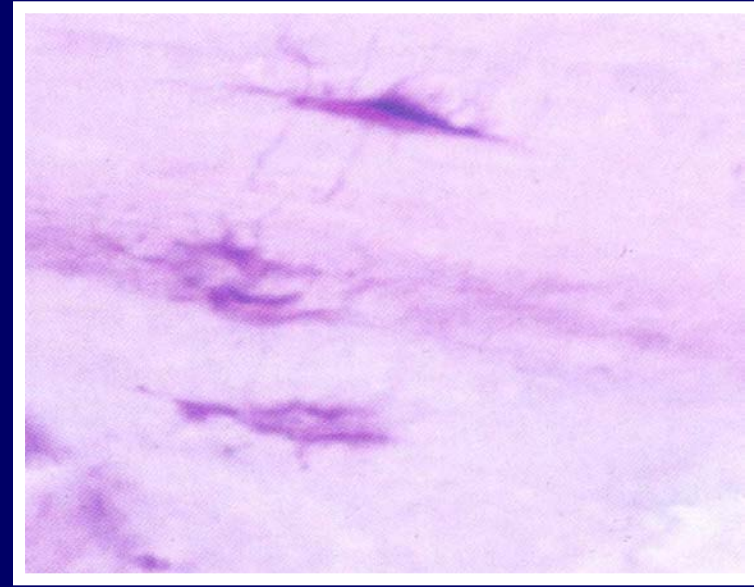
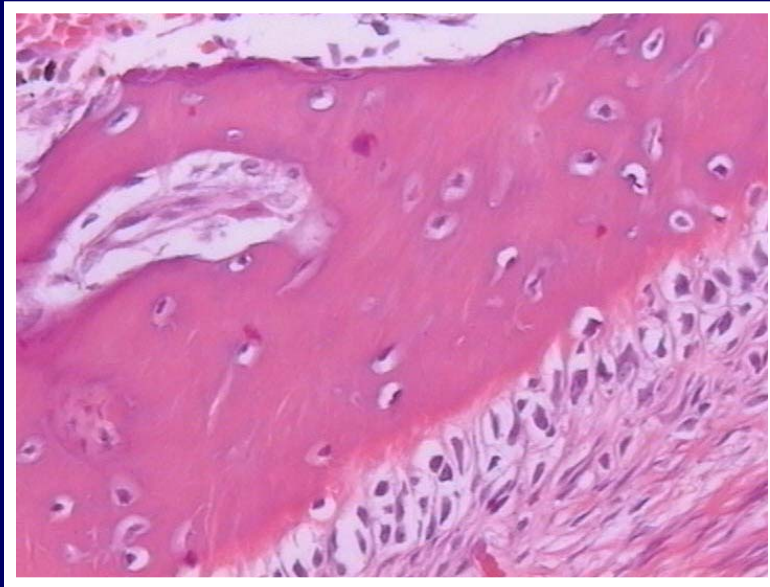
δημιουργούν τους πυρήνες εναπόθεσης υδροξυαπατίτη [  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  ]



Σε φυσιολογικούς ρυθμούς οστεογένεσης, η ασβεστοποίηση γίνεται λίγο μετά το σχηματισμό νέου οστεοειδούς.

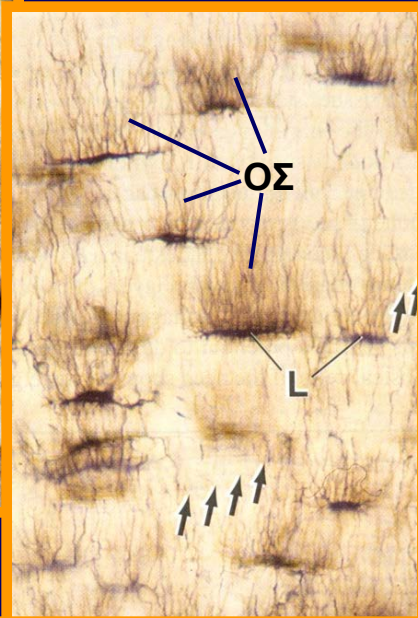
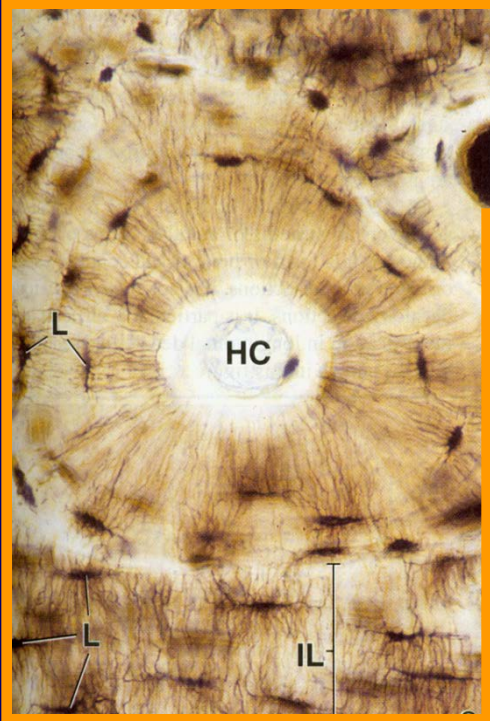


# Οστεοκύτταρα

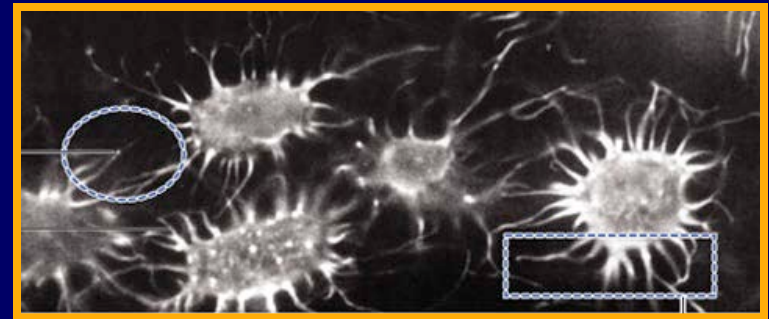


- προέρχονται από τις οστεοβλάστες
- βρίσκονται στα **οστικά βοθρία** και περιβάλλονται από οστεοποιούμενη εξωκυττάρια ουσία (εφαλατωμένο οστεοειδές)
- συμβάλλουν στη διατήρηση του οργανικού στοιχείου της εξωκυττάριας ουσίας

# Οστεοκύτταρα



- Ένα οστεοκύτταρο βρίσκεται σε ένα βοθρίο
- Τα οστεοκύτταρα αλληλοσυνδέονται με κυτταροπλασματικές αποφυάδες που διατρέχουν τα οστικά σωληνάκια (ΟΣ)

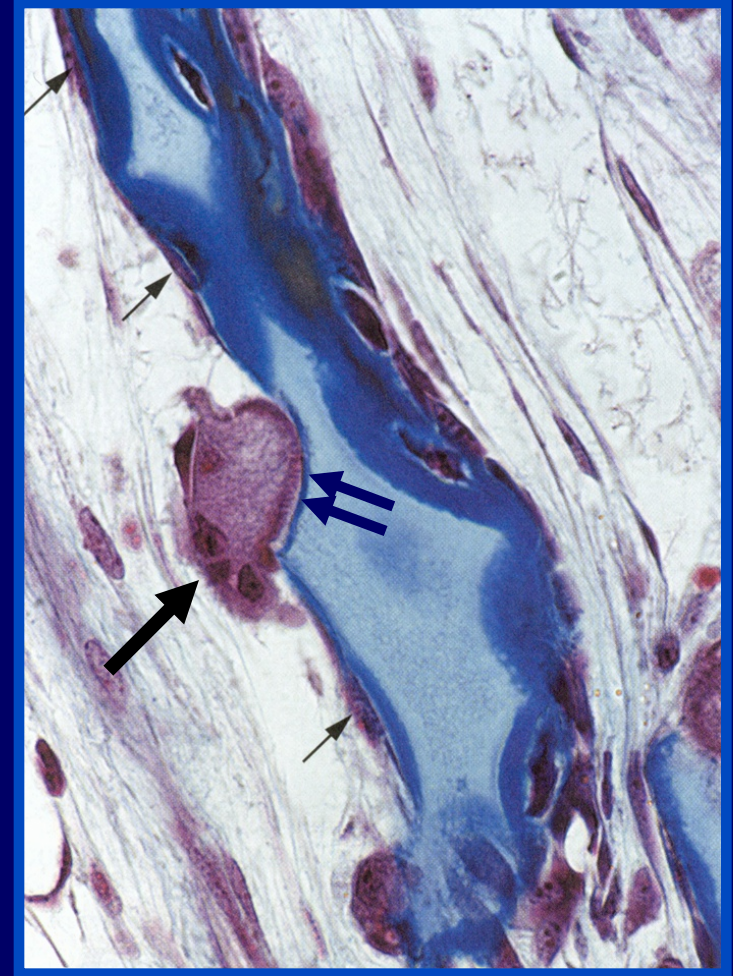


- Μέσω των οστικών σωληναρίων επιτυγχάνεται η επικοινωνία των οστεοκυττάρων με:
  - γειτονικά οστεοκύτταρα
  - εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του οστού
  - αιμοφόρα αγγεία



# Οστεοκλάστες

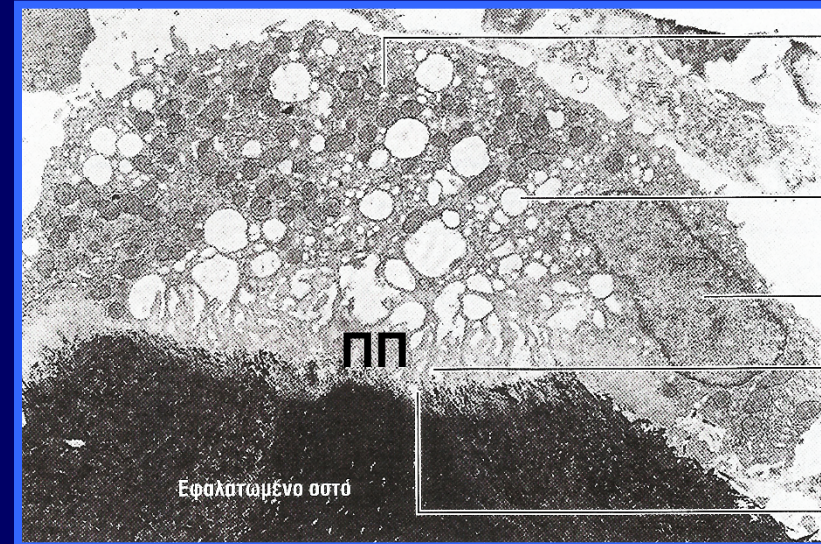
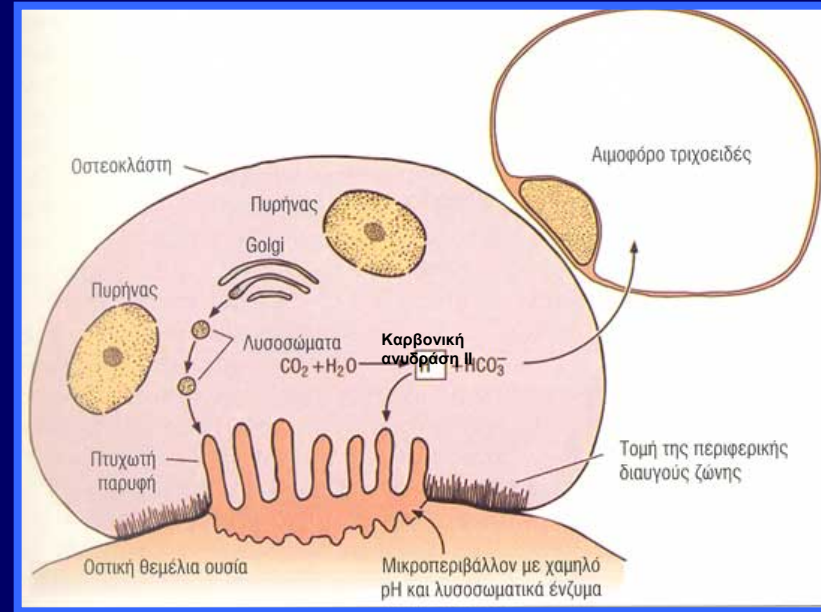
- προέρχονται από τα μονοκύτταρα του αίματος, μετά από σύντηξη κυττάρων
- μεγάλα πολυπύρρηνα κύτταρα με άφθονο κυτταρόπλασμα (λυσosώματα, συσκευή Golgi, εκκριτικά κυστίδια, μιτοχόνδρια)
- προσκολλώνται στην ελεύθερη οστική επιφάνεια σε θέσεις ενεργής απορρόφησης του οστού διαμορφώνοντας τα βοθρία του Howship ή τις κοιλότητες οστικής απορρόφησης ή τα υποοστεοκλαστικά διαμερίσματα (διπλό βέλος)



μεγάλο βέλος: οστεοκλάστη  
 διπλό βέλος: βοθρίο του Howship  
 μικρό βέλος: οστεοβλάστη αδρανής

# Απορρόφηση οστού

- η οστεοκλάστη συνδέεται με τη θεμέλια ουσία του οστού με την **πτυχωτή παρυφή** της.
- **Ζώνη επισφράγισης:** παρακείμενη περιοχή εκατέρωθεν της πτυχωτής παρυφής που περιχαρακώνει τη θέση απορρόφησης του οστού.
- **ελευθέρωση πρωτονίων** από την οστεοκλάστη στην κοιλότητα απορρόφησης  $\longrightarrow$  δημιουργία όξινου μικροπεριβάλλοντος  $\longrightarrow$  **αποδόμηση** και **διάσπαση αλάτων υδροξυαπατίτη**.
- προκαλείται απελευθέρωση ιόντων  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{PO}_4^-$
- ελευθερώνονται λυσοσωμικά ένζυμα (πχ. καθεψίνη K)  $\longrightarrow$  υδρόλυση κολλαγόνου και **ΓΑΓ** της ΕΘΟ του οστού.
- διαλυτά προϊόντα αποδόμησης αλάτων και πρωτεϊνών προσλαμβάνονται με **ενδοκυττάρωση**.

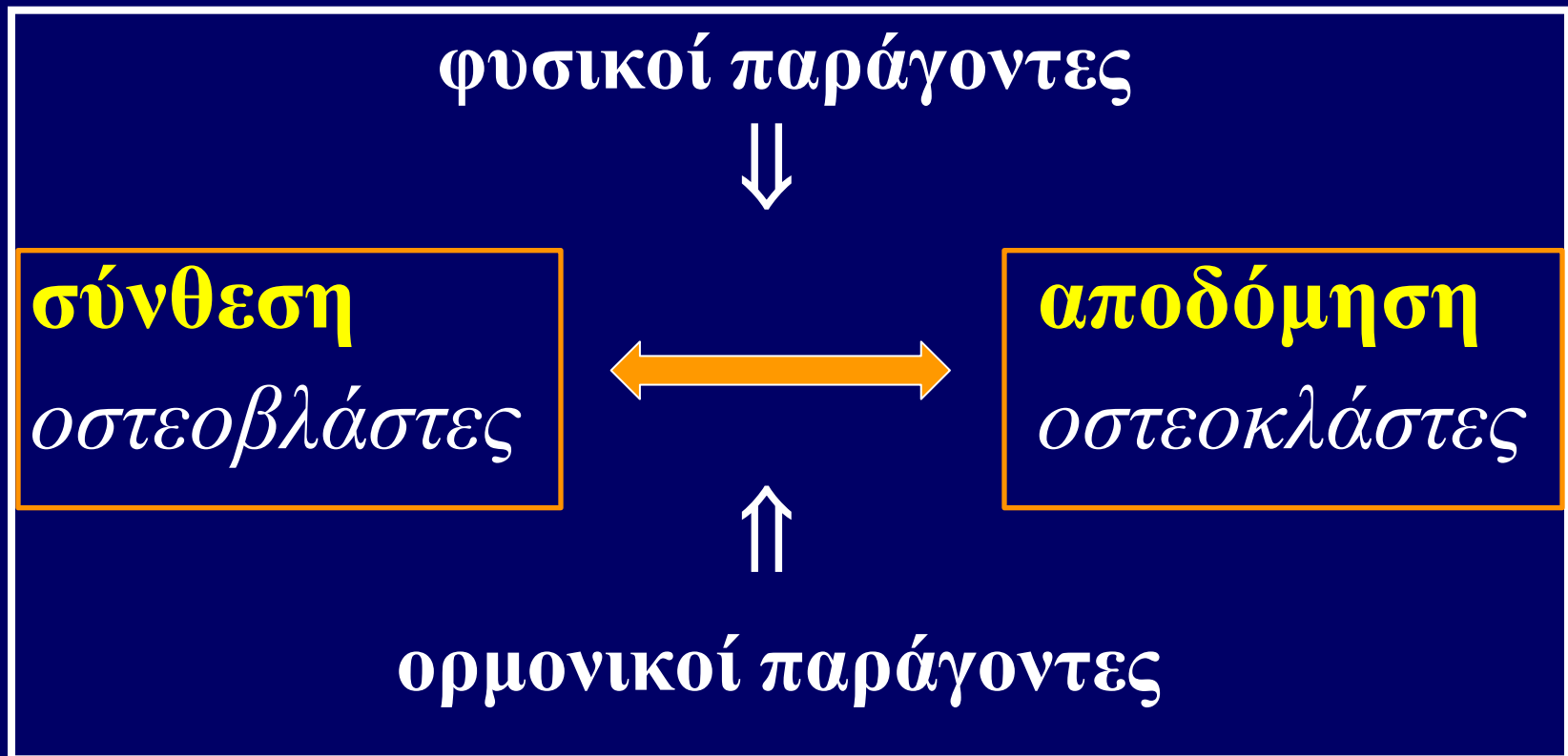


ΠΠ: πτυχωτή παρυφή

# Αναδόμηση οστού

**Σκοπός:** να εξασφαλισθεί το βέλτιστο της οστικής ισχύος επιδιορθώνοντας μικροσκοπικές βλάβες και διατηρώντας το ισοζύγιο του ασβεστίου.

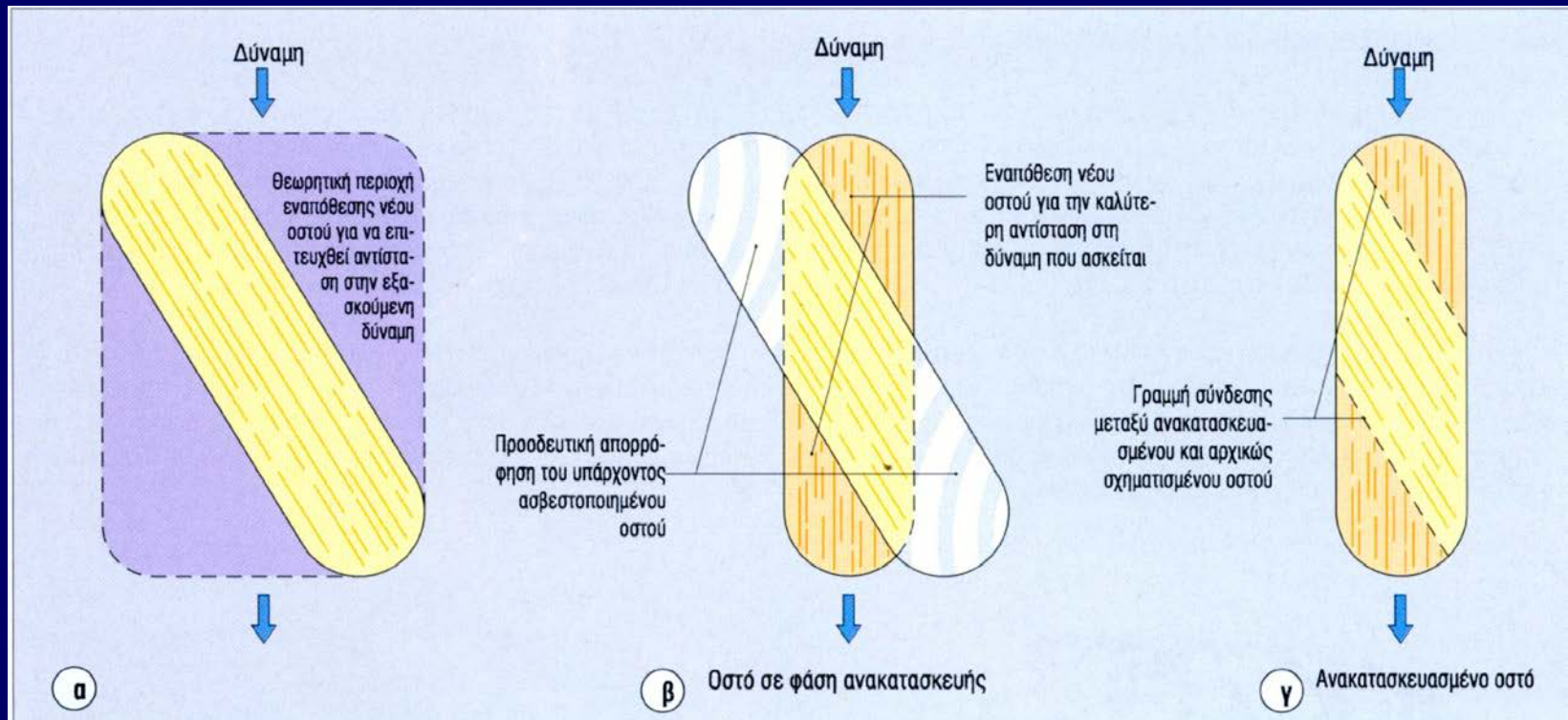
*Ο οστίτης ιστός αναδομείται συνεχώς*





# Αναδόμηση οστού

## Φυσικοί παράγοντες





# Αναδόμηση οστού

## Ορμονικοί παράγοντες

- παραθορμόνη  $\Leftrightarrow$  καλσιτονίνη
- παραθορμόνη (παραθυρεοειδείς αδένες).

*Δρα όταν τα επίπεδα  $Ca^{++}$  στο αίμα είναι χαμηλά*

- ενεργοποίηση οστεοκλαστών
  - $\downarrow$  απέκκρισης  $Ca^{++}$  από τα νεφρά
  - $\uparrow$  απορρόφησης  $Ca^{++}$  από το έντερο
- $\uparrow Ca^{++}$  στο αίμα

- καλσιτονίνη (κύτταρα C θυρεοειδούς)

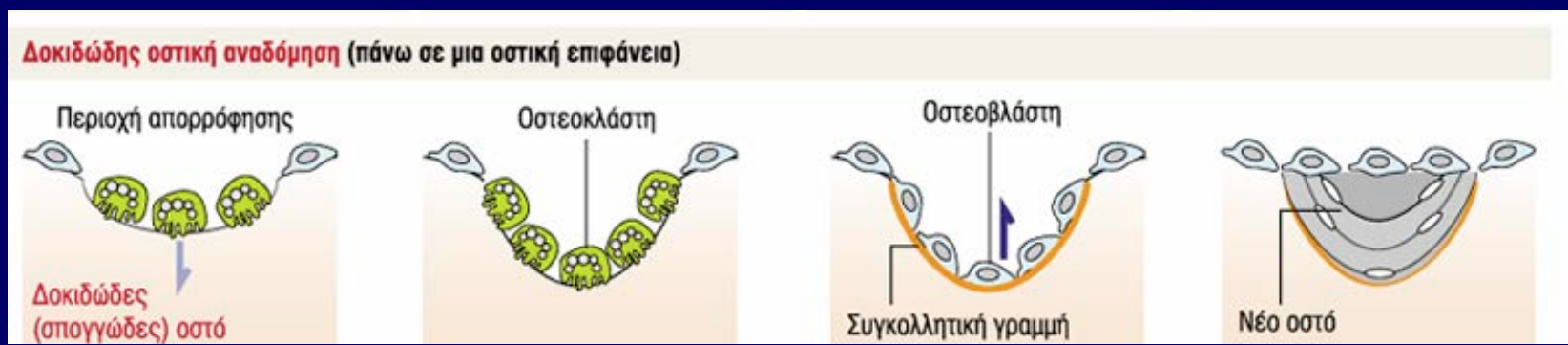
*Δρα όταν τα επίπεδα  $Ca^{++}$  στο αίμα είναι υψηλά*

- απενεργοποίηση οστεοκλαστών
  - $\uparrow$  απέκκρισης  $Ca^{++}$  από τα νεφρά
- $\downarrow Ca^{++}$  στο αίμα

# Αναδόμηση οστού

## συνεργασία οστεοκλαστών-οστεοβλαστών

### Αναδόμηση σε δοκίδια (σπογγώδης/δοκιδώδης ζώνη)



### Αναδόμηση σε οστεώνα (φλοιώδης ζώνη)



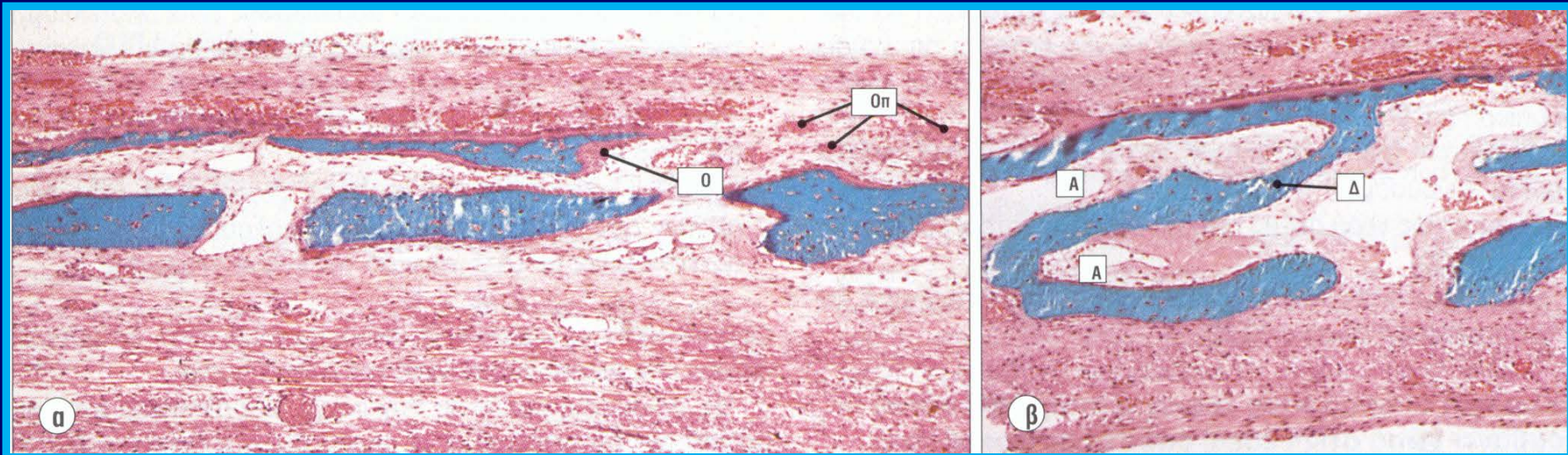
# Εμβρυικός σχηματισμός νέου οστού

- **ενδομεμβρανώδης οστεοποίηση:**

δημιουργία οστού από δεσμίδες μεσεγχυματικών κυττάρων που δρούν σαν «μεμβράνες», με άμεση εφάλατωση της θεμέλιας ουσίας που εκκρίνεται.

- **ενδοχόνδρια οστεοποίηση:**

δημιουργία οστού από προσχηματισμένο χόνδρο (υαλοειδή), με εναπόθεση οστικής θεμέλιας ουσίας σε προϋπάρχουσα θεμέλια ουσία χόνδρου.

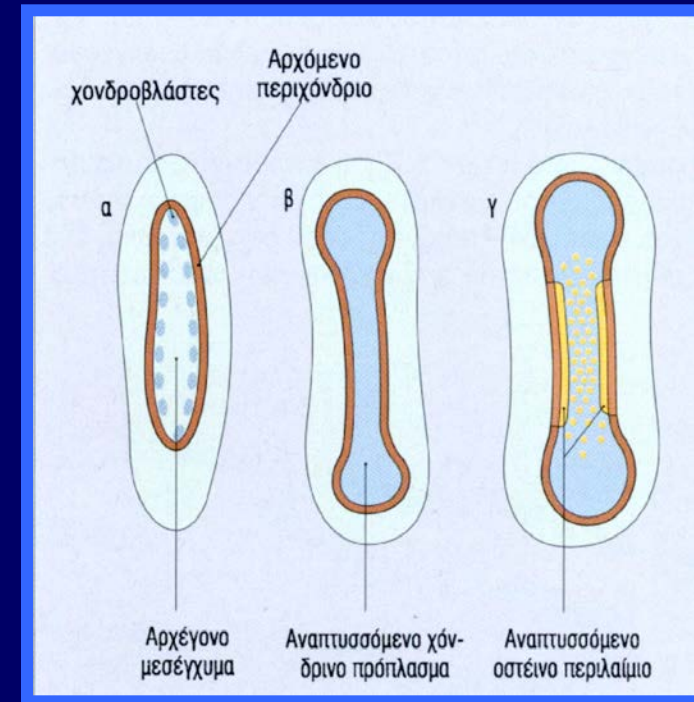


- σχηματισμός πλατέων οστών / κατά πάχος αύξηση επιμήκων οστών.
- αρχέγονα μεσεγχυματικά κύτταρα διαφοροποιούνται σε οστεοπρογονικά κύτταρα και οστεοβλάστες.
- εναπόθεση οστικής ουσίας σε πολλαπλές νησίδες (πυρήνες οστεοποίησης), περιχαράκωση οστεοκυττάρων.
- ανακατασκευή και δημιουργία σπογγώδους/δοκιδώδους οστού.
- σχηματισμός δύο στιβάδων συμπαγούς οστού (εξωτερική και εσωτερική πλάκα)



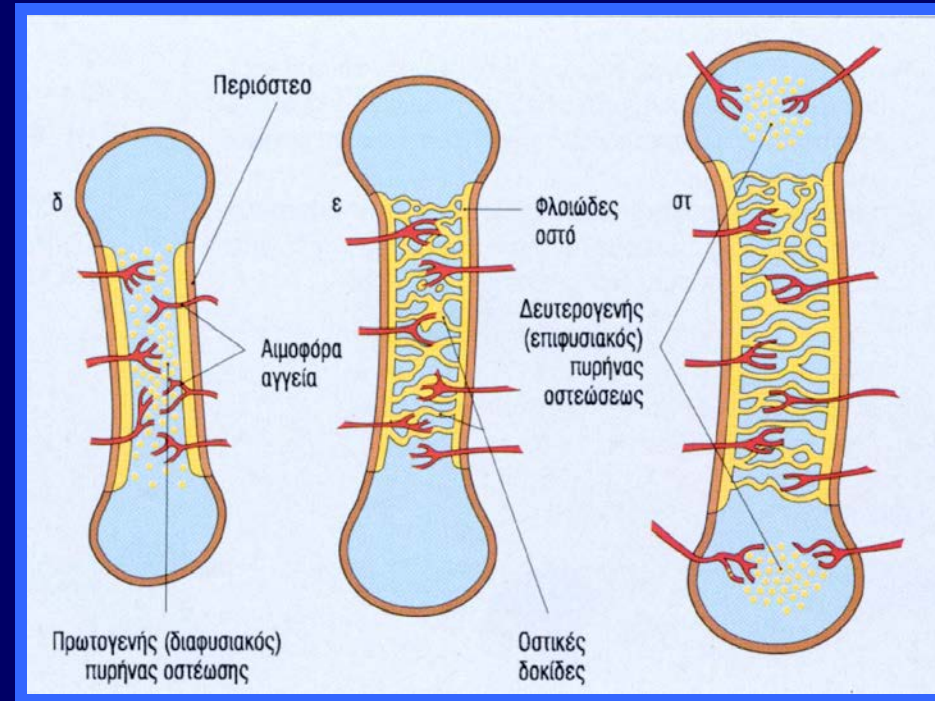
# Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

- χόνδρινο πρόπλασμα οστού από **υαλοειδή χόνδρο** με περιφερική τοποθέτηση χονδροβλαστών, οστεοπρογονικών και αρχέγονων μεσεγχυματικών κυττάρων → **περιχόνδριο**. Κατά **μήκος αύξηση** προπλάσματος μέσω **διάμεσης ανάπτυξης**, κατά **πλάτος αύξηση** προπλάσματος μέσω **αποθετικής ανάπτυξης**.
- σχηματισμός **οστικού περιλαίμιου** στη μεσότητα της διάφυσης (περιχόνδριο → περιόστεο). Αύξηση της διαμέτρου της διάφυσης με **ενδομεμβρανώδη οστεοποίηση**.
- τα **χονδροκύτταρα** στην περιοχή της διάφυσης γίνονται **υπερτροφικά**, συνθέτουν **αλκαλική φωσφατάση** → **ασβεστοποίηση** της χόνδρινης θεμέλιας ουσίας → **αναστολή** της **διάχυσης θρεπτικών ουσιών** → **θάνατος χονδροκυττάρων** (απόπτωση) → **αποδόμηση** χόνδρινης θεμέλιας ουσίας → **σύστημα κοιλοτήτων**.



# Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

- μεταφορά -μέσω αιμοφόρων αγγείων- οστεοπρογονικών κυττάρων και πρόδρομων κυττάρων του μυελού των οστών.
- επικάθηση οστεοπρογονικών κυττάρων στα υπολείμματα της ασβεστοποιημένης χόνδρινης θεμέλιας ουσίας, διαφοροποίηση τους σε οστεοβλάστες και σύνθεση οστεοειδούς  $\longrightarrow$  **πρωτογενής (διαφυσιακός) πυρήνας οστέωσης**
- ανάπτυξη δοκιδώδους οστού στο εσωτερικό της διάφυσης. Οι επιφύσεις παραμένουν χόνδρινες.
- κοντά στη γέννηση: μετανάστευση μεσεγχυματικών κυττάρων μέσω αγγείων  $\longrightarrow$  οστεοβλάστες  $\longrightarrow$  **δευτερογενής πυρήνας οστέωσης.**

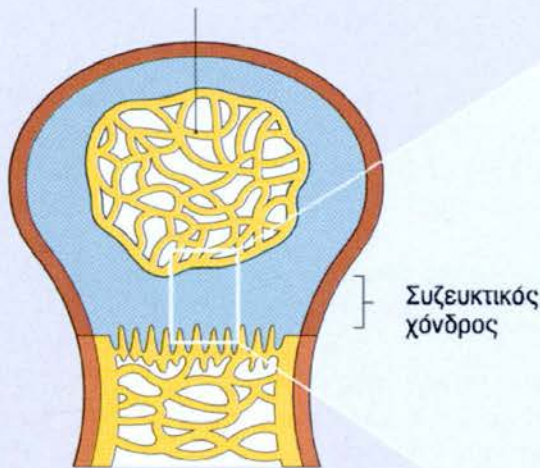




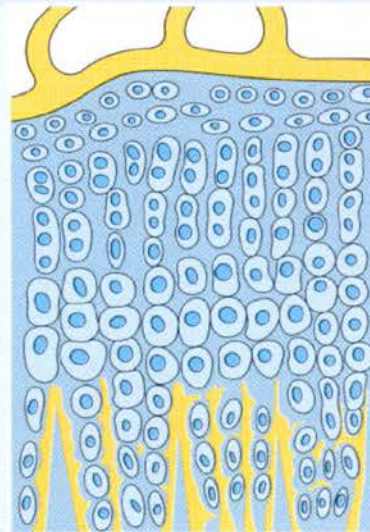
# Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

- δευτερογενής πυρήνας οστέωσης (επιφυσιακός). Περιβάλλεται από χόνδρο:
  - αρθρικός χόνδρος
  - συζευκτικός ή επιφυσιακός χόνδρος: υπεύθυνος για την κατά μήκος αύξηση του οστού.

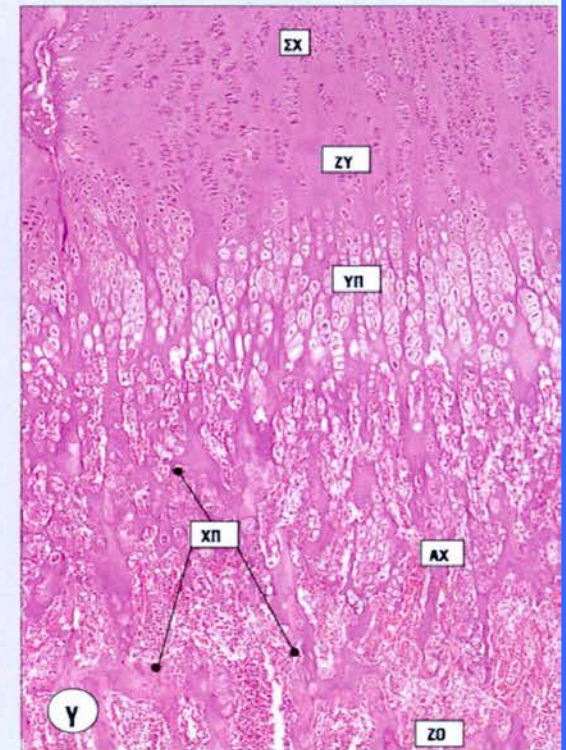
Επιφυσιακός πυρήνας οστέωσης



α

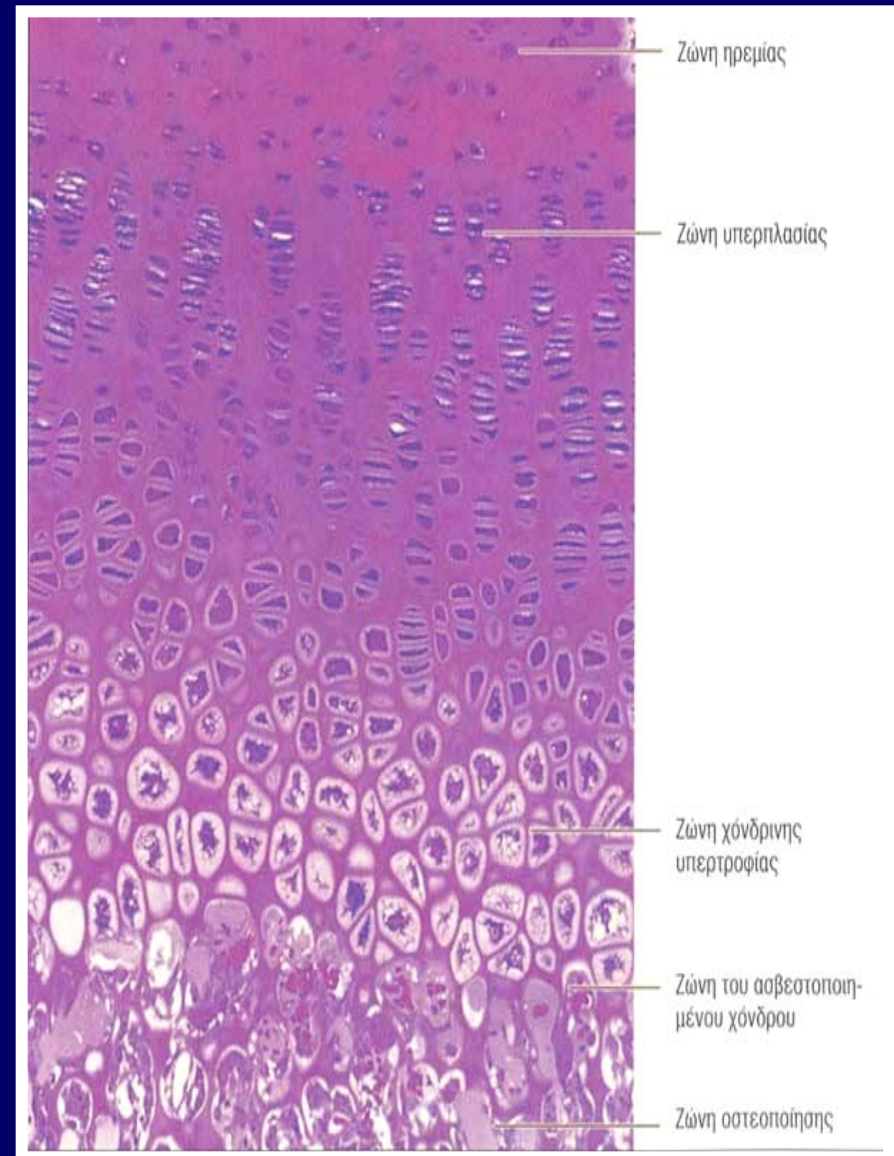


β

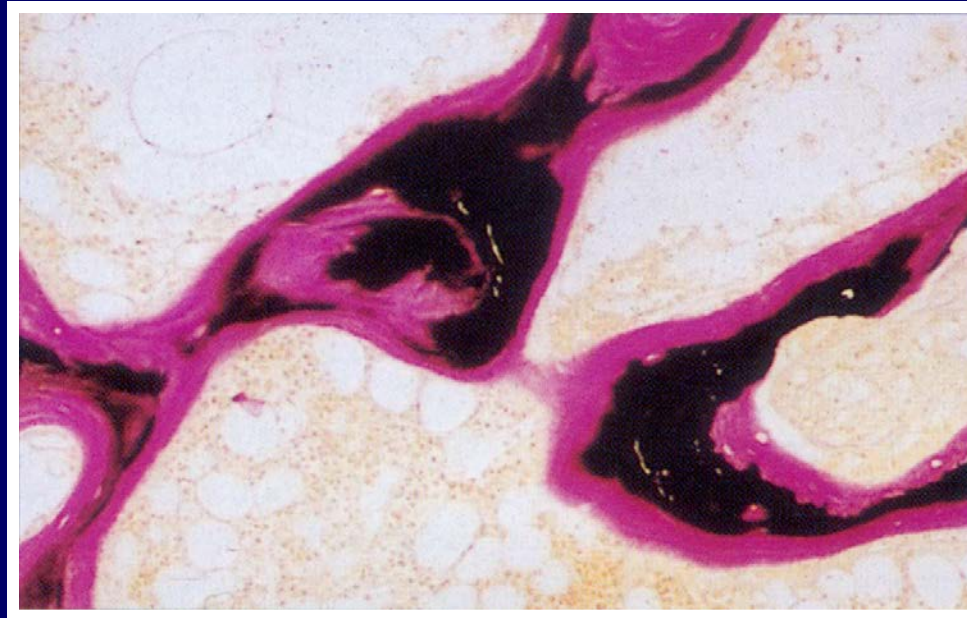


# Συζευκτικός χόνδρος

- ζώνη ηρεμίας
- ζώνη υπερπλασίας
- ζώνη υπερτροφίας
- ζώνη ασβεστοποίησης του χόνδρου
- οστεογεννητική ζώνη ή ζώνη οστεοποίησης



# Οστεομαλακία



- διαταραχή της οστεοποίησης λόγω χαμηλού  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{PO}_4^-$  στο αίμα
- συχνά κατάγματα
- στην παιδική ηλικία → ραχίτιδα (μόνιμη δυσμορφία των οστών)

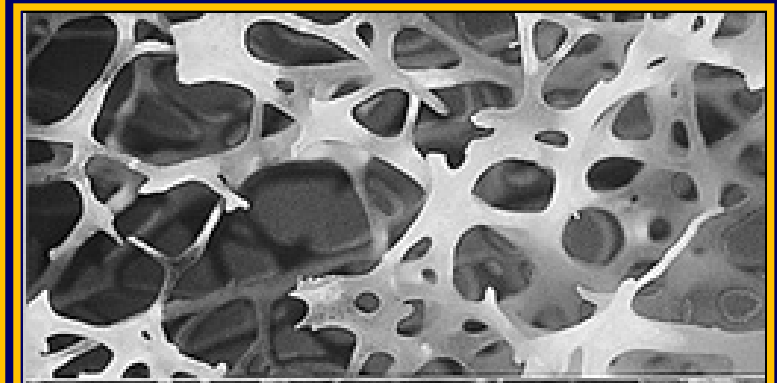
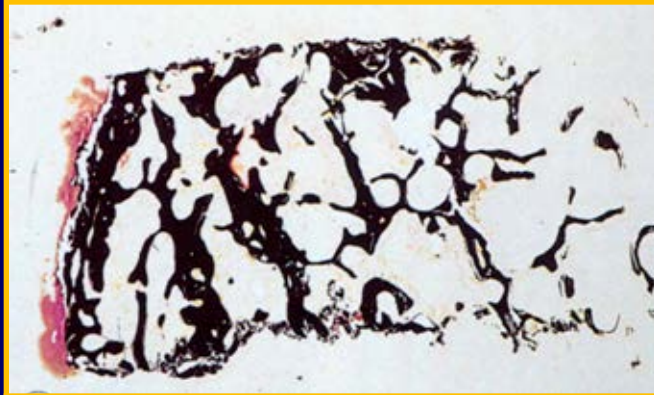


# Οστεοπόρωση

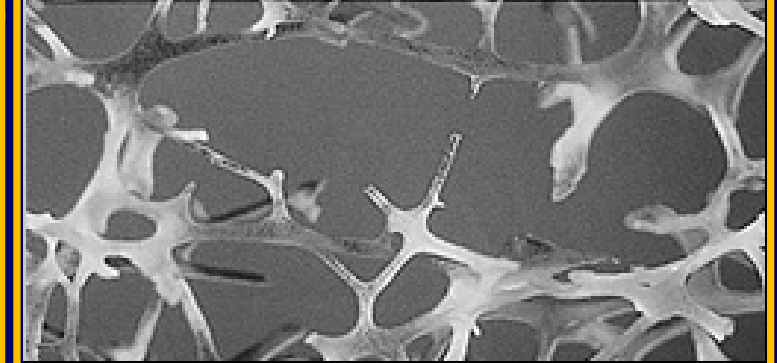
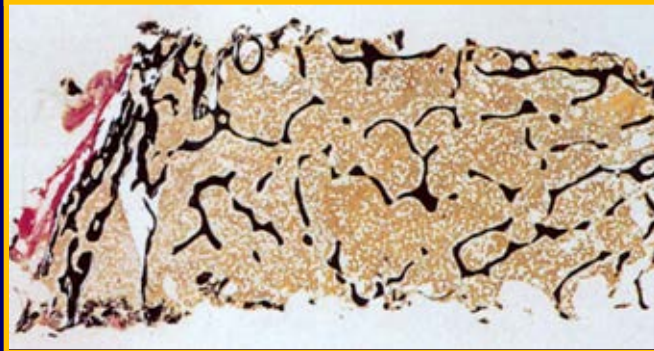
Οπτικό μικροσκόπιο

Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

φυσιολογικό  
οστό



οστεοπορωτικό  
οστό



- Η **φλοιώδης** ζώνη είναι **στενότερη** και η **δοκιδώδης** ζώνη **λεπτότερη** με μικρότερο αριθμό δοκίδων.
- Αυξημένα κατάγματα οστών, κυρίως συμπιεστικά σπονδύλων.