



Οστίτης Ιστός

Σοφία Χαβάκη

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Εργαστήριο Ιστολογίας-Εμβρυολογίας

Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ

Οστά

- 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

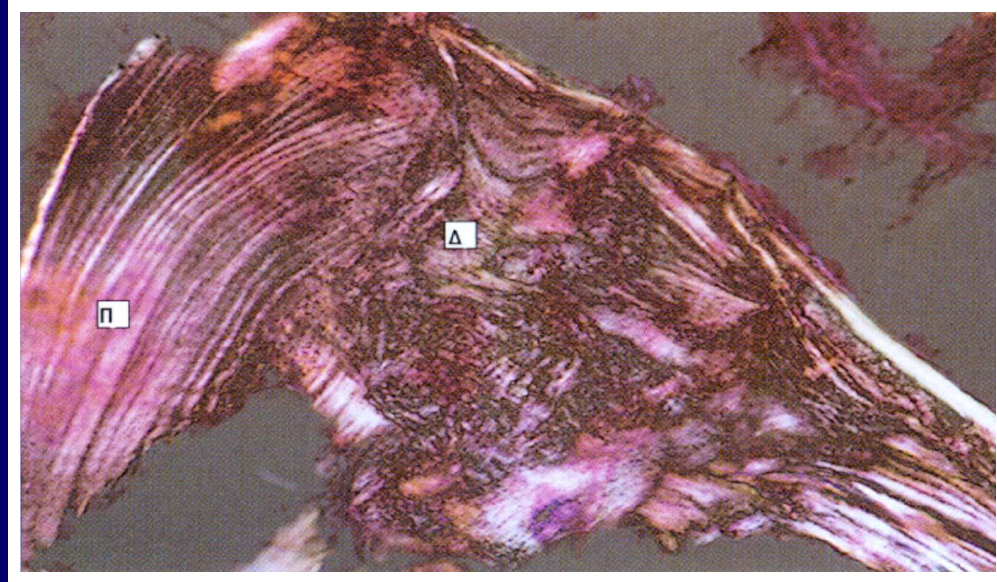
- **οργανική** εξωκυττάρια ουσία (35%):
οστεοειδές
(κολλαγόνο τύπου I, ΓΑΓ,
γλυκοπρωτεΐνες)
- **ανόργανη** εξωκυττάρια ουσία (65%):
κυρίως **άλατα υδροξυαπατίτη**

Οστεοειδές

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

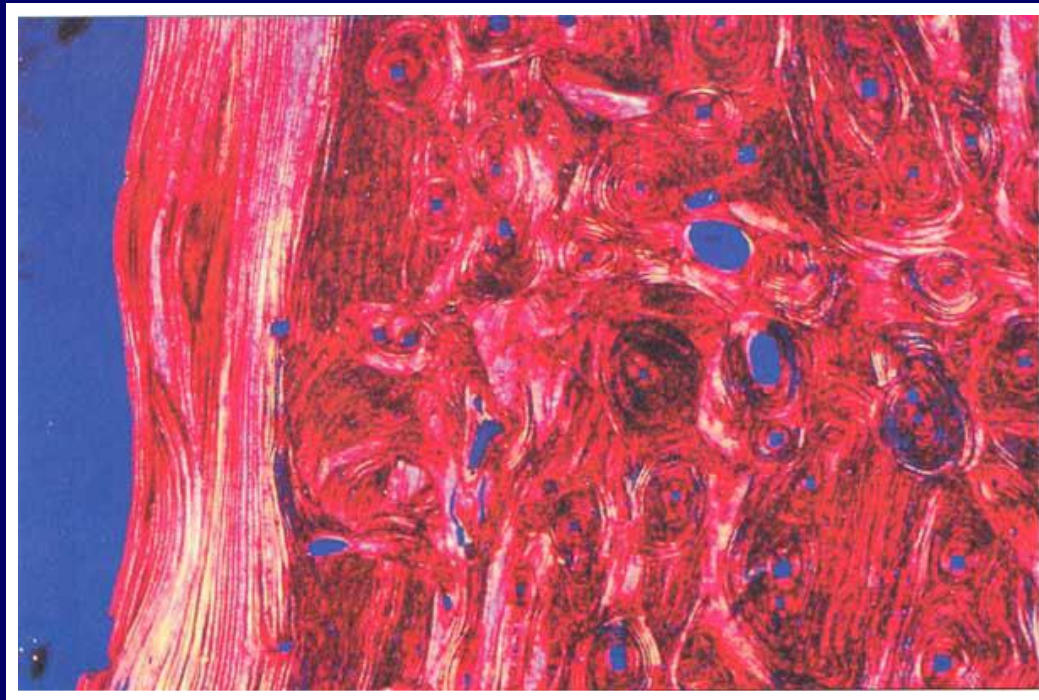
- **90% κολλαγόνο τύπου I :**
πολυμερές τριπλής έλικας τριών πολυπεπτιδικών α-αλύσων,
ελλατωματικό κολλαγόνο: εύθραυστα οστά (ατελής οστεογένεση)
- **γλυκοζαμινογλυκάνες**
υαλουρονικό οξύ
θεική χονδροϊτίνη
θεική κερατάνη
- **γλυκοπρωτεΐνες**
οστεοκαλσίνη
οστεοποντίνη
οστεονεκτίνη
οστική σιαλοπρωτεΐνη

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.**

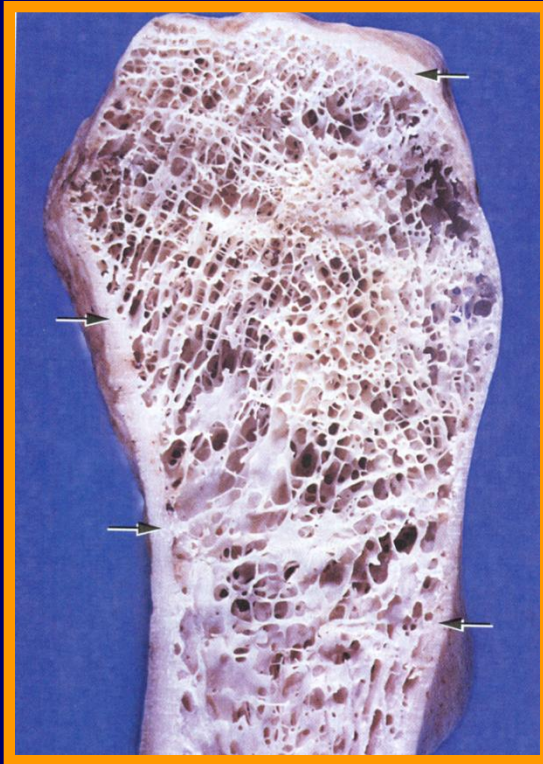
Πεταλιώδες οστό



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

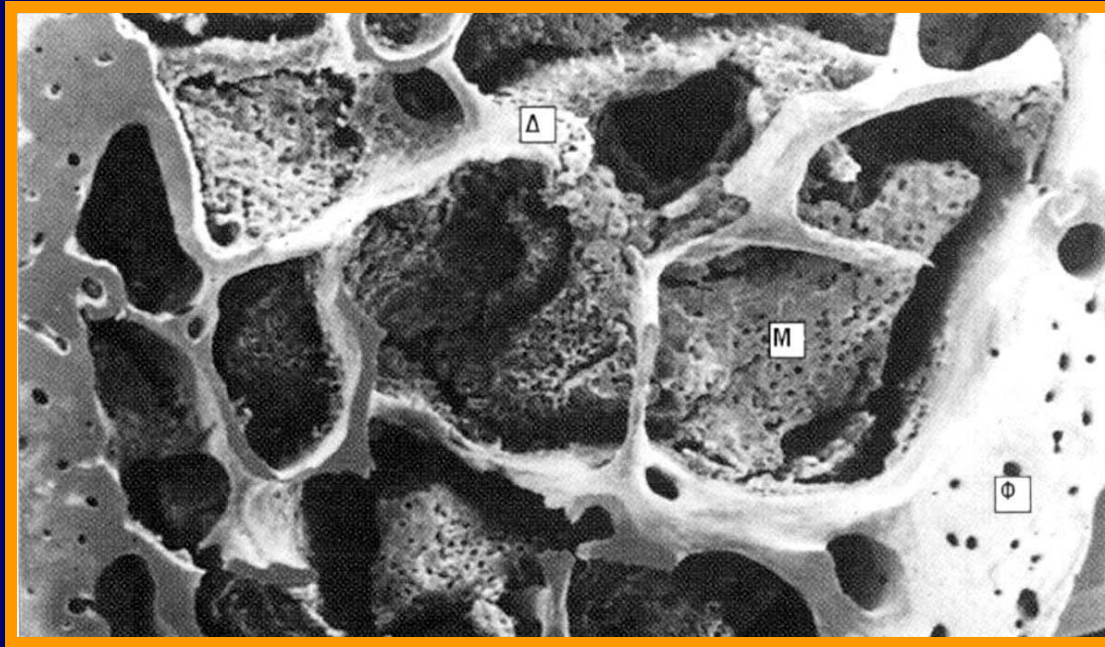
Αρχιτεκτονική δομή του οστού

8



Φ : φλοιός, Δ : 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

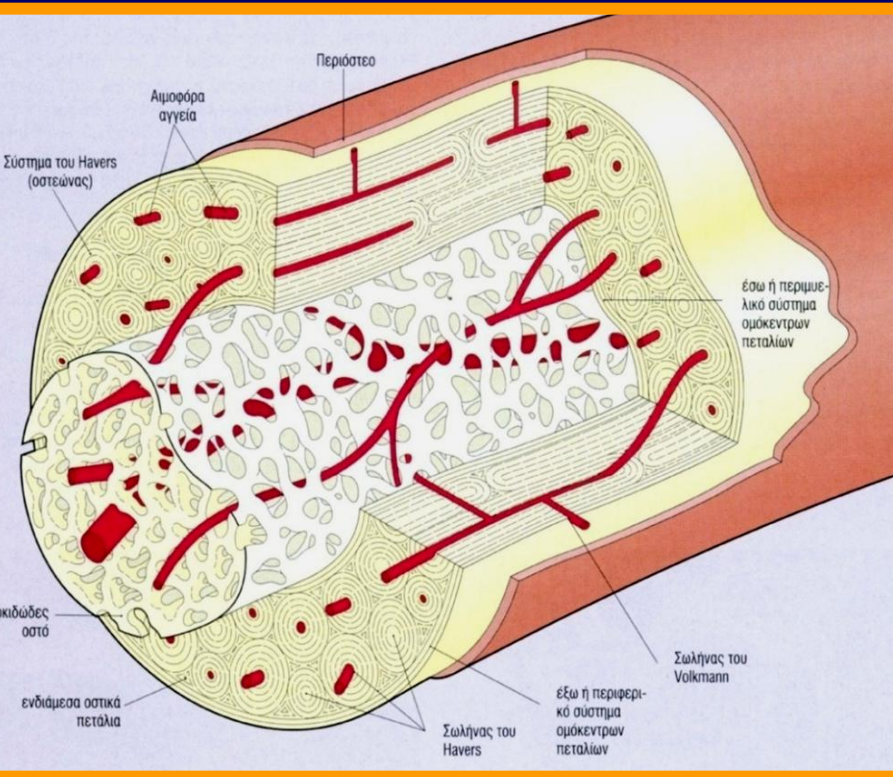
Περίοστεο: α) εξωτερική ινοκολλαγονώδης στιβάδα με αιμοφόρα αγγεία και β) εσωτερική στοιβάδα με οστεοπρογονικά κύτταρα

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

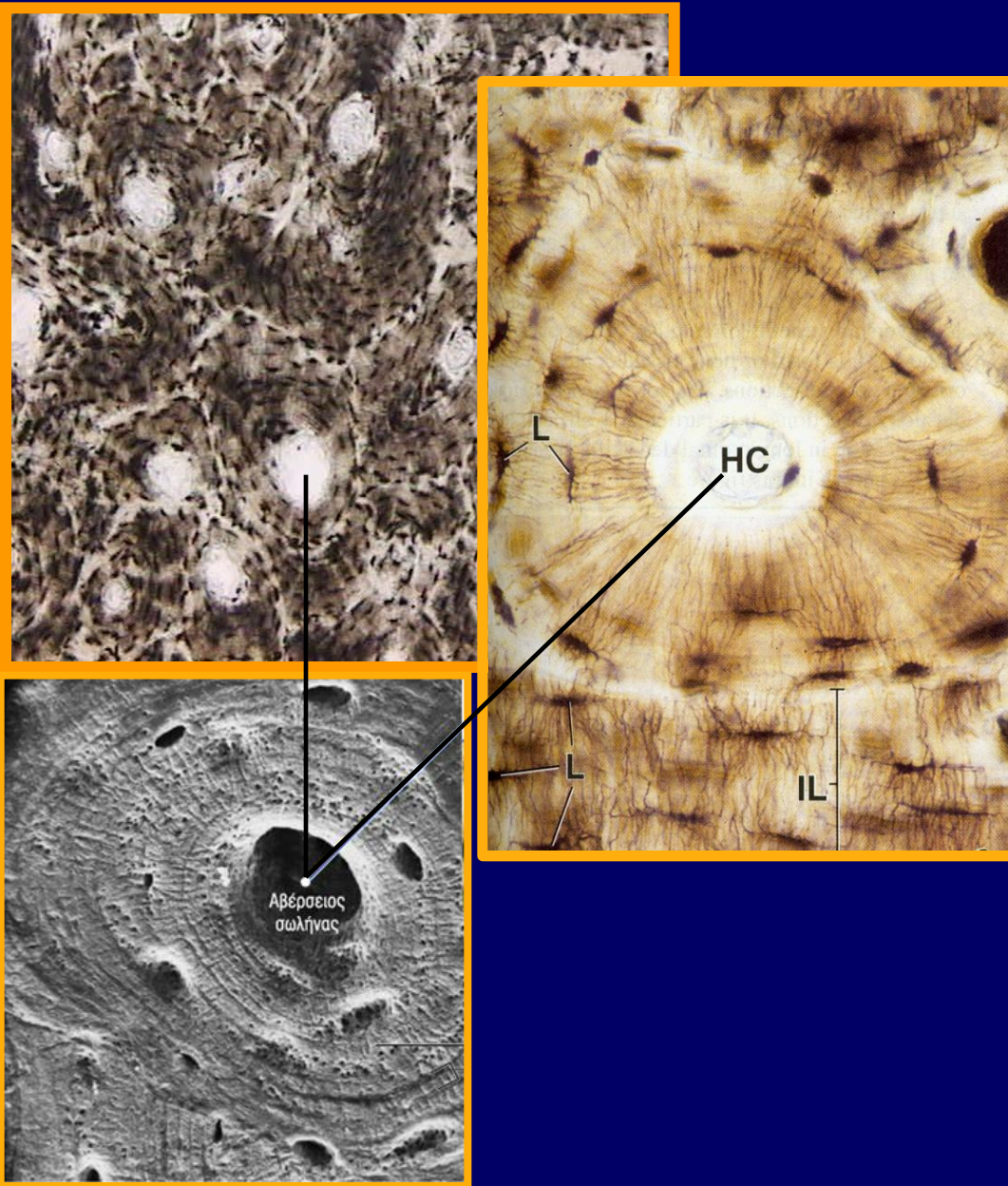
- δίκτυο οστικών δοκίδων



Ενδόστεο: στιβάδα οστεοπρογονικών κυττάρων που επενδύουν:

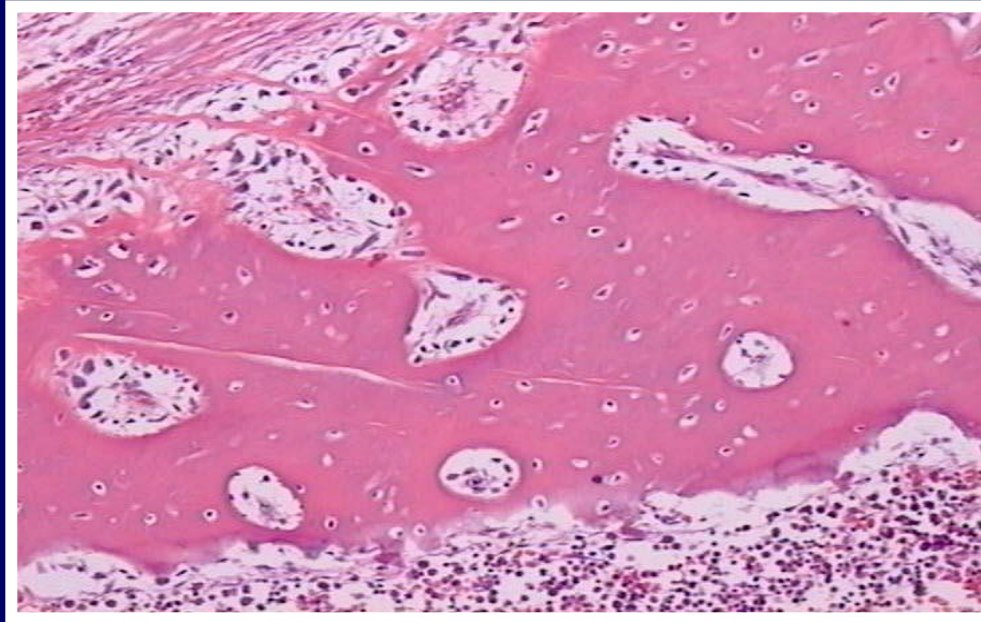
- εσωτερικά τον σωλήνα του Havers στους οστεώνες
- την εσωτερική επιφάνεια του φλοιώδους οστού
- τις εξωτερικές επιφάνειες των οστικών δοκίδων

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

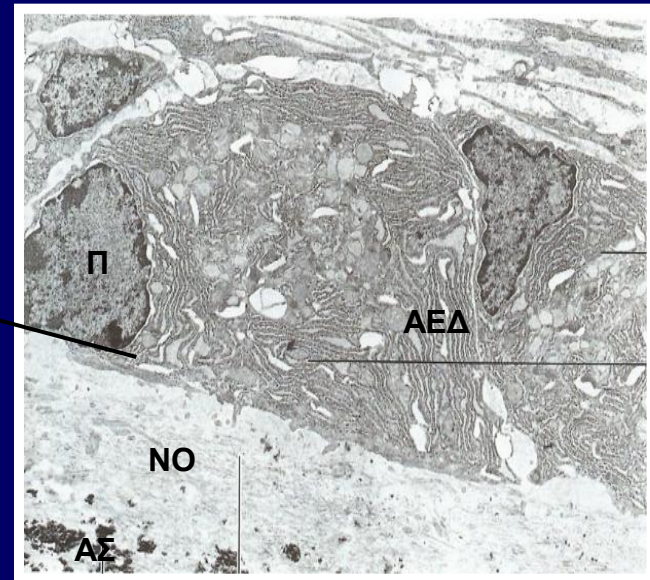


- οστικά αρχέγονα κύτταρα ή οστεοπρογονικά
 - οστεοβλάστες
 - οστεοκύτταρα
-
- οστεοκλάστες

Οστεοβλάστες



Source: Histology, a text and atlas, Ross and Pawlina, 6th ed.



βέλη: οστεοβλάστη, ΝΟ: μη-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

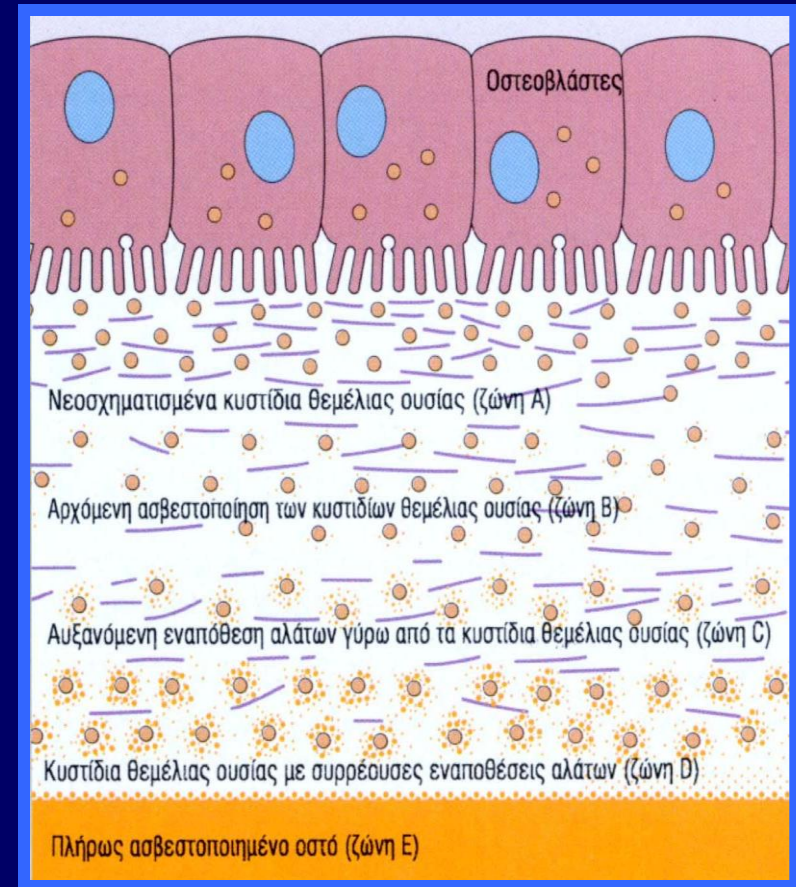
Ασβεστοποίηση οστεοειδούς

Εναπόθεση ανόργανων αλάτων στο οστεοειδές → ακαμψία οστών

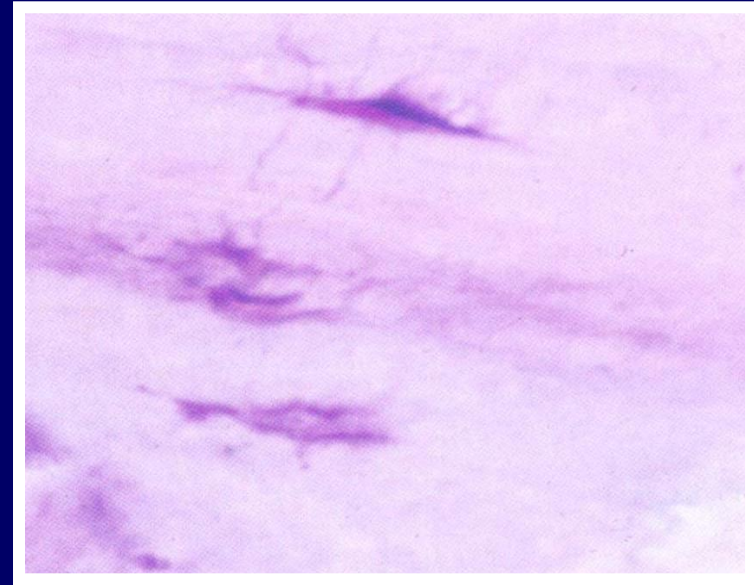
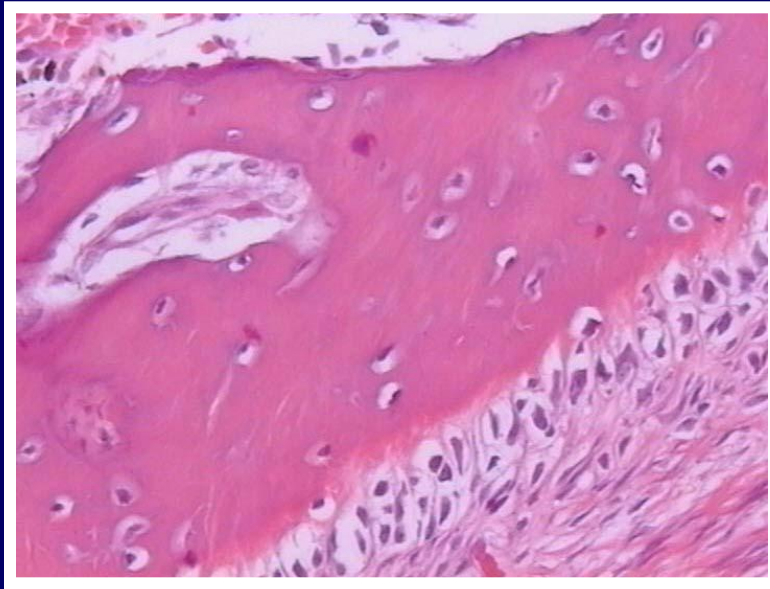
- η οστεοκαλσίνη (στην ΕΘΟ) δεσμεύει Ca^{++}
- παραγωγή από τις οστεοβλάστες **κυστιδίων θεμέλιας ουσίας** που είναι πλούσια στα ένζυμα **αλκαλική φωσφατάση** (αύξηση της τοπικής συγκέντρωσης ιόντων Ca^{++} και PO_4^-) συσσωρεύουν γύρω τους ιόντα Ca^{++} , PO_4^-



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



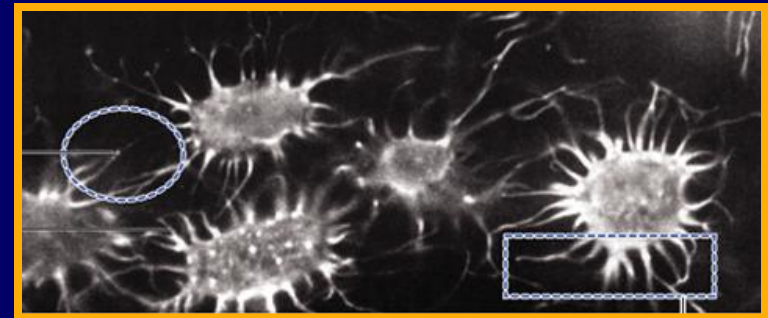
Σε φυσιολογικούς ρυθμούς οστεογένεσης, η **ασβεστοποίηση** γίνεται λίγο μετά το σχηματισμό νέου **οστεοειδούς**.



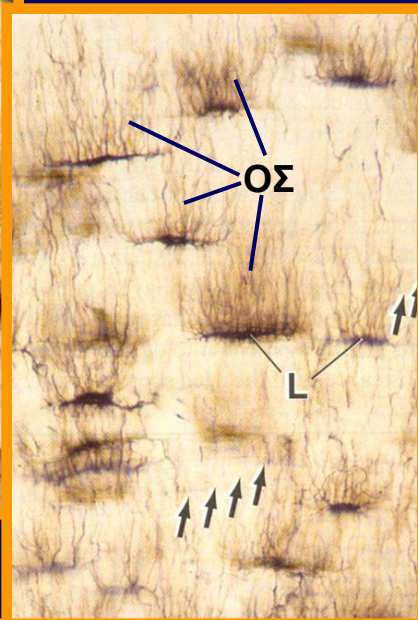
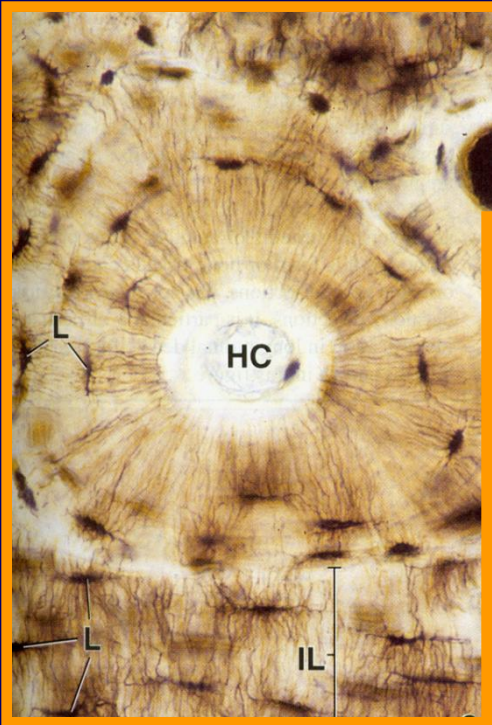
- προέρχονται από τις οστεοβλάστες
- βρίσκονται στα **οστικά βοθρία** και περιβάλλονται από οστεοποιούμενη εξωκυττάρια ουσία (εφαλατωμένο οστεοειδές)
- συμβάλλουν στη διατήρηση του οργανικού στοιχείου της εξωκυττάριας ουσίας

Οστεοκύτταρα

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

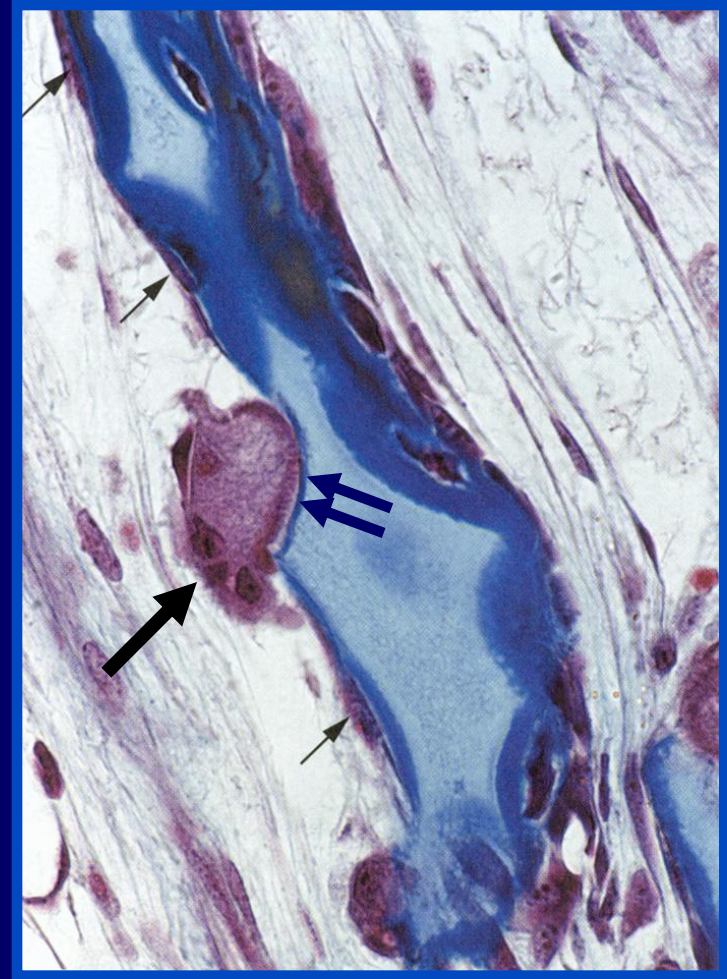


- Μέσω των οστικών σωληναρίων επιτυγχάνεται η επικοινωνία των οστεοκυττάρων με:
 - γειτονικά οστεοκύτταρα
 - εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του οστού
 - αιμοφόρα αγγεία



Οστεοκλάστες

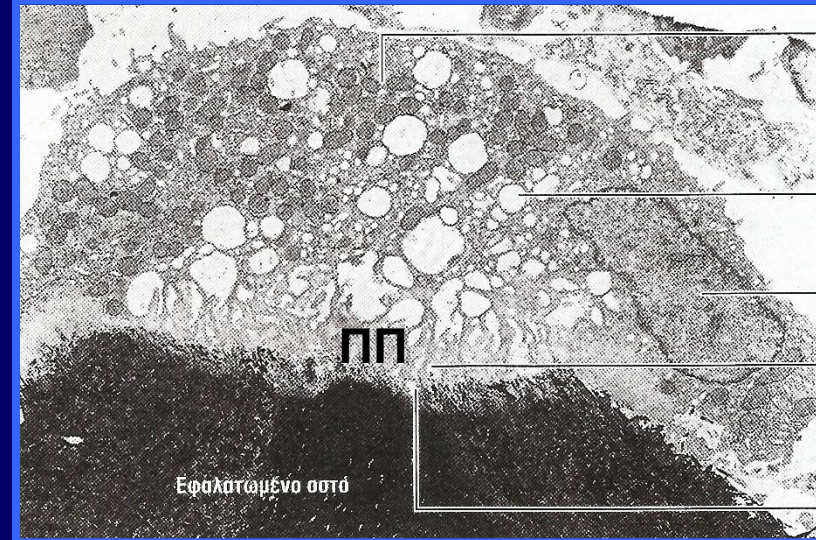
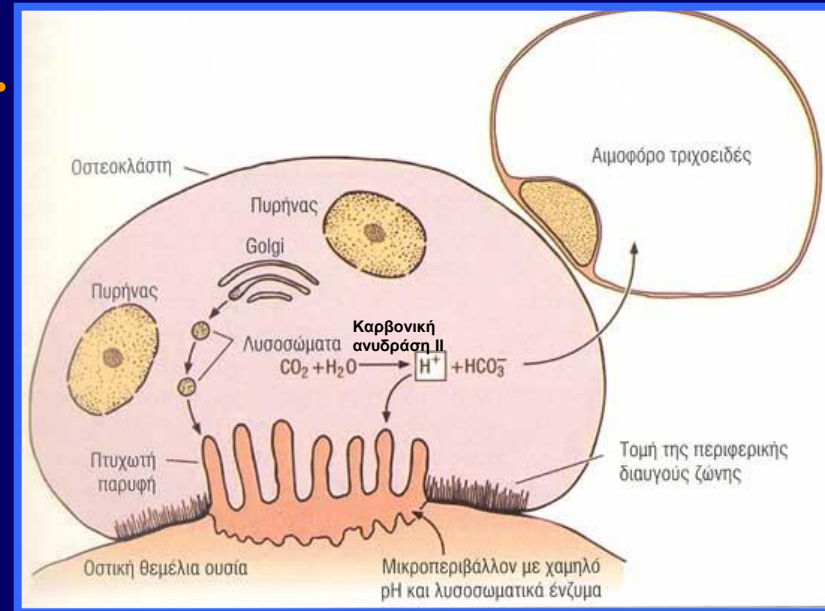
- προέρχονται από τα μονοκύτταρα του αίματος, μετά από σύντηξη κυττάρων
- μεγάλα πολυπύρρηνα κύτταρα με άφθονο κυτταρόπλασμα (**λυσosώματα**, συσκευή Golgi, εκκριτικά κυστίδια, μιτοχόνδρια)
- προσκολλώνται στην ελεύθερη οστική επιφάνεια σε **θέσεις ενεργής απορρόφησης του οστού** διαμορφώνοντας τα **βοθρία 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 βασική της πλευρά. Σχηματισμός **πτυχωτής παρυφής**.
- **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 Ca^{++} και 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**.



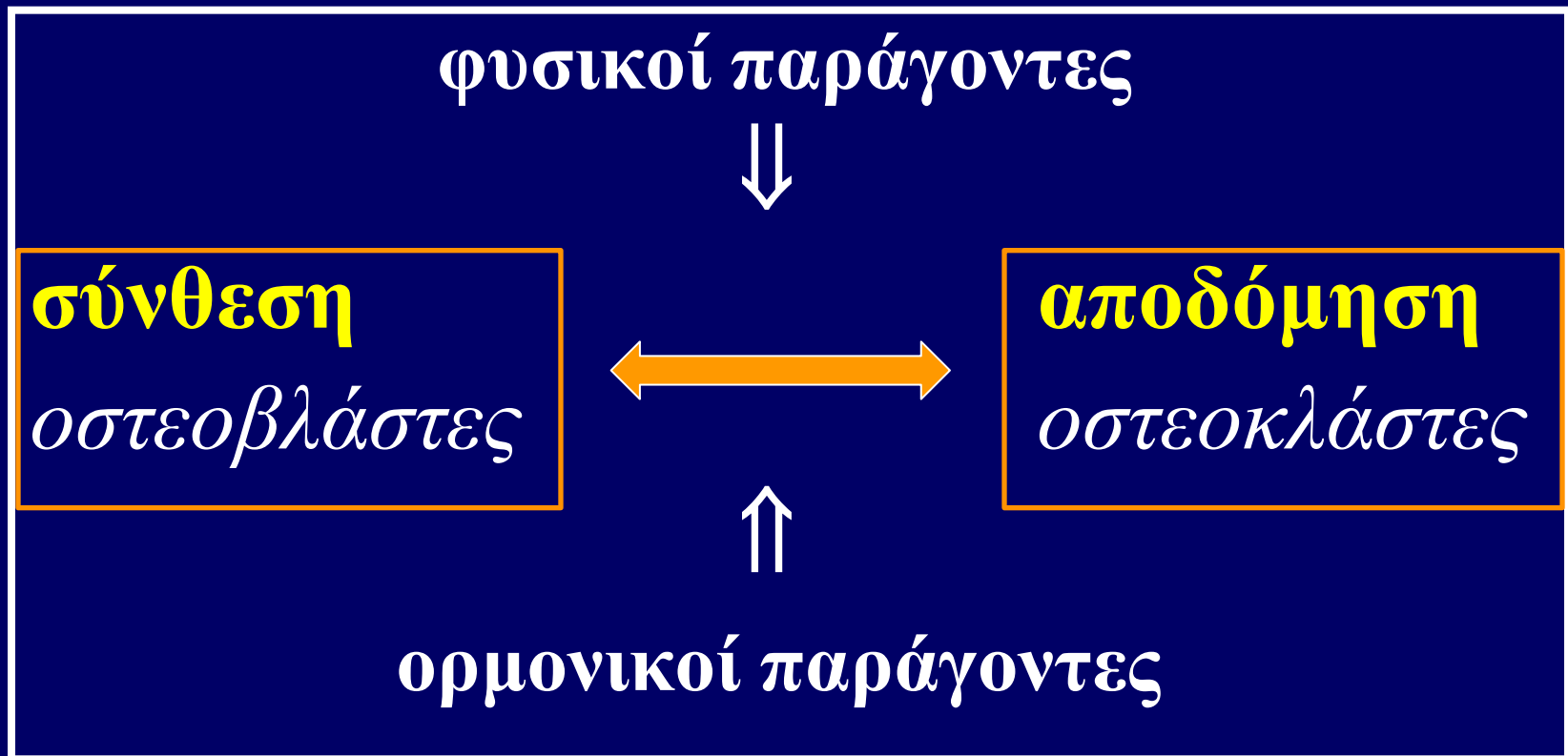
ΠΠ: πτυχωτή παρυφή

Αναδόμηση οστού

19

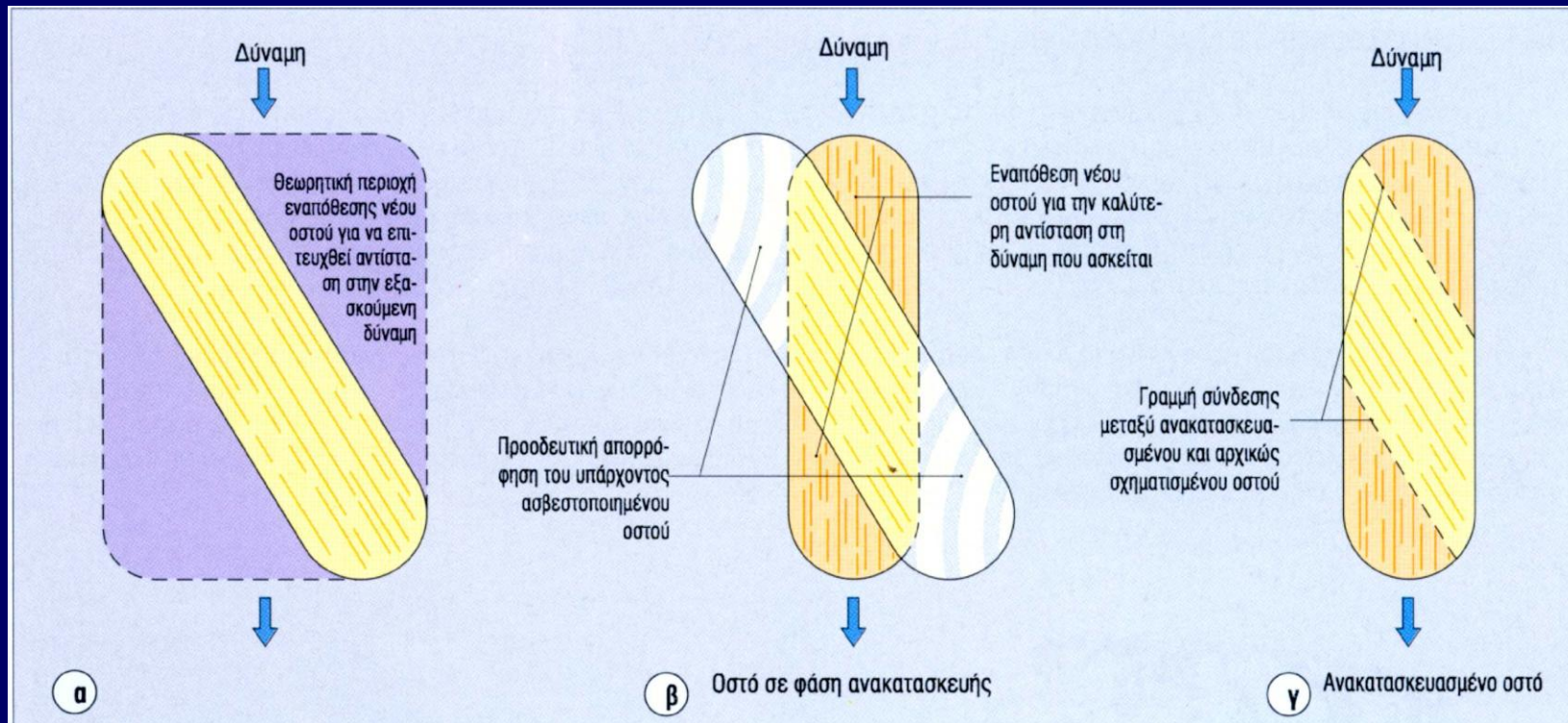
Σκοπός: να εξασφαλισθεί το βέλτιστο της οστικής ισχύος επιδιορθώνοντας μικροσκοπικές βλάβες και διατηρώντας το ισοζύγιο του ασβεστίου.

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
- Αποτέλεσμα: $\uparrow \text{Ca}^{++}$ στο αίμα

- καλσιτονίνη (κύτταρα C θυρεοειδούς)

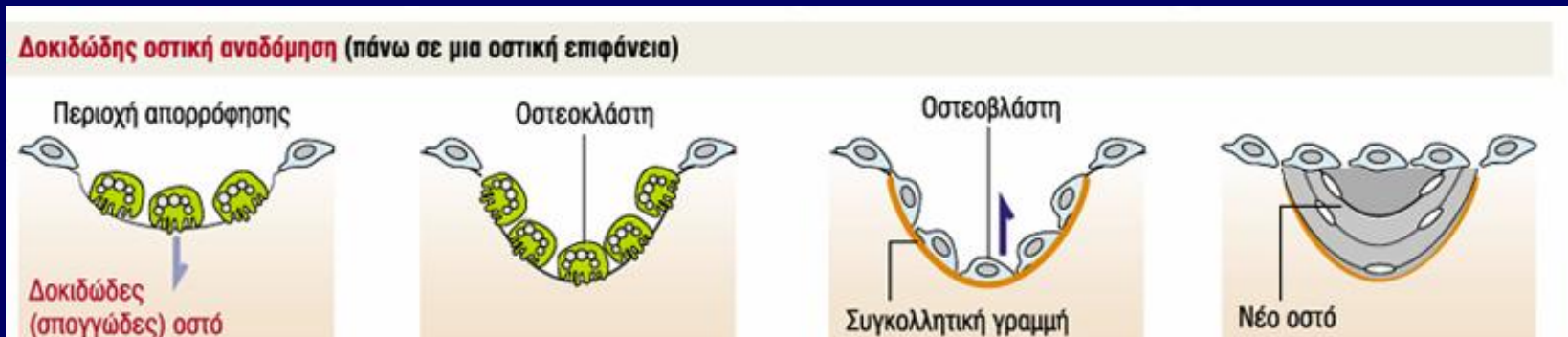
Δρα όταν τα επίπεδα Ca^{++} στο αίμα είναι υψηλά

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

Αναδόμηση οστού

συνεργασία οστεοκλαστών-οστεοβλαστών

Αναδόμηση σε δοκίδα (σπογγώδης/δοκιδώδης ζώνη)



Αναδόμηση σε οστεώνα (φλοιώδης ζώνη)



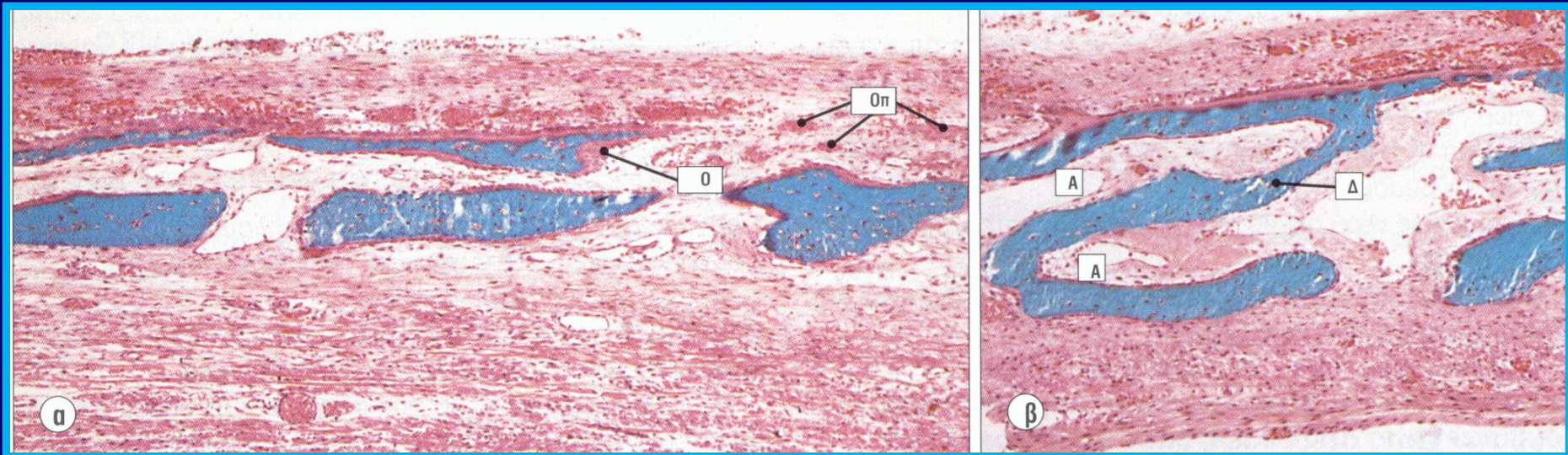
Εμβρυικός σχηματισμός νέου οστού

- **ενδομεμβρανώδης οστεοποίηση:**

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

- **ενδοχόνδρια οστεοποίηση:**

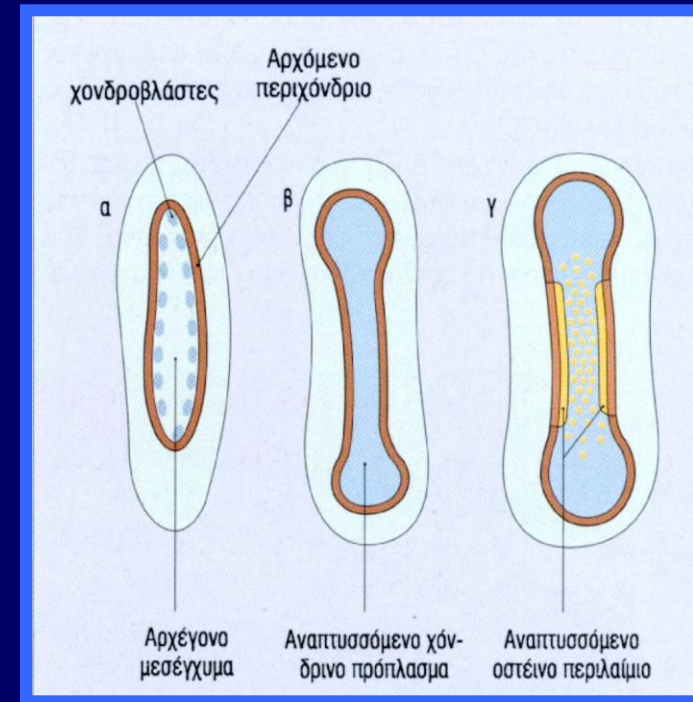
δημιουργία οστού από προσχηματισμένο χόνδρο (υαλοειδή), με εναπόθεση οστικής θεμέλιας ουσίας σε προϋπάρχουσα θεμέλια ουσία χόνδρου.



- 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)

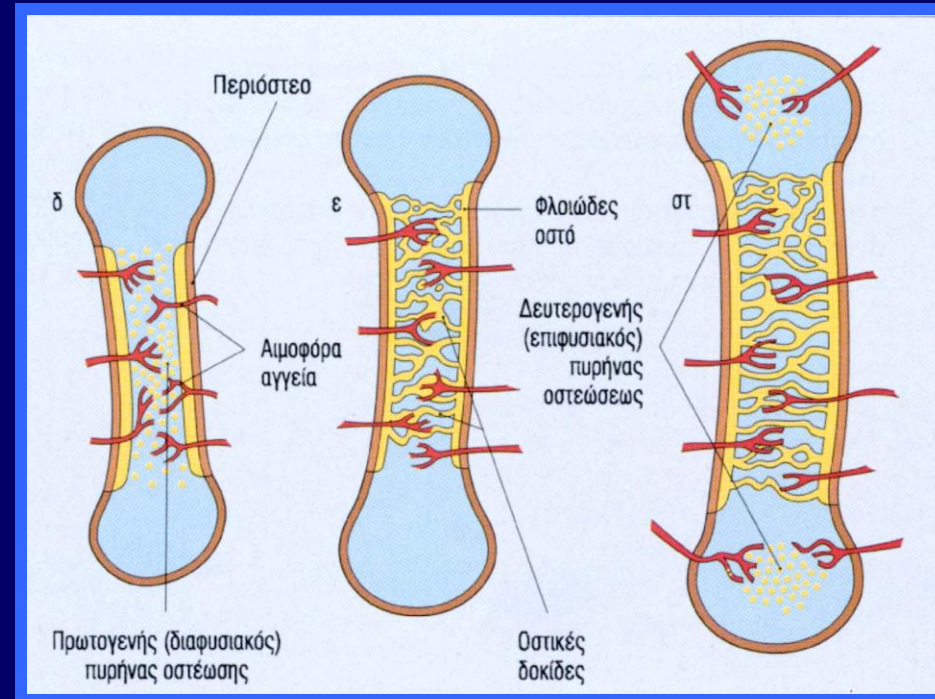
Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

- 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 → **περίοστεο**). 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**.



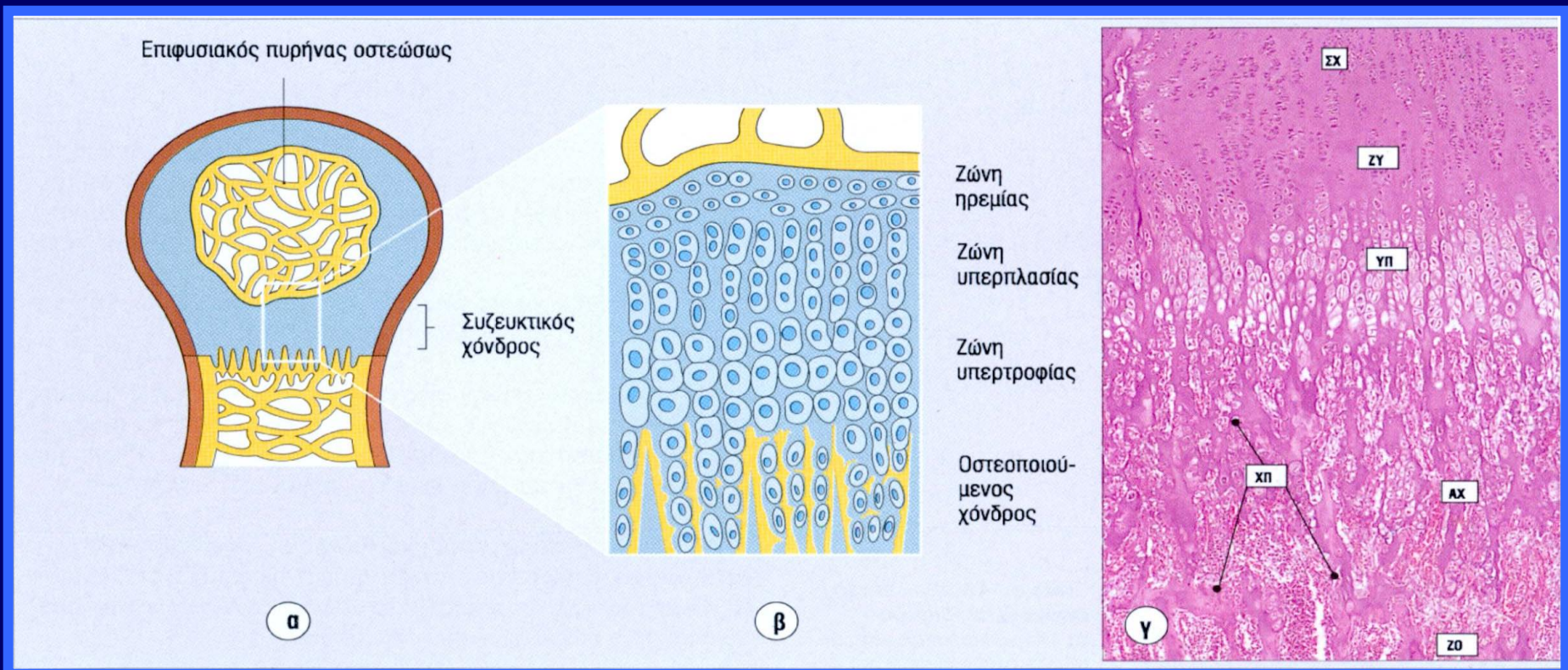
Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

- 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 → **πρωτογενής (διαφυσιακός) πυρήνας οστέωσης**
- ανάπτυξη δοκιδώδους οστού στο εσωτερικό της διάφυσης. Οι επιφύσεις παραμένουν χόνδρινες.
- κοντά στη γέννηση: μετανάστευση μεσεγχυματικών κυττάρων μέσω αγγείων → οστεοβλάστες → **δευτερογενής πυρήνας οστέωσης.**



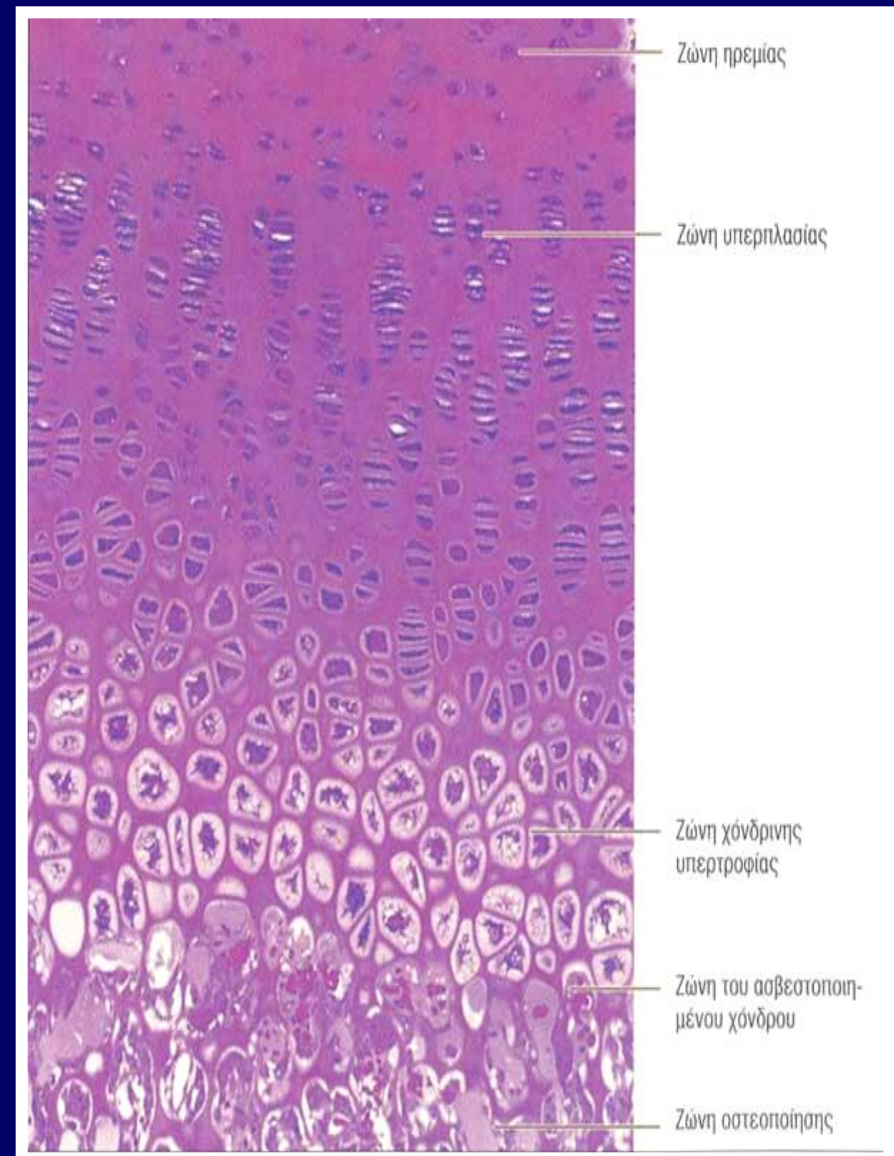
Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

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

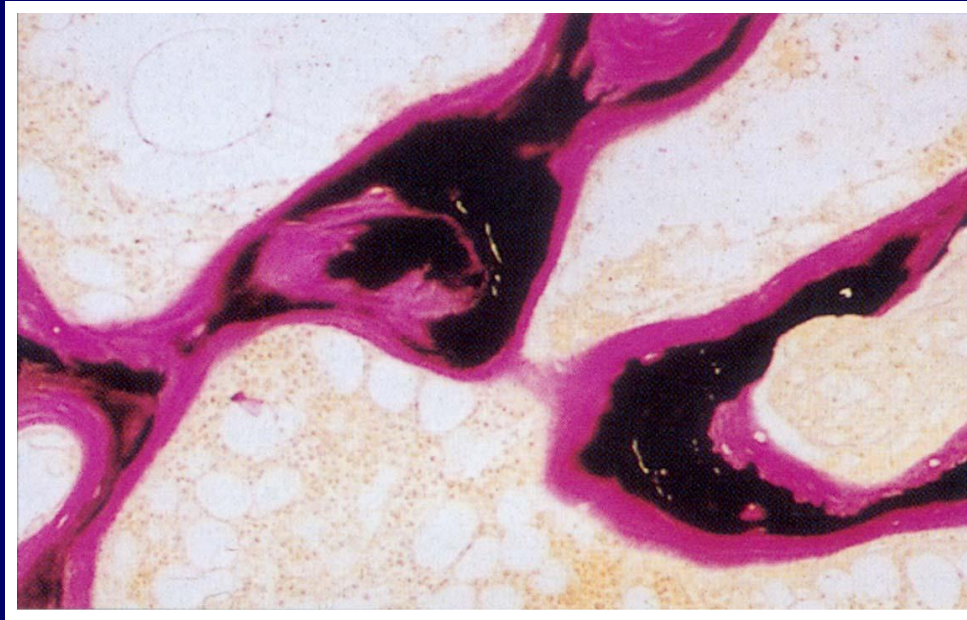


Συζευκτικός χόνδρος

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



Οστεομαλακία



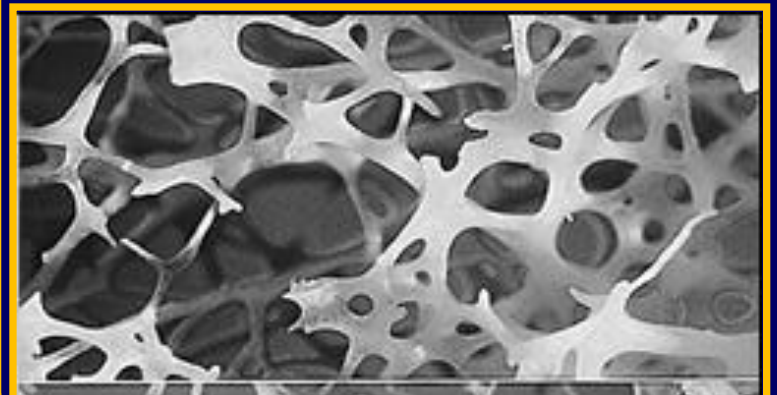
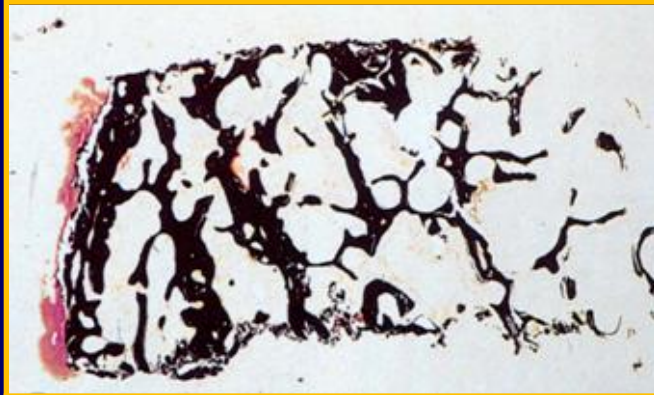
- διαταραχή της οστεοποίησης λόγω χαμηλού Ca^{++} και PO_4^- στο αίμα
- συχνά κατάγματα
- στην παιδική ηλικία → ραχίτιδα (μόνιμη δυσμορφία των οστών)

Οστεοπόρωση

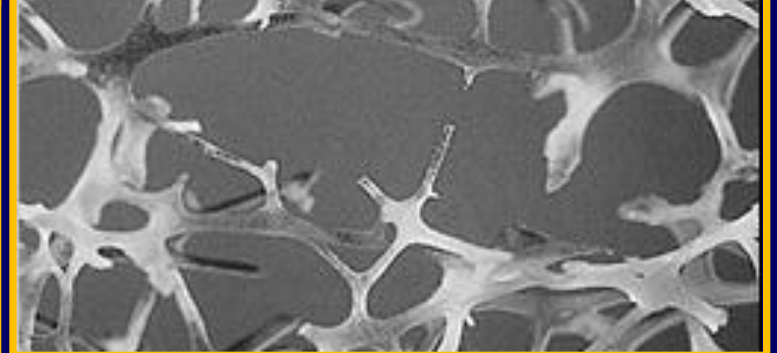
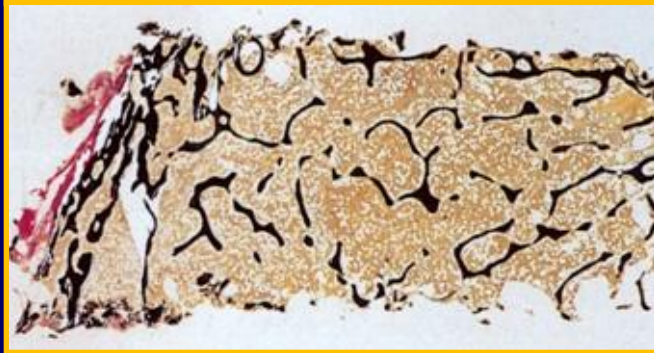
Οπτικό μικροσκόπιο

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.