



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

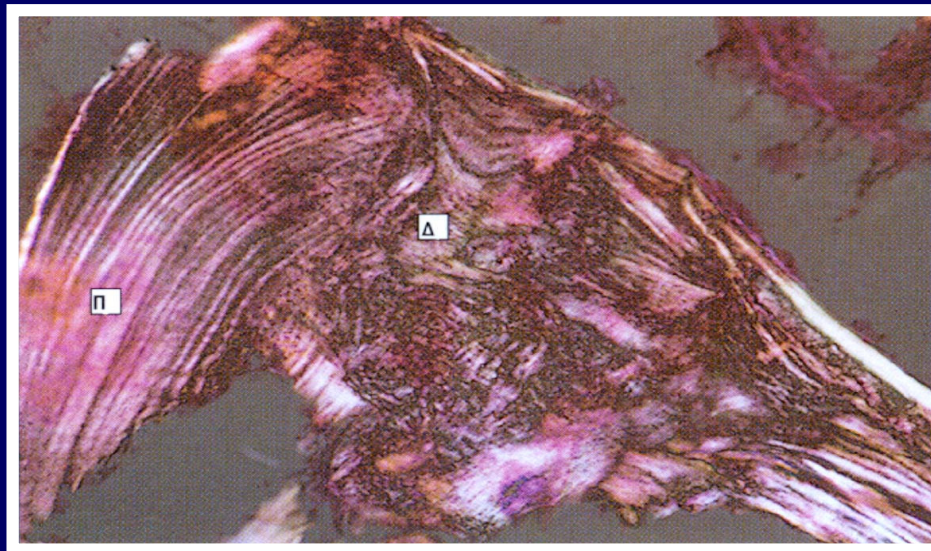
- **οργανική** εξωκυττάρια ουσία:
οστεοειδές
(κολλαγόνο τύπου I, ΓΑΓ,
γλυκοπρωτεΐνες)
- **ανόργανη** εξωκυττάρια ουσία:
κυρίως **άλατα υδροξυαπατίτη**

Οστεοειδές

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

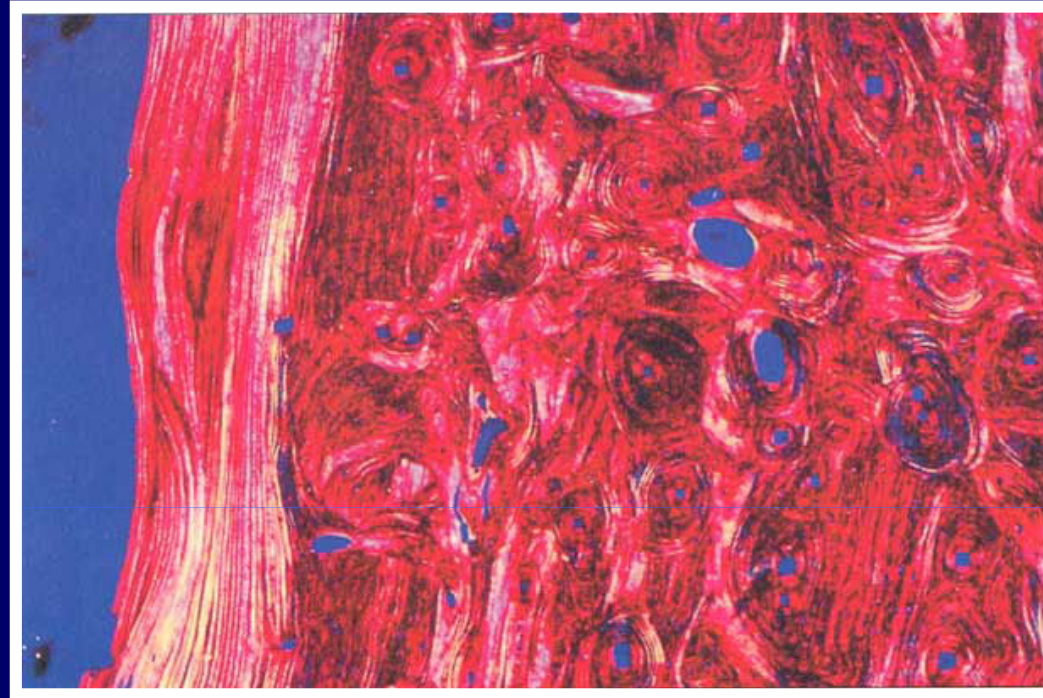
- **90% κολλαγόνο τύπου I :**
πολυμερές τριπλής έλικας τριών πολυπεπτιδικών α-αλύσων,
ελλατωματικό κολλαγόνο: εύθραυστα οστά (ατελής οστεογένεση)
- **γλυκοζαμινογλυκάνες**
υαλουρονικό οξύ
θειική χονδροϊτίνη
θειική κερατάνη
- **γλυκοπρωτεΐνες**
οστεοκαλσίνη
οστική σιαλοπρωτεΐνη
οστεονεκτίνη
οστεοποντίνη

Είδη οστίτη ιστού ανάλογα με τη διάταξη των ινών κολλαγόνου



- **Δικτυωτό (πρωτογενές): τυχαία** διάταξη ινών κολλαγόνου, λιγότερα ανόργανα άλατα, περισσότερα οστεοκύτταρα ⇒ **μειωμένη μηχανική ισχύ**
- **Πεταλιώδες (δευτερογενές): παράλληλη** διάταξη ινών κολλαγόνου ⇒ διαμόρφωση πεταλίων ⇒ **μηχανική ισχύ**

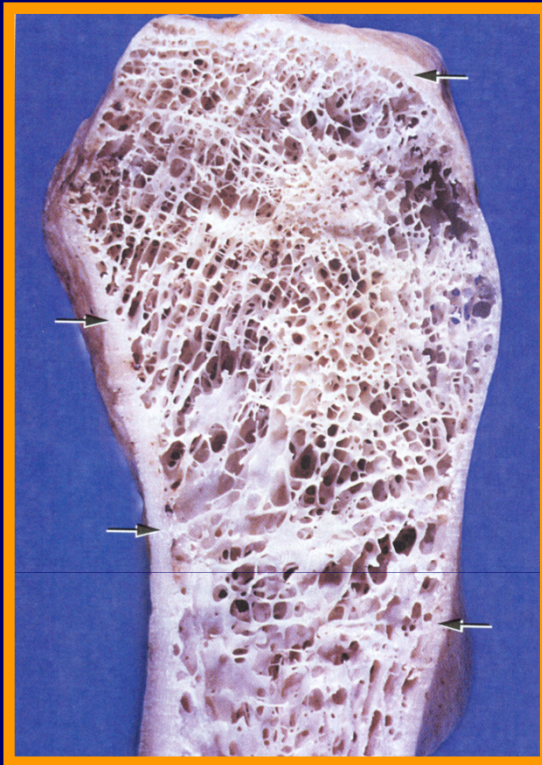
Πεταλιώδες οστό



πετάλια κολλαγόνου **παράλληλα** διατεταγμένα μεταξύ τους ή **συγκεντρικά** γύρω από αγγειακούς άξονες \Rightarrow **οστεόνες** ή **συστήματα Havers**

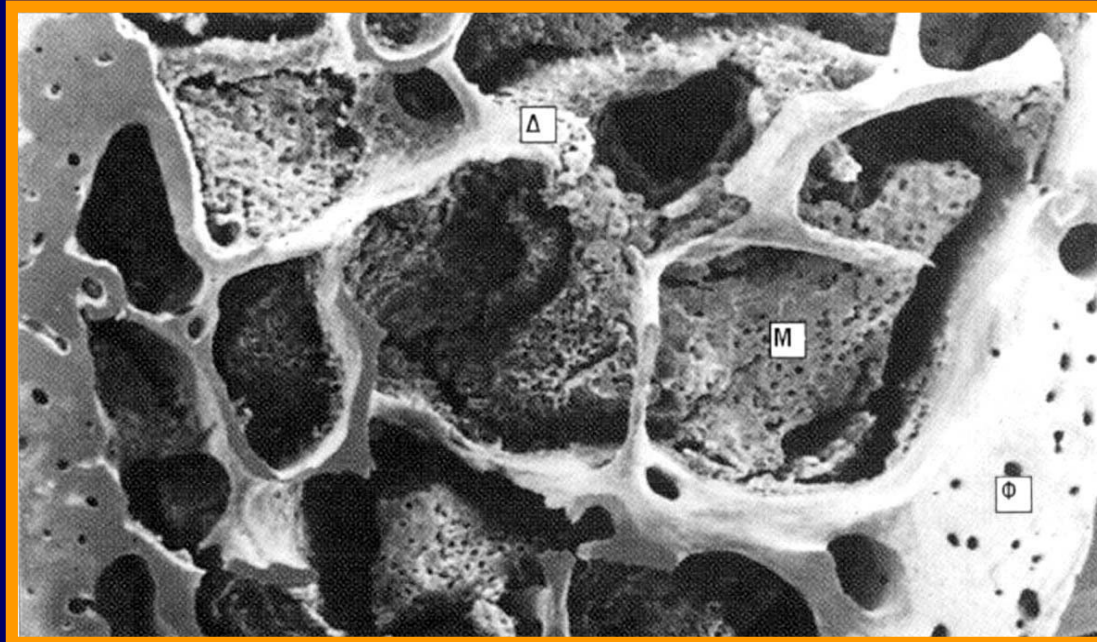
Αρχιτεκτονική δομή του οστού

8



Φ: φλοιός, Δ: δοκίδα, Η: 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

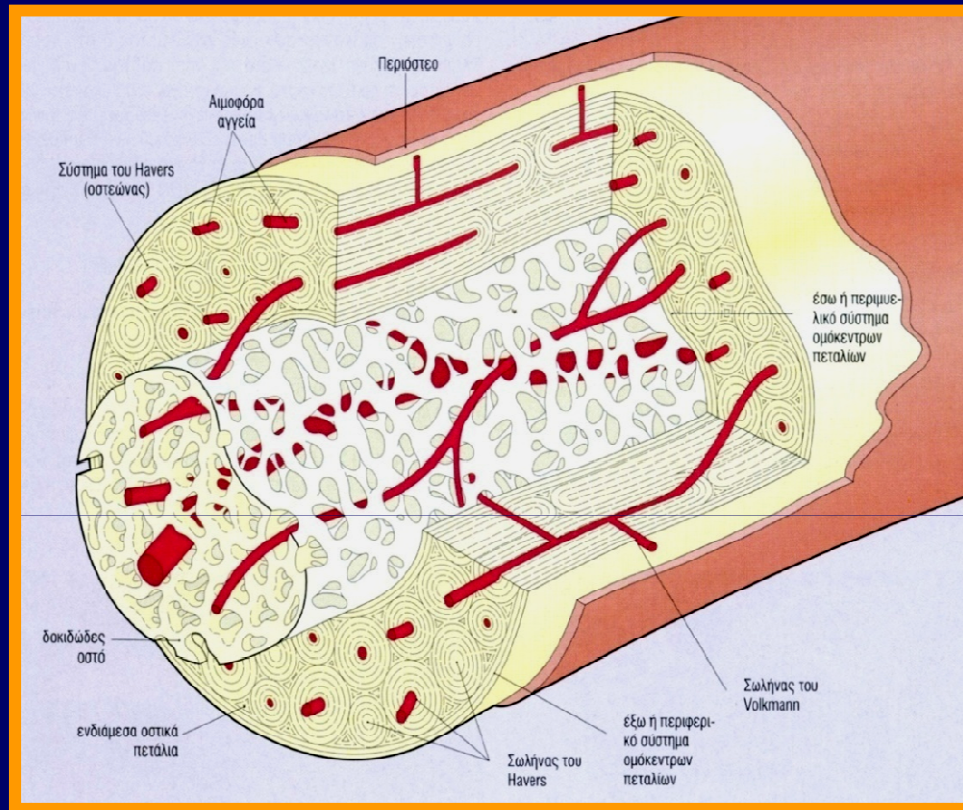


Φ: φλοιός, Δ: δοκίδα, Μ: μυελός

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

Σχηματική δομή οστού

10



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

Φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη:

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

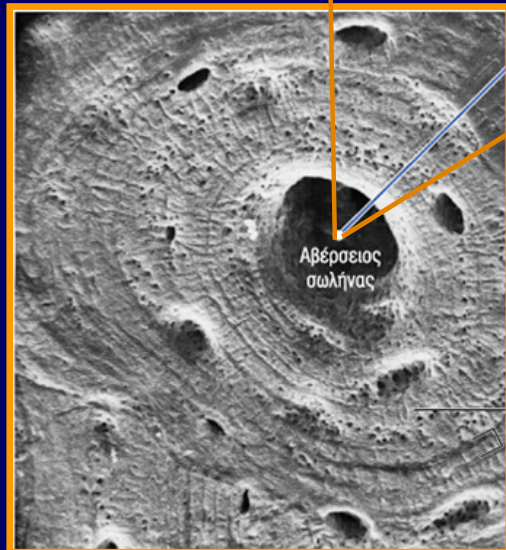
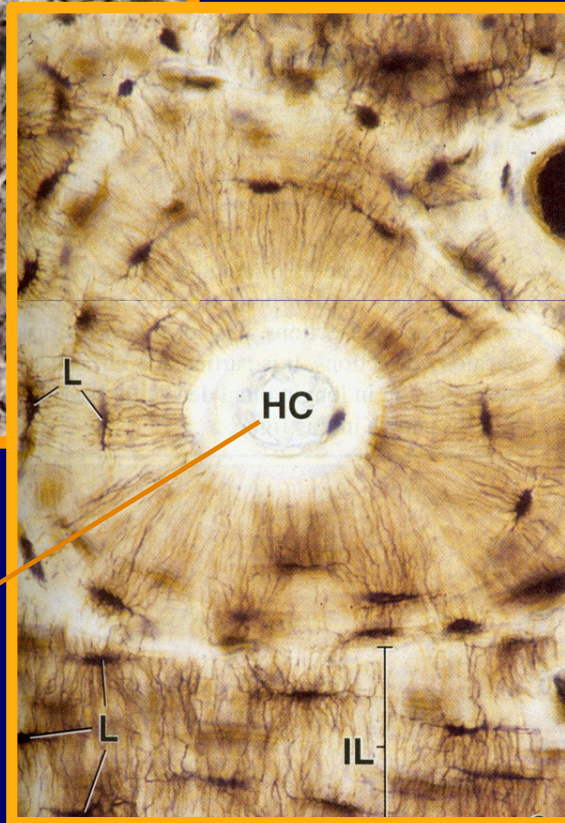
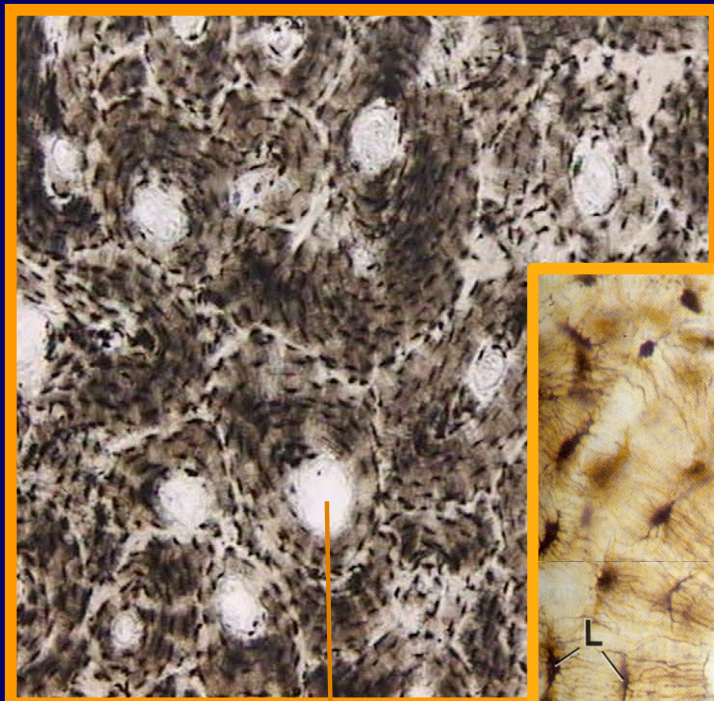
Δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη

- δίκτυο οστικών δοκίδων

Ενδόστεο: στιβάδα οστεοπρογονικών κυττάρων που επενδύουν

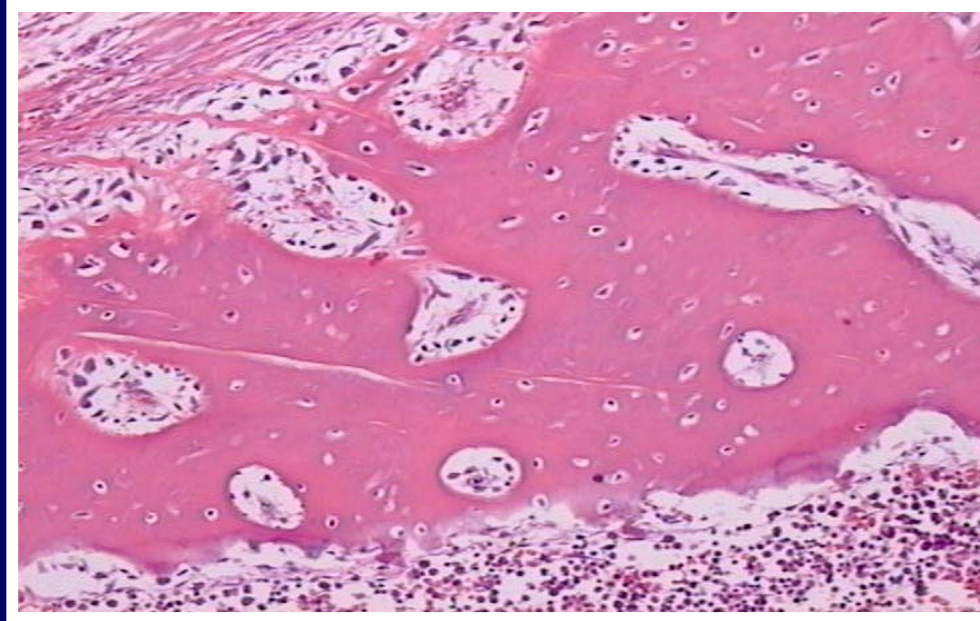
- εσωτερικά τον σωλήνα του Havers στους οστεώνες
- την εσωτερική επιφάνεια του φλοιώδους οστού
- τις εξωτερικές επιφάνειες των οστικών δοκίδων

Οστεώνας / σύστημα Havers / Αβέρσειο σύστημα



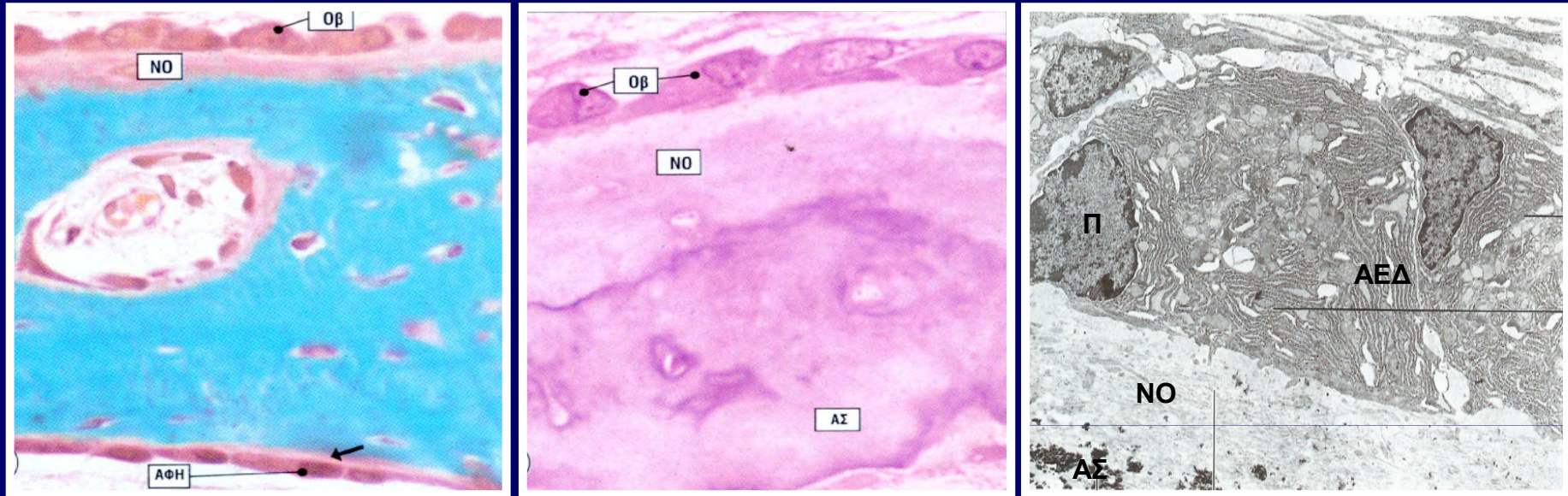
- **συγκεντρικά οστικά πετάλια** με οστεοκύτταρα σε βοθρία που επικοινωνούν με κυτταροπλασματικές αποφυάδες που διατρέχουν τα **οστικά σωληνάρια**
- **σωλήνας του Havers** : διέρχονται αιμοφόρα αγγεία

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

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

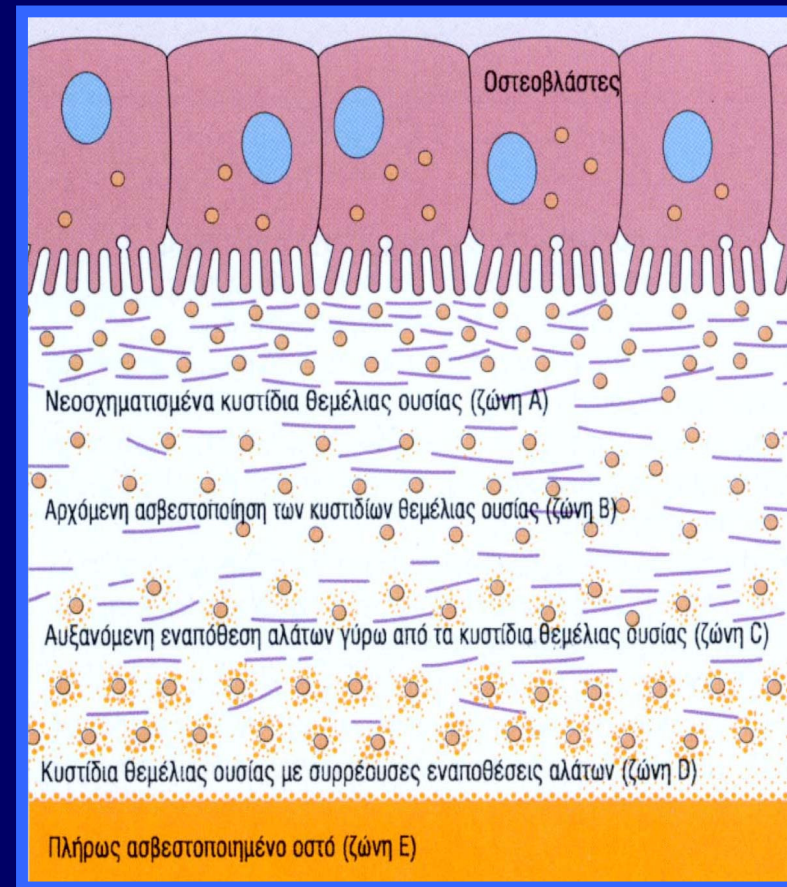
Ασβεστοποίηση οστεοειδούς

Εναπόθεση ανόργανων αλάτων στο οστεοειδές → ακαμψία οστών

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



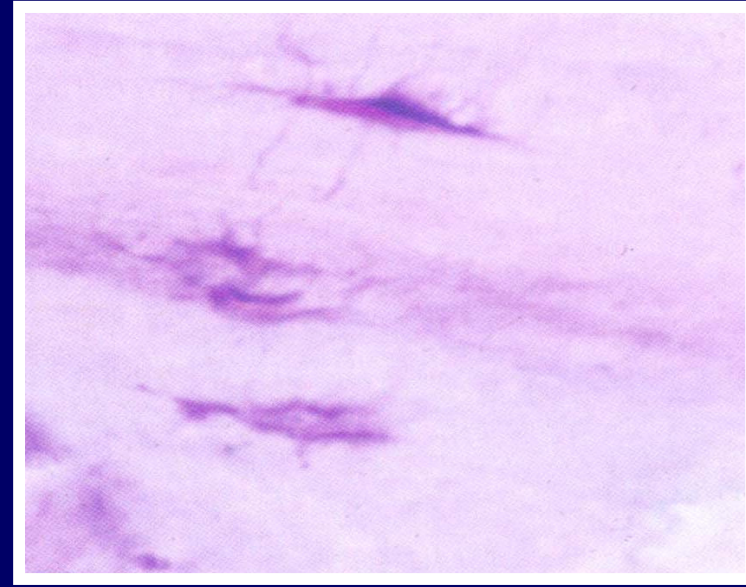
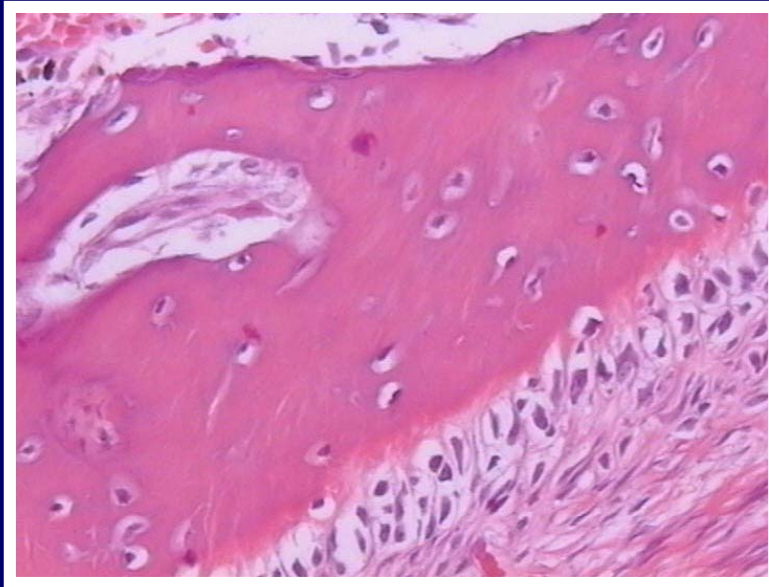
δημιουργούν τους πυρήνες εναπόθεσης υδροξυαπατίτη $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$



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

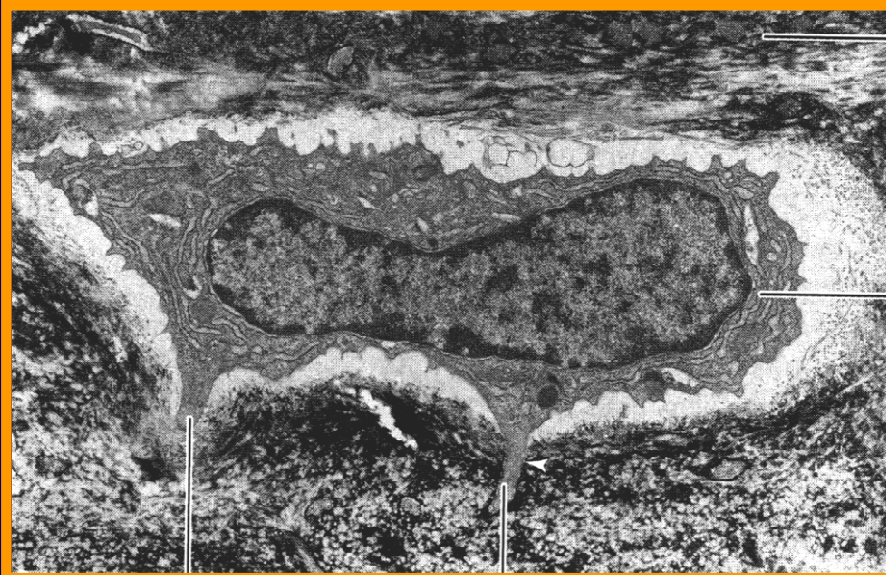
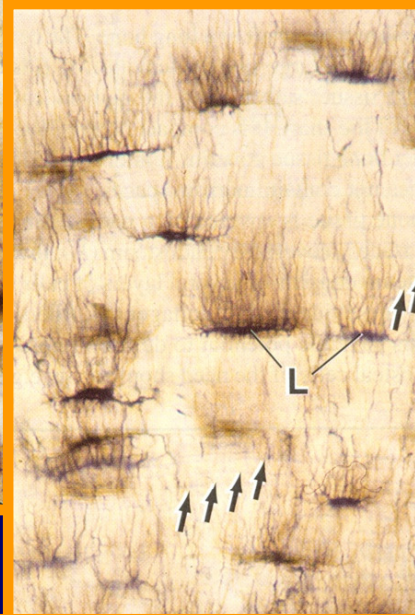
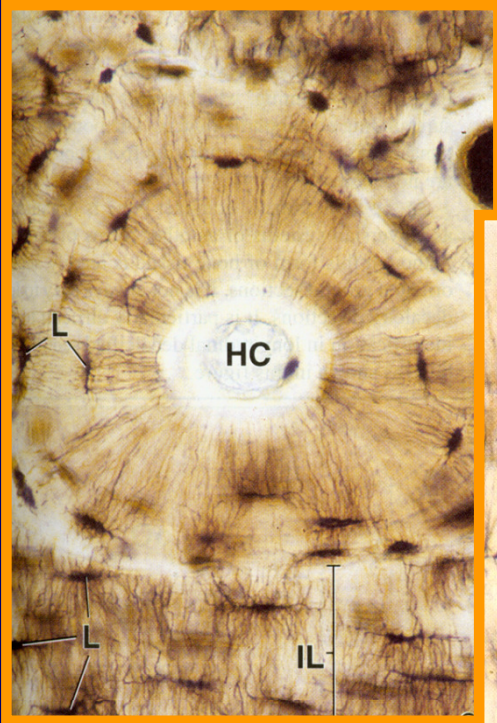
Οστεοκύτταρα

15

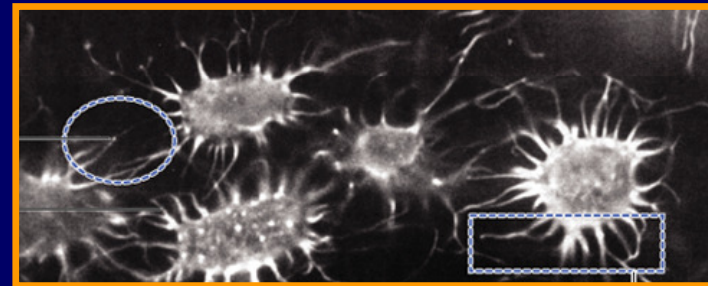


- προέρχονται από τις οστεοβλάστες
- βρίσκονται στα **οστικά βοθρία** και περιβάλλονται από οστεοποιούμενη εξωκυττάρια ουσία (εφαλατωμένο οστεοειδές)
- συμβάλλουν στη διατήρηση του οργανικού στοιχείου της εξωκυττάριας ουσίας

Οστεοκύτταρα



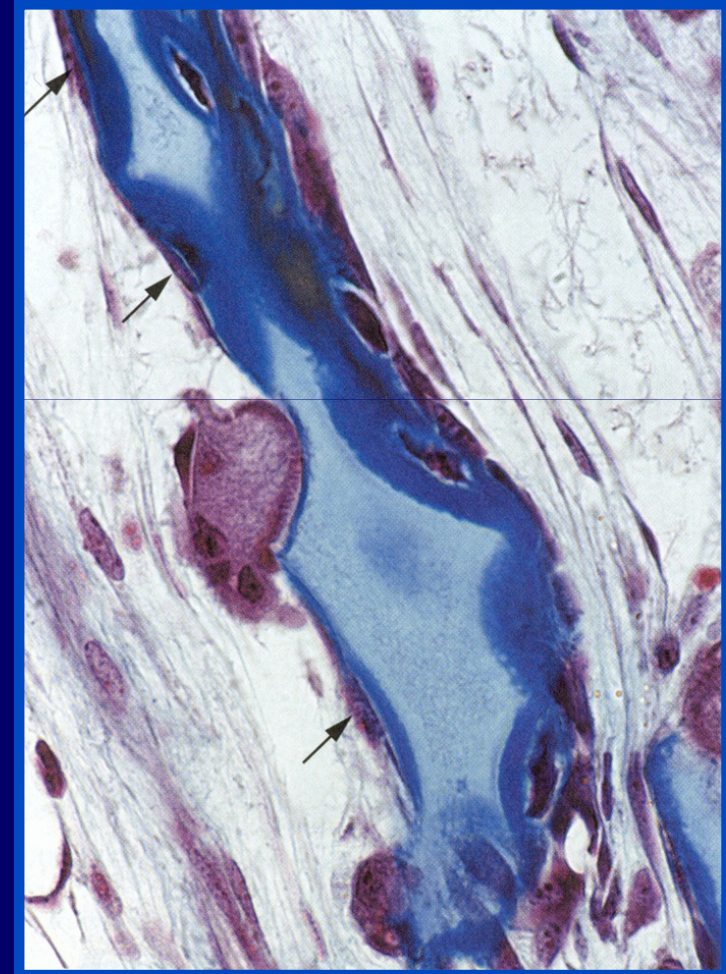
- Ένα οστεοκύτταρο βρίσκεται σε ένα βοθρίο
- Τα οστεοκύτταρα αλληλοσυνδέονται με κυτταροπλασματικές αποφυάδες που διατρέχουν τα οστικά σωληνάρια



- επιτυγχάνεται η επικοινωνία των οστεοκυττάρων με:
 - γειτονικά κύτταρα
 - εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του οστού
 - αιμοφόρα αγγεία

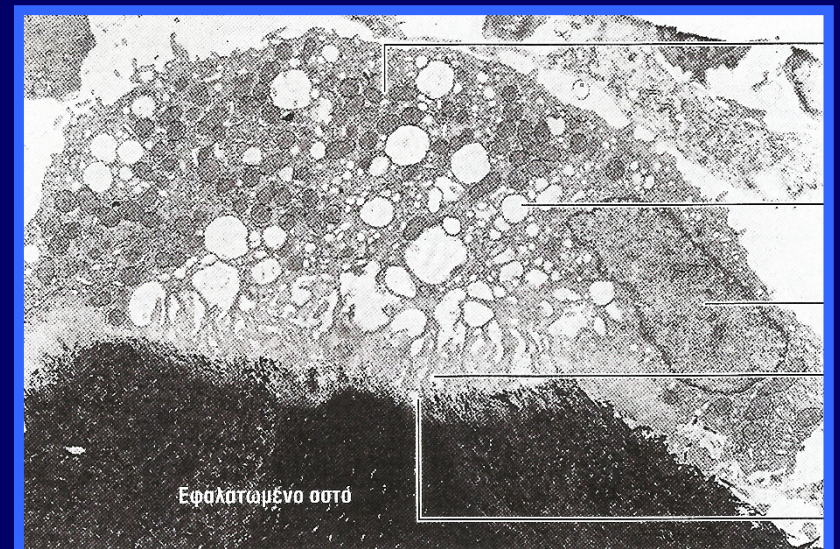
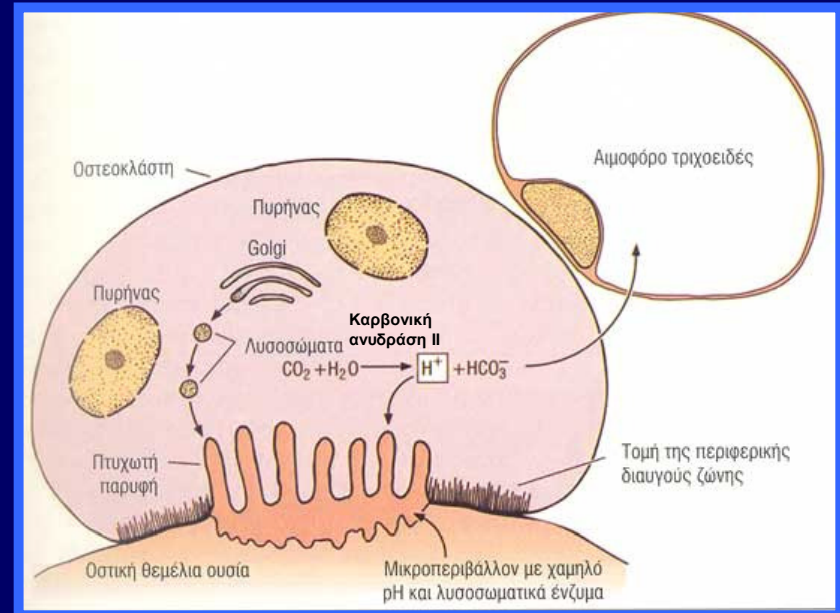
Οστεοκλάστες

- μεγάλα πολυπύρρηνα κύτταρα με άφθονο κυτταρόπλασμα (λυσosώματα, συσκευή Golgi, εκκριτικά κυστίδια, μιτοχόνδρια)
- προέρχονται από τα μονοκύτταρα του αίματος. Συντήκονται σχηματίζοντας πολυπύρρηνα κύτταρα.
- προσκολλώνται στην ελεύθερη οστική επιφάνεια σε θέσεις ενεργής απορρόφησης του οστού διαμορφώνοντας κοιλότητες απορρόφησης ή βοθρία του Howship



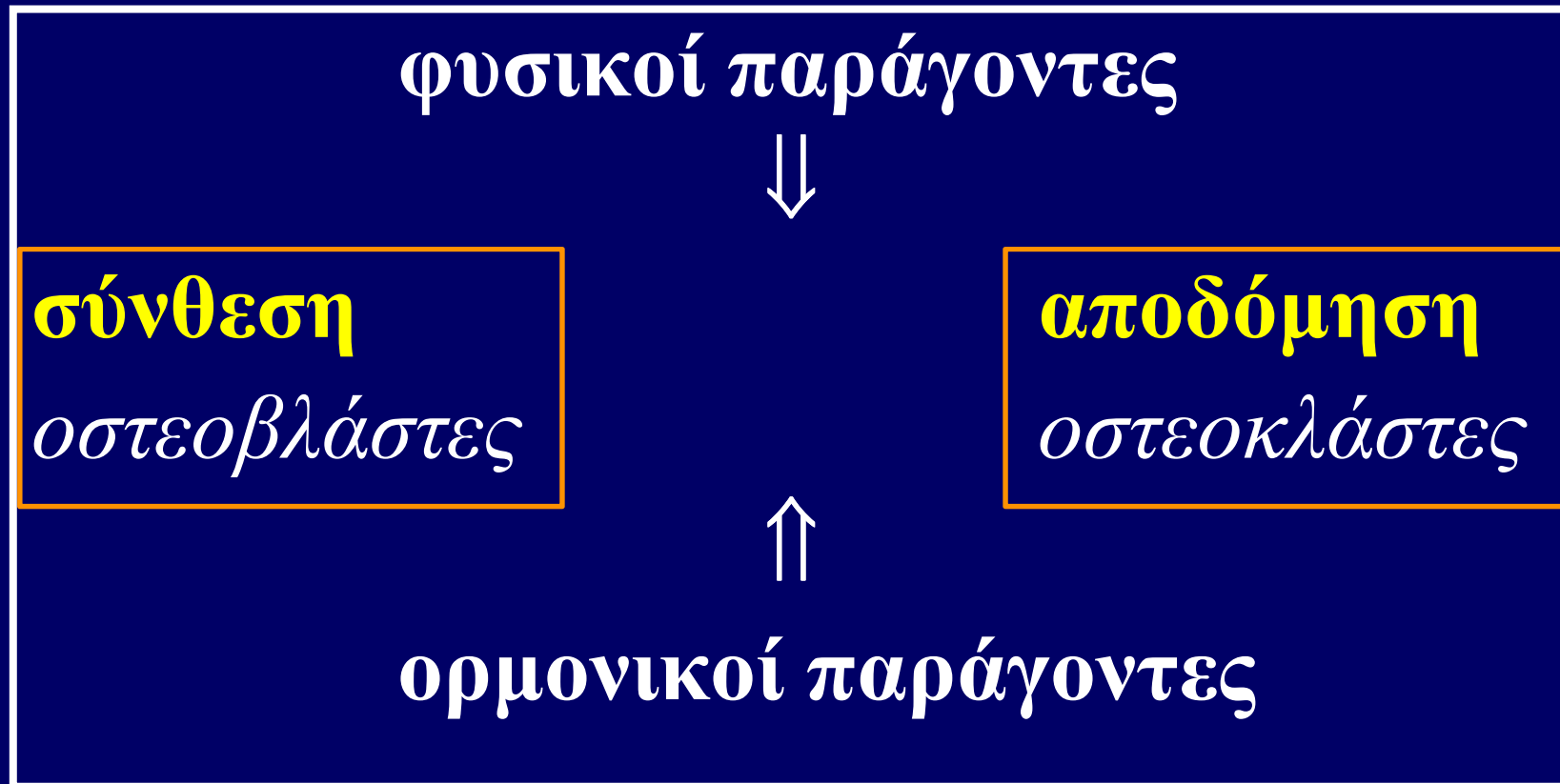
Απορρόφηση οστού από την οστεοκλάστη

- 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 (οστική αφαλάτωση)**.
- 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**.



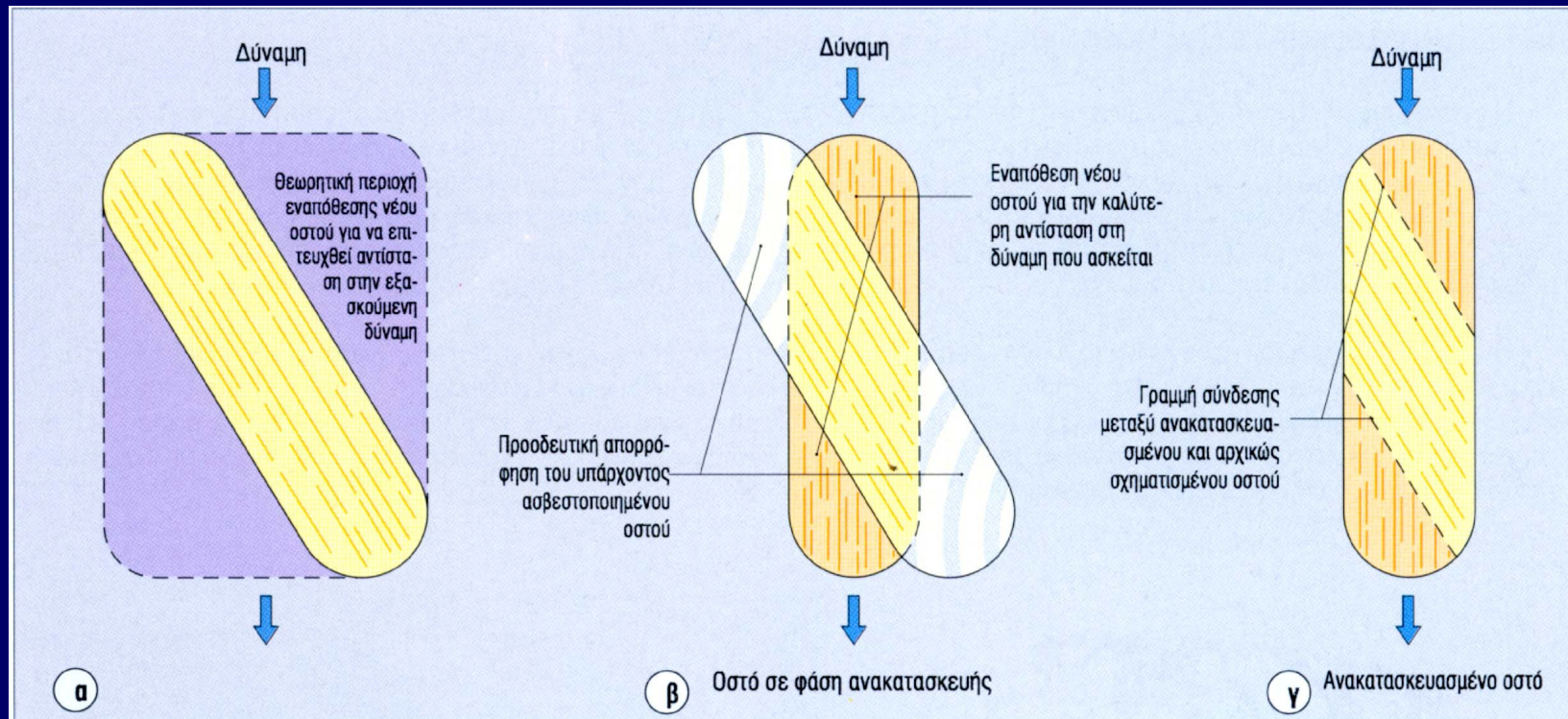
Αναδόμηση οστού

Ο οστίτης ιστός αναδομείται συνεχώς.




Αναδόμηση οστού


Φυσικοί παράγοντες



Αναδόμηση οστού

Ορμονικοί παράγοντες

- παραθορμόνη \Leftrightarrow καλσιτονίνη
- παραθορμόνη (παραθυρεοειδείς αδένες)
 - ενεργοποίηση οστεοκλαστών
 - \downarrow απέκκρισης Ca^{++} από τα νεφρά
 - \uparrow απορρόφησης Ca^{++} από το έντερο

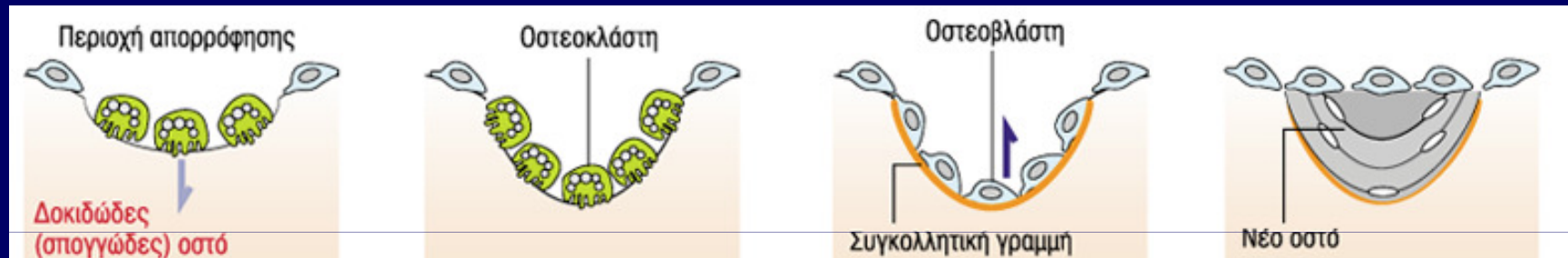
\uparrow Ca^{++} στο αίμα
- καλσιτονίνη (κύτταρα C θυρεοειδούς)
 - απενεργοποίηση οστεοκλαστών
 - \uparrow απέκκρισης από τα νεφρά Ca^{++} , PO_4^-

\downarrow Ca^{++}
και PO_4^-
στο αίμα

Αναδόμηση οστού

συνεργασία οστεοκλαστών-οστεοβλαστών

Αναδόμηση σε δοκίδια (σπογγώδης/δοκιδώδης ζώνη οστού)



Αναδόμηση σε οστεώνα (φλοιώδης ζώνη οστού)



Εμβρυικός σχηματισμός νέου οστού

- **ενδομεμβρανώδης οστεοποίηση:**

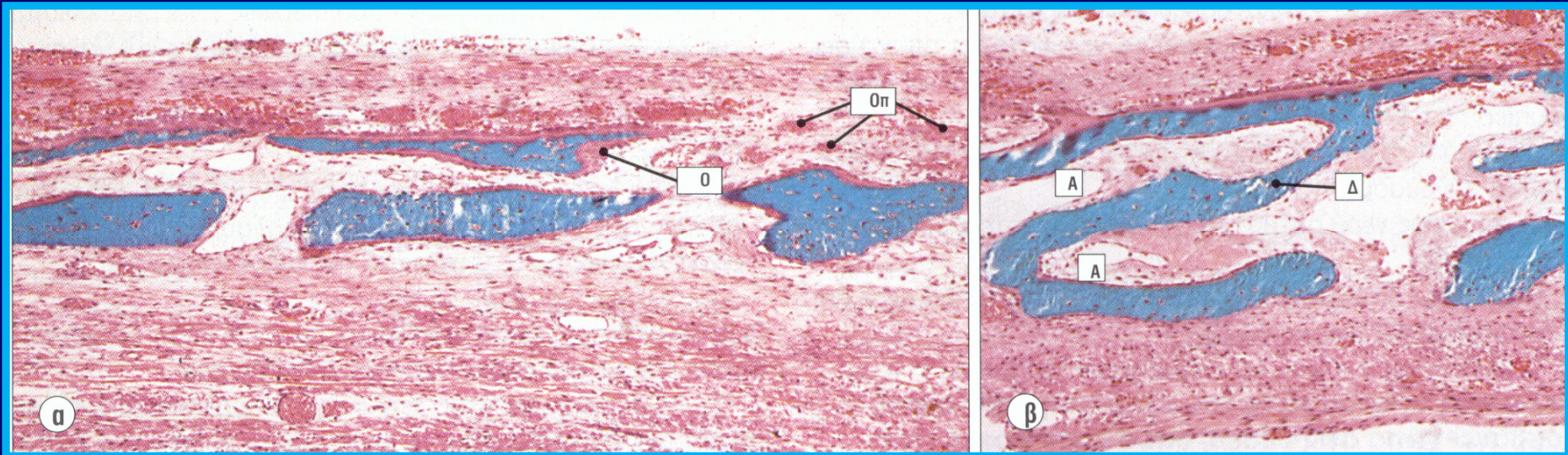
δημιουργία οστού από δεσμίδες μεσεγχυματικών κυττάρων που διατάσσονται σαν «μεμβράνες», και διαφοροποιούνται άμεσα σε οστεοπρογονικά κύτταρα και μετά σε οστεοβλάστες (παράγουν οστεοειδές που εφαιλατώνεται) **χωρίς την ανάγκη σχηματισμού προπλάσματος χόνδρου.**

- **ενδοχόνδρια οστεοποίηση:**

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

Ενδομεμβρανώδης οστεοποίηση

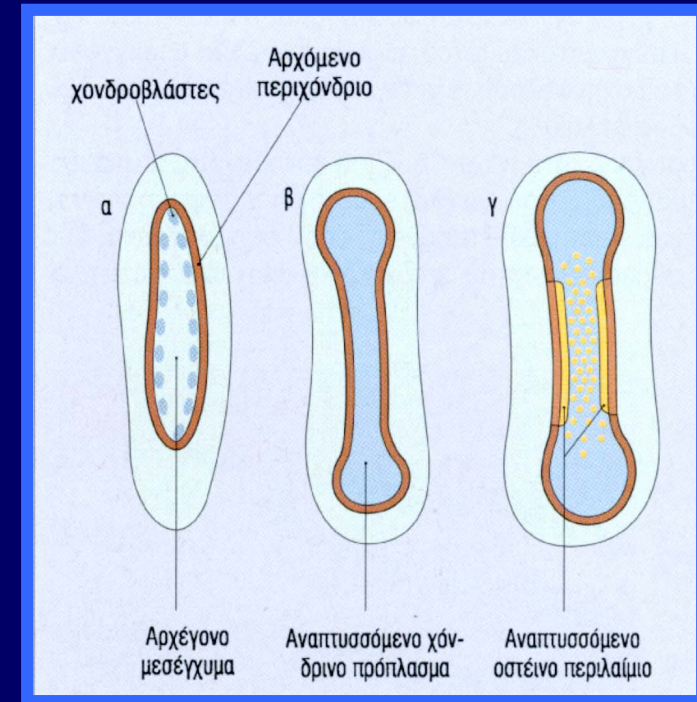
24



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

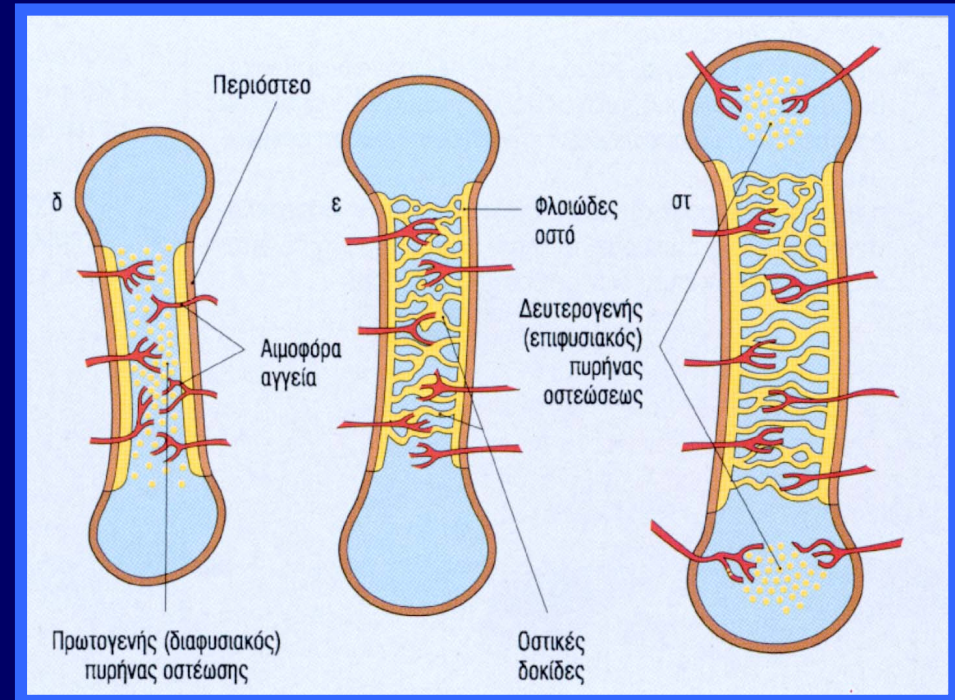
Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

- 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** → **αποδόμηση** χόνδρινης θεμέλιας ουσίας → δημιουργία **συστήματος κοιλοτήτων**.



Ενδοχόνδρια οστεοποίηση

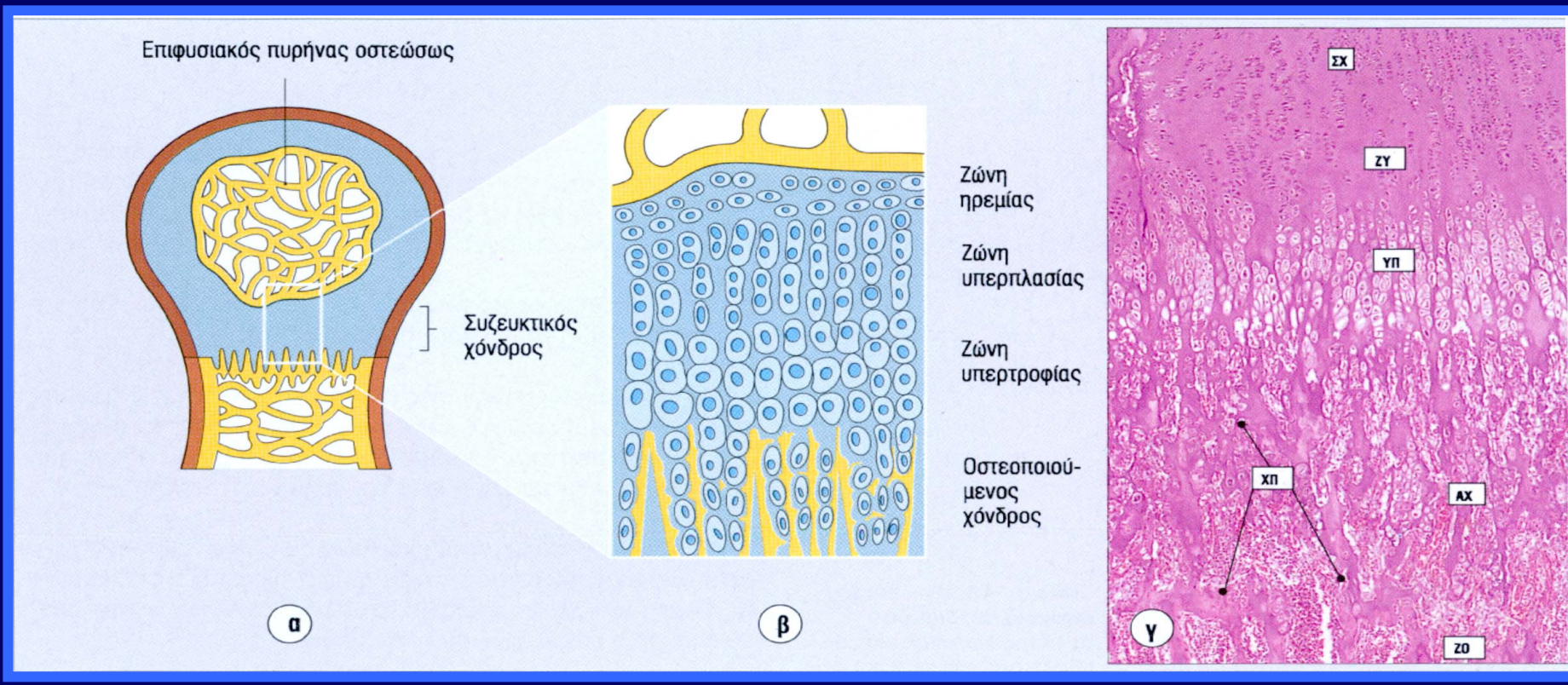
- μεταφορά, μέσω αιμοφόρων αγγείων, οστεοπρογονικών κυττάρων και πρόδρομων κυττάρων του μυελού των οστών.
- επικάλυψη οστεοπρογονικών κυττάρων στα υπολείμματα της ασβεστοποιημένης χόνδρινης θεμέλιας ουσίας, διαφοροποίηση τους σε οστεοβλάστες και σύνθεση οστεοειδούς \longrightarrow **πρωτογενής (διαφυσιακός) 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

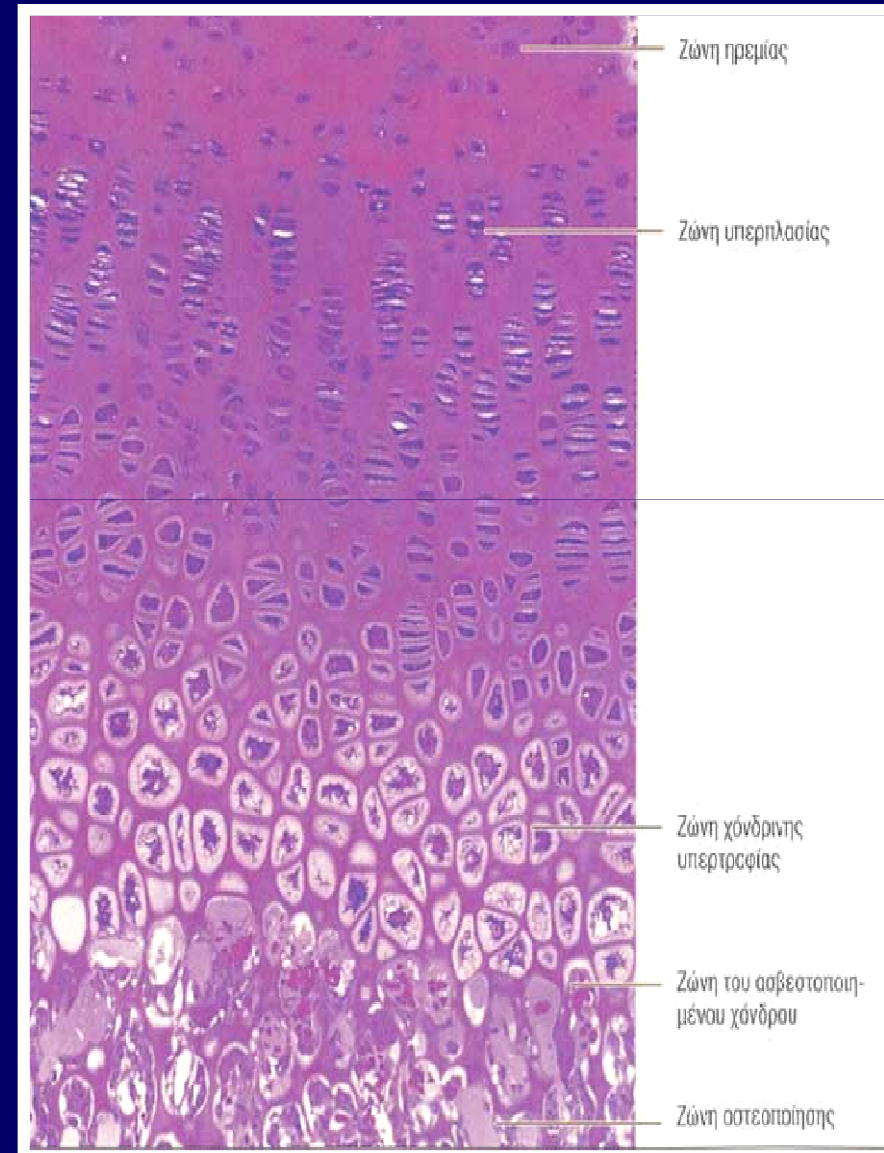
27

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



Συζευκτικός χόνδρος

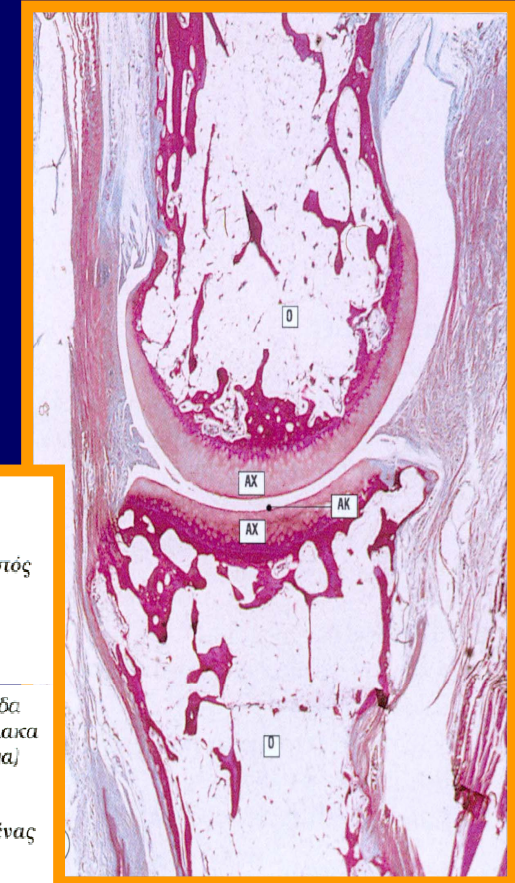
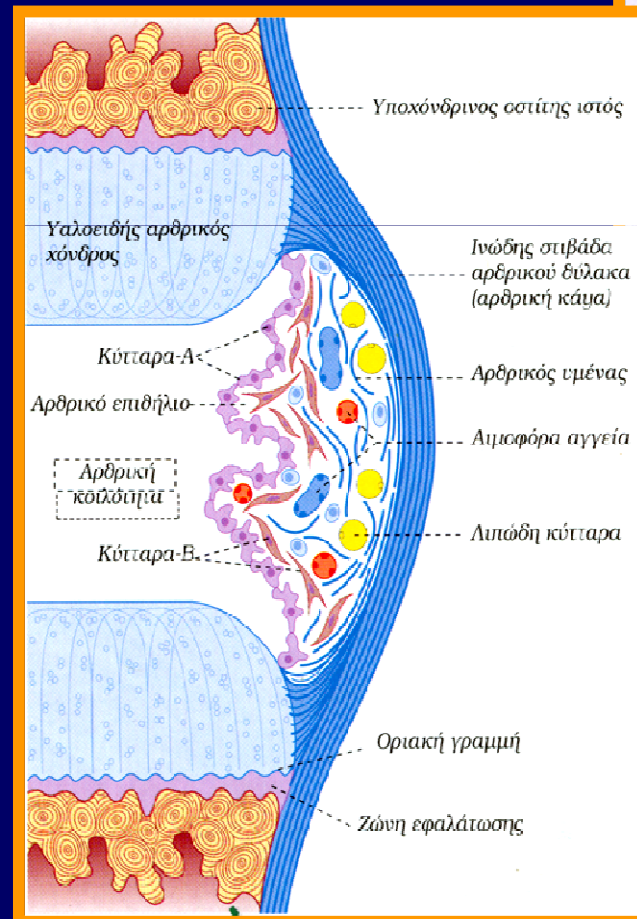
- ζώνη ηρεμίας
- ζώνη υπερπλασίας
- ζώνη υπερτροφίας
- ζώνη ασβεστοποίησης του χόνδρου
- οστεογεννητική ζώνη ή ζώνη οστεοποίησης



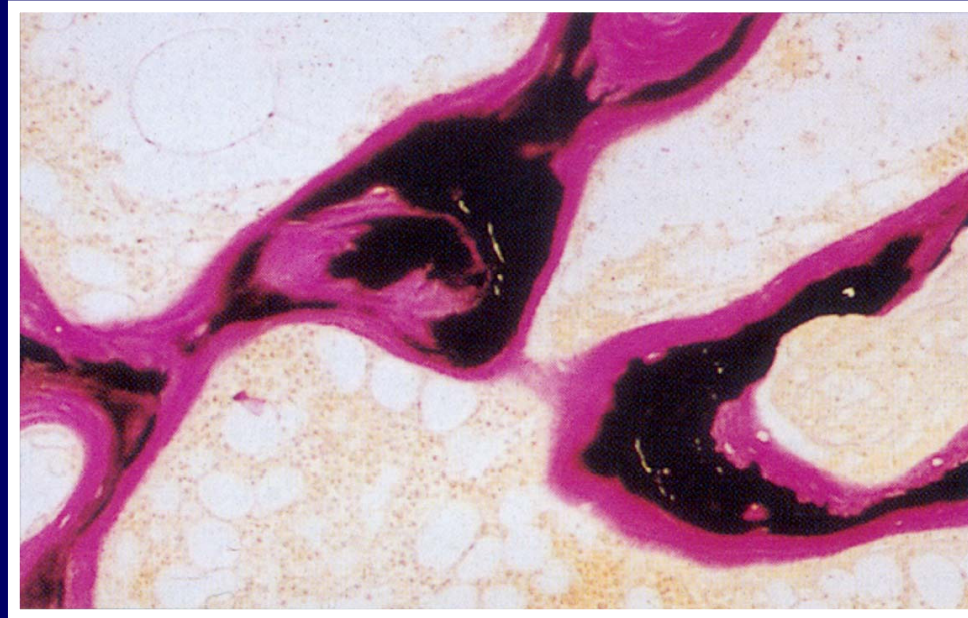
Διαρθρώσεις

Διαμόρφωση αρθρικής κοιλότητας :

- **σύνδεσμοι**
- **αρθρικός θύλακας :**
 - A.** ινώδης στιβάδα (αρθρική ινώδης κάψα) + αιμοφόρα αγγεία
 - B.** αρθρικός υμένας:
 - χαλαρός ινοκολλαγονώδης ιστός λιποκύτταρα, σιτευτικά κύτταρα, μακροφάγα, θυριδωτά τριχοειδή
 - αρθρικά (συνοβιακά) κύτταρα κύτταρα-Α (μακροφάγα) κύτταρα-Β (ινοβλάστες)
- **αρθρικό υγρό**
 - υαλουρονικό οξύ, γλυκοπρωτεΐνες, λευκοκύτταρα



Οστεομαλακία



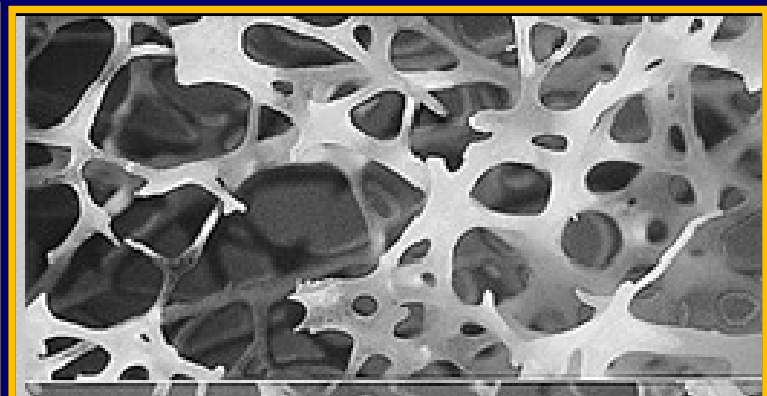
- διαταραχή της οστεοποίησης λόγω χαμηλού Ca^{++} και PO_4^- στο αίμα
- συχνά κατάγματα
- στην παιδική ηλικία → ραχίτιδα (μόνιμη δυσμορφία των οστών)

Οστεοπόρωση

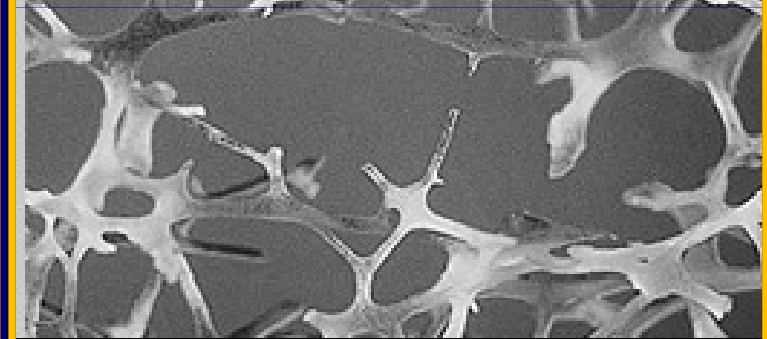
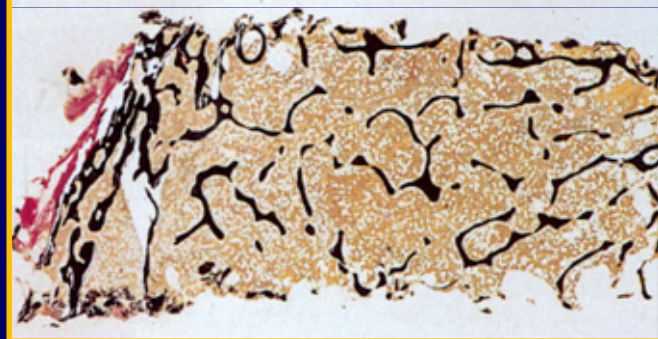
Οπτικό μικροσκόπιο

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.

shavaki@med.uoa.gr