



Οστά: Δομή και λειτουργία

Κλειώ Π. Μαυραγάνη

07.05.2022

Διαπανεπιστημιακά μαθήματα

Ρευματολογίας



Ανθρώπινος σκελετός: ενεργό λειτουργικό όργανο

- 213 οστά

126: σκελετός άκρων

74: αξονικός σκελετός

- Ολική αιματική ροή 200–400 mL/min

Ανθρώπινος σκελετός-Λειτουργία

- Στήριξη
- Κίνηση (σε συνεργασία με τις αρθρώσεις και τους μυς)
- Προστασία: σχηματίζει κοιλότητες όπου φυλάγονται ευπαθή όργανα (κρανίο – εγκέφαλος)
- Διατήρηση ισοζυγίου Ca/P
- Αποθήκη αυξητικών παραγόντων και κυτταροκινών
- Αιμοποίηση

Τα οστά ταξινομούνται ανάλογα με το σχήμα και τη δομή

Μακρά οστά



Πλατέα οστά

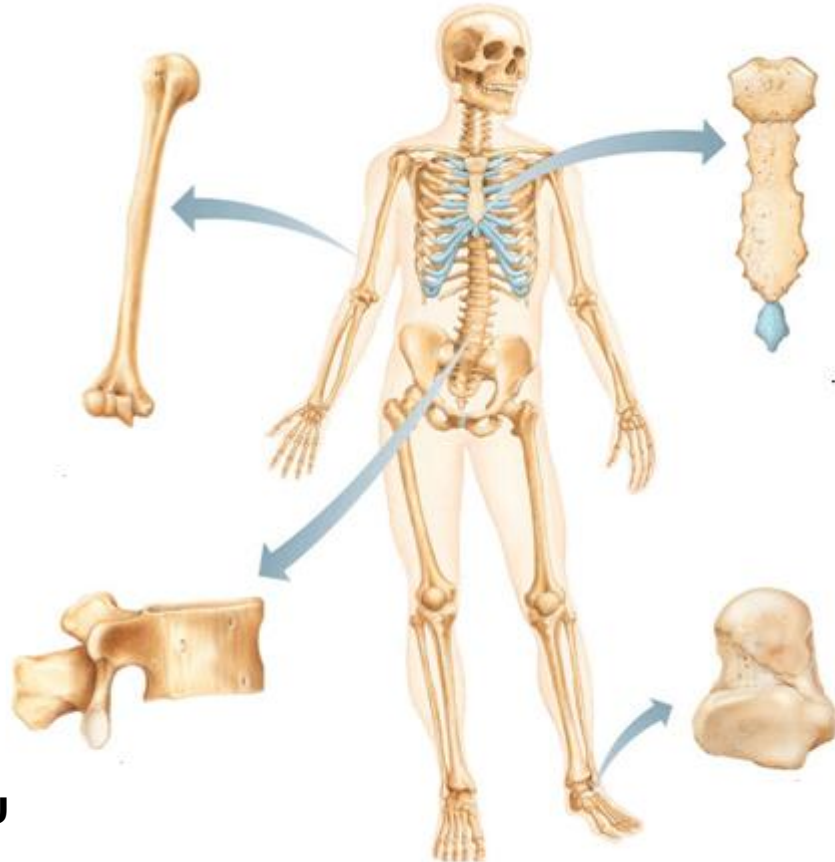
Οστά κρανίου
Πλευρές
Στέρνο
Ωμοπλάτη
Πύελος

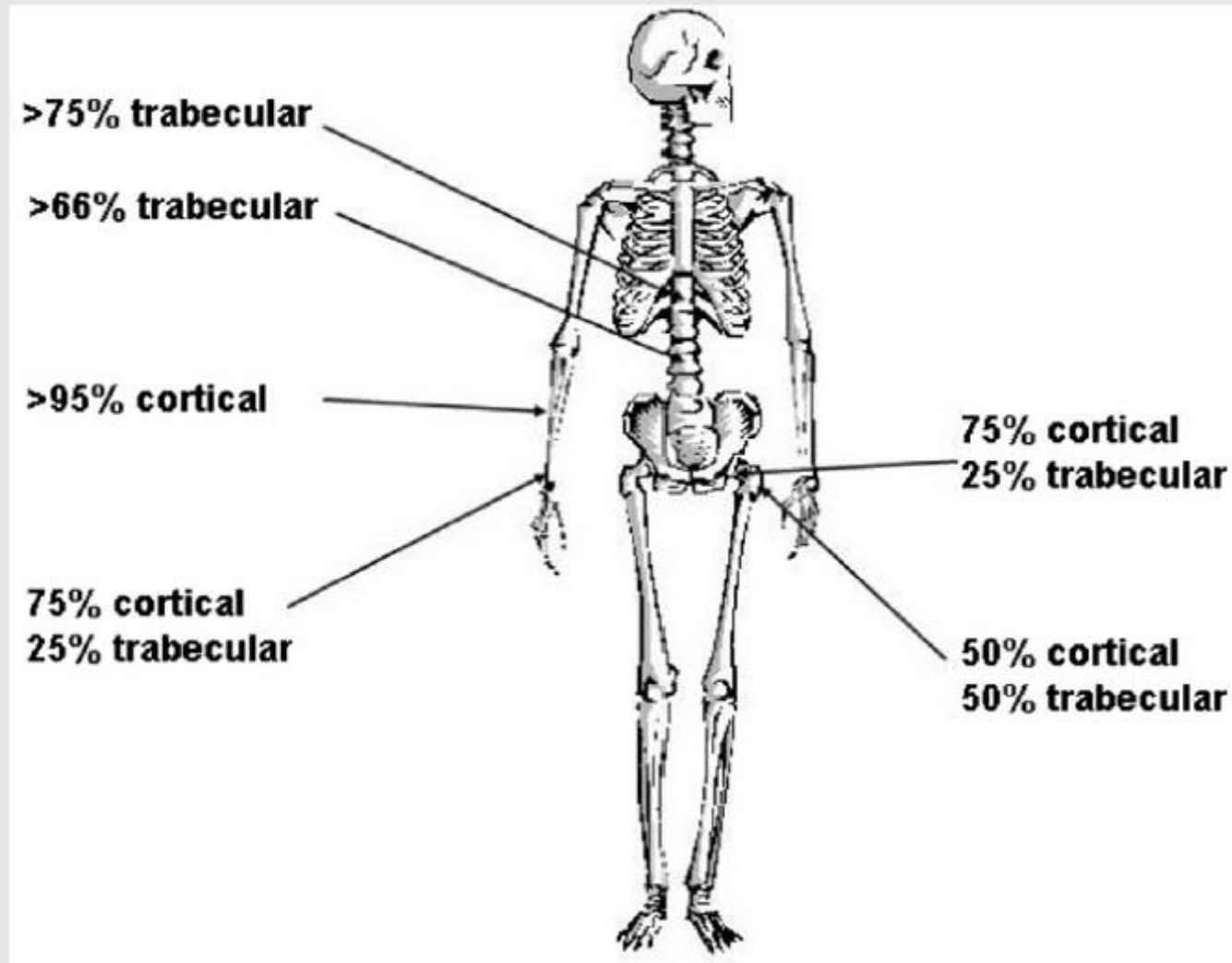
Θέσεις
αιμοποίησης

Βραχέα οστά

Οστά καρπού, ταρσού

Ακανόνιστου
σχήματος
Σπόνδυλοι



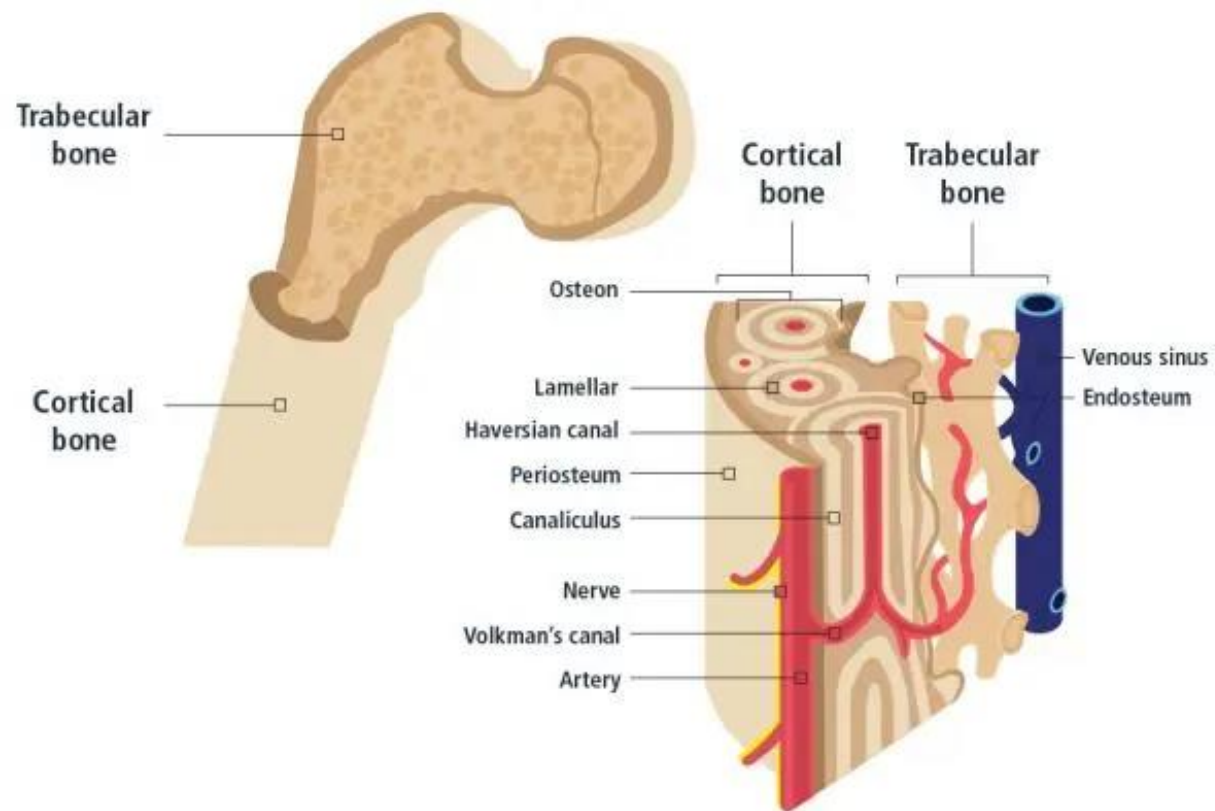


Human skeleton.

Nandiraju. Human skeletal physiology. Fertil Steril 2019.

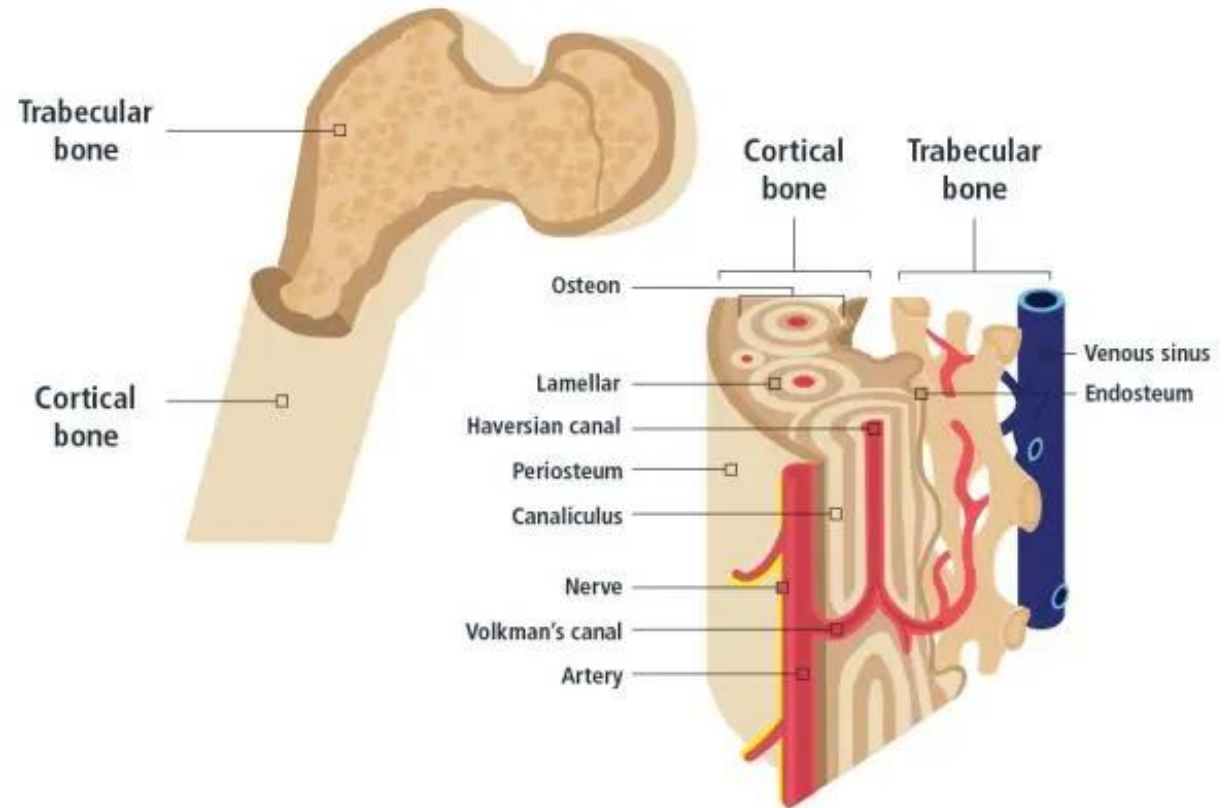
Αρχιτεκτονική δομή των μακρών οστών

- Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη
- Εσωτερική δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη



Αρχιτεκτονική δομή των μακρών οστών

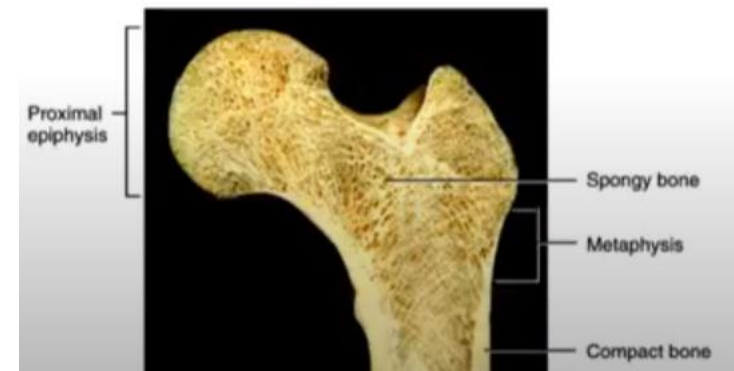
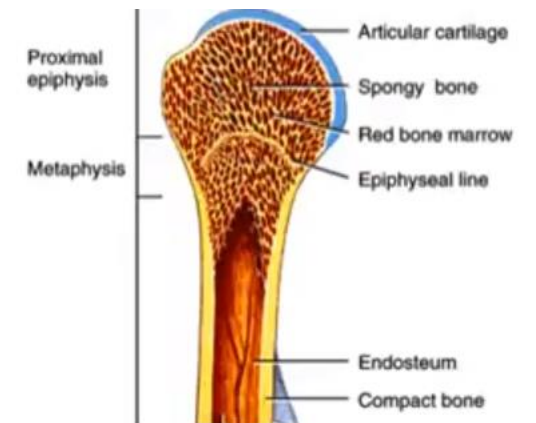
- Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη
- Εσωτερική δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη



Αρχιτεκτονική δομή του οστού

Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη

- Βρίσκεται στην εξωτερική επιφάνεια των οστών
- Σχηματίζει τη διάφυση των μακρών οστών
- Προσδίδει αντίσταση στην καταπόνηση και την κίνηση
- Αποτελείται από οστεώνες

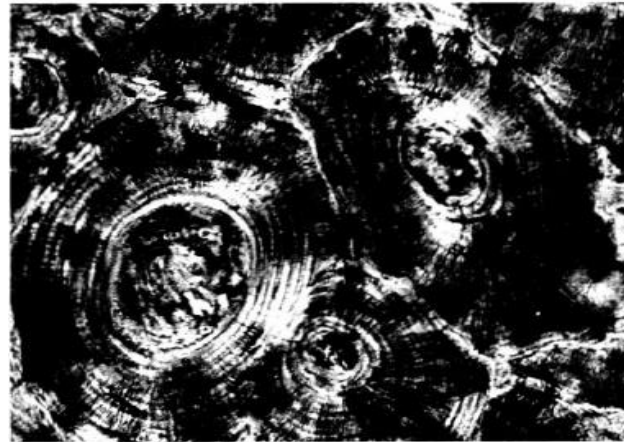


Αρχιτεκτονική δομή του οστού

Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη

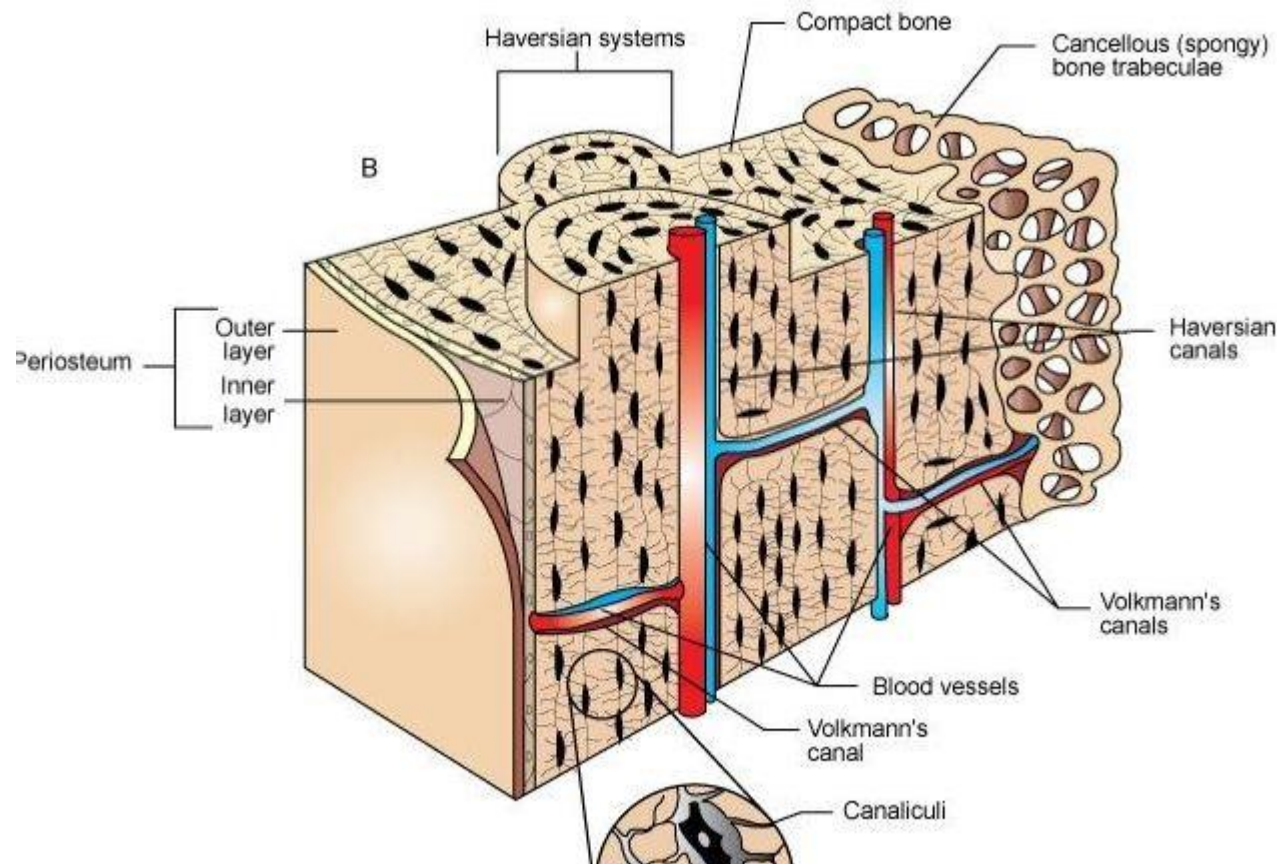
Οστεώνας

- Βασική δομική μονάδα του συμπαγούς οστού
- Κυκλικό σχήμα με διάμετρο περίπου 0.2 χιλιοστών
- Οστέινα πέταλα συμπαγούς οστού (lamellae), τοποθετημένα σε ομόκεντρους κύκλους γύρω από έναν αγγειονευροφόρο σωλήνα (Havers canal)



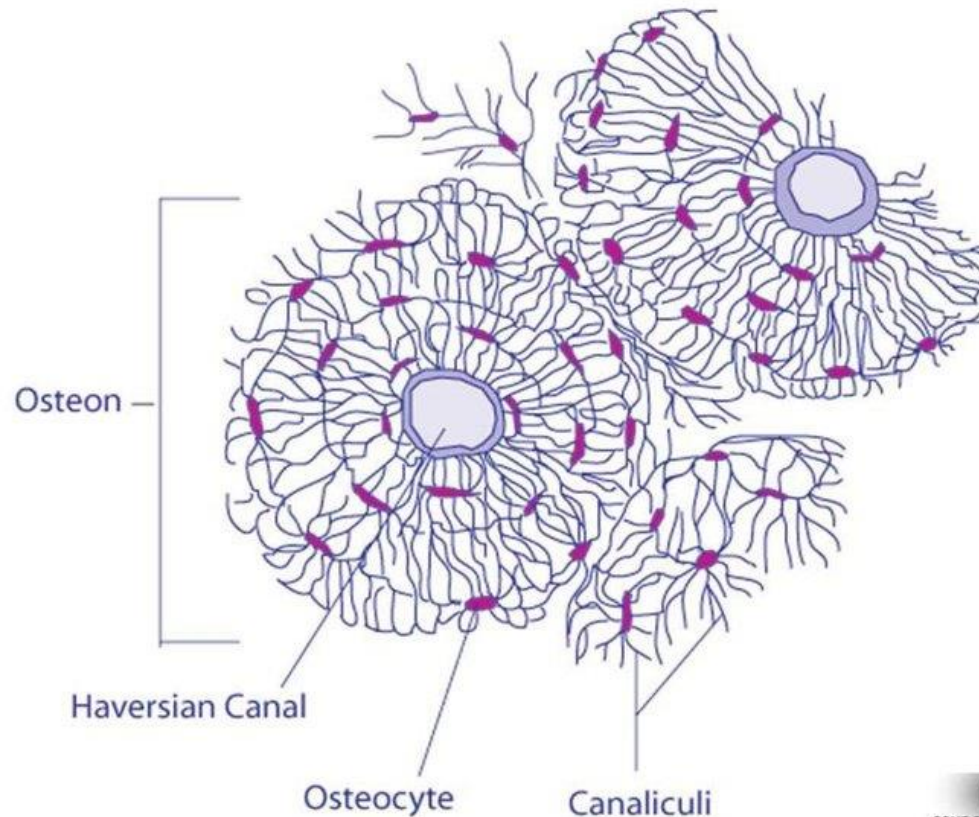
Αρχιτεκτονική δομή του οστού

Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη: Κανάλια του Havers και Volkmann



Αρχιτεκτονική δομή του οστού

Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη: Οστεοκύτταρα

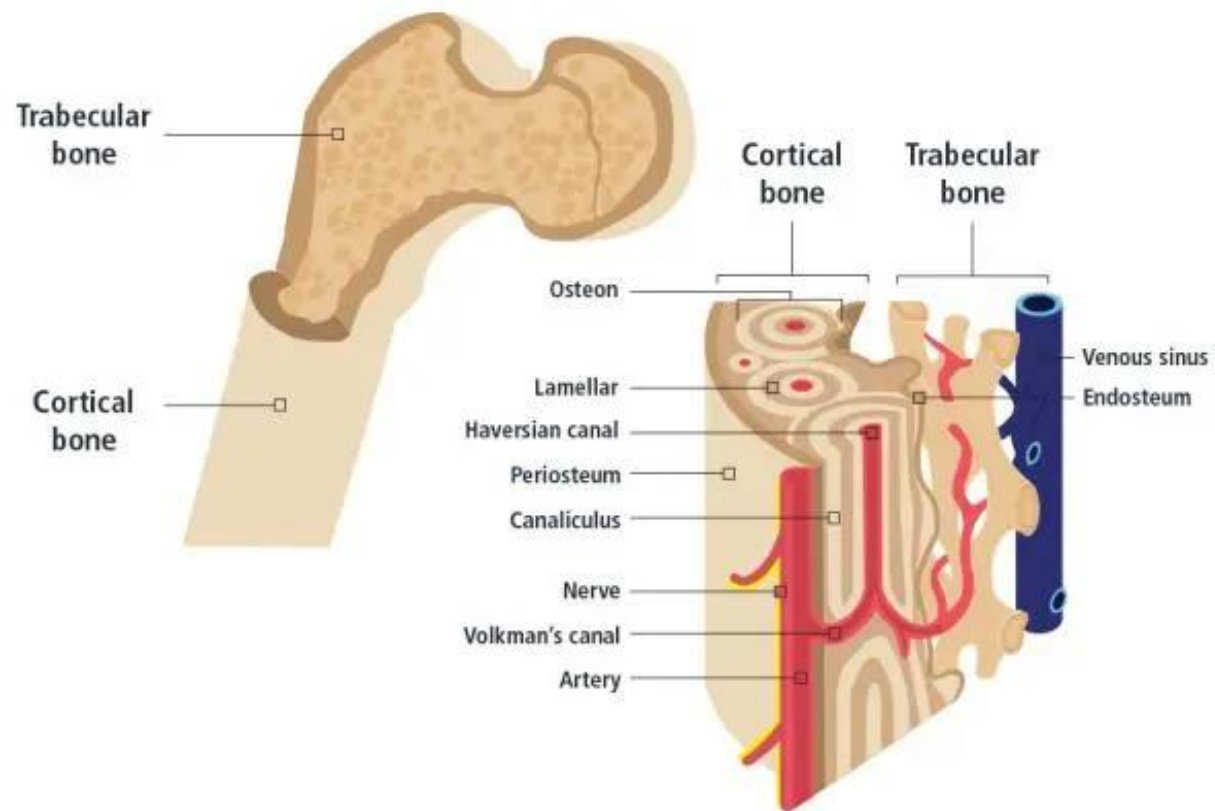


From: *Gray's Anatomy of the Human Body*, amended by Bduttabaruah



Αρχιτεκτονική δομή των μακρών οστών

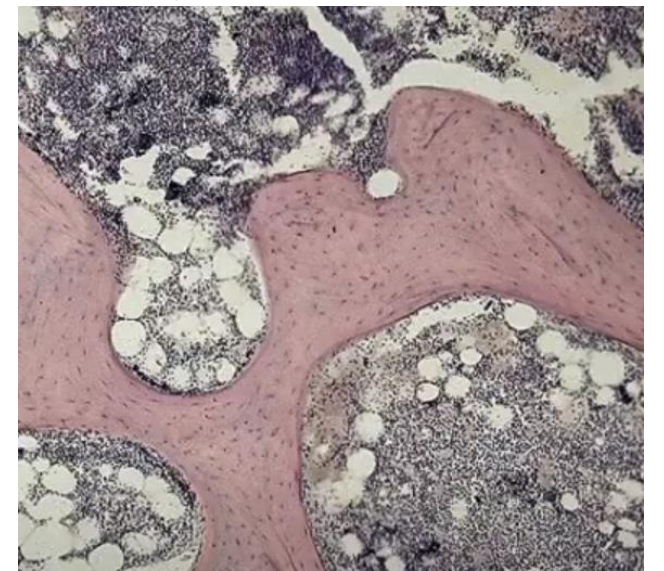
- Εξωτερική φλοιώδης ή συμπαγής ζώνη
- Εσωτερική δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη



Αρχιτεκτονική δομή του οστού

Εσωτερική δοκιδώδης ή σπογγώδης ζώνη:

- Δεν υπάρχουν οστεώνες
- Αποτελείται από δοκίδες
- Θέσεις στις οποίες περιέχεται ο ερυθρός μυελός των οστών
- Βρίσκεται στις επιφύσεις των μακρών οστών και στα βραχέα οστά



Πώς σχηματίζονται; (εμβρυϊκή ζωή)

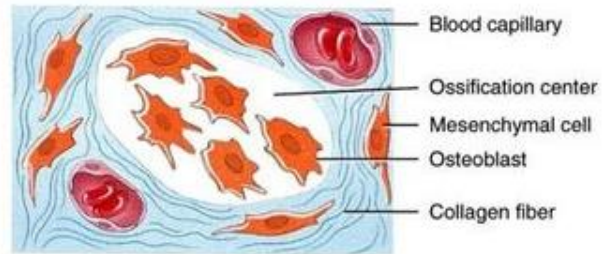
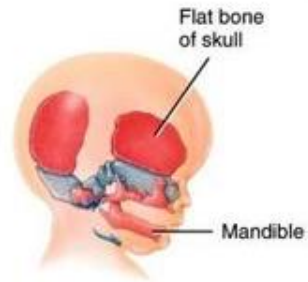
1. Υμενώδης οστεοποίηση

- Παραγωγή οστεΐνης ουσίας
- Οστά κρανίου
- 8 εβδομάδες

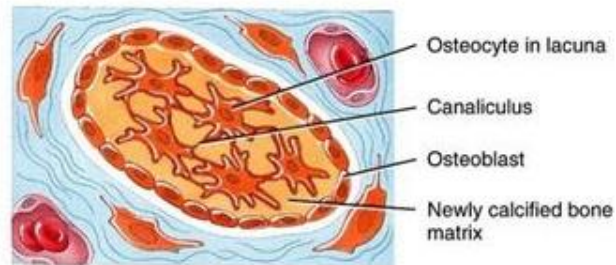
2. Χόνδρινη οστεοποίηση

- Όστεοποίηση χόνδρου
- Όλα τα υπόλοιπα
- 2^ο μήνα

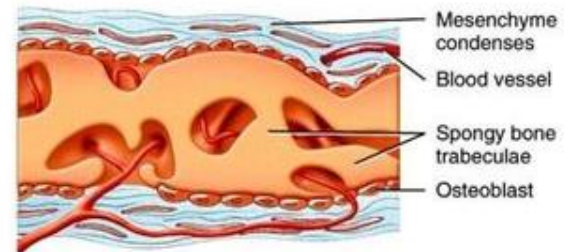
Υμενώδης οστεοποίηση



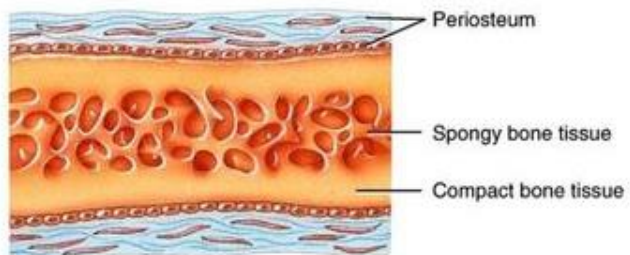
1 Development of ossification center



2 Calcification



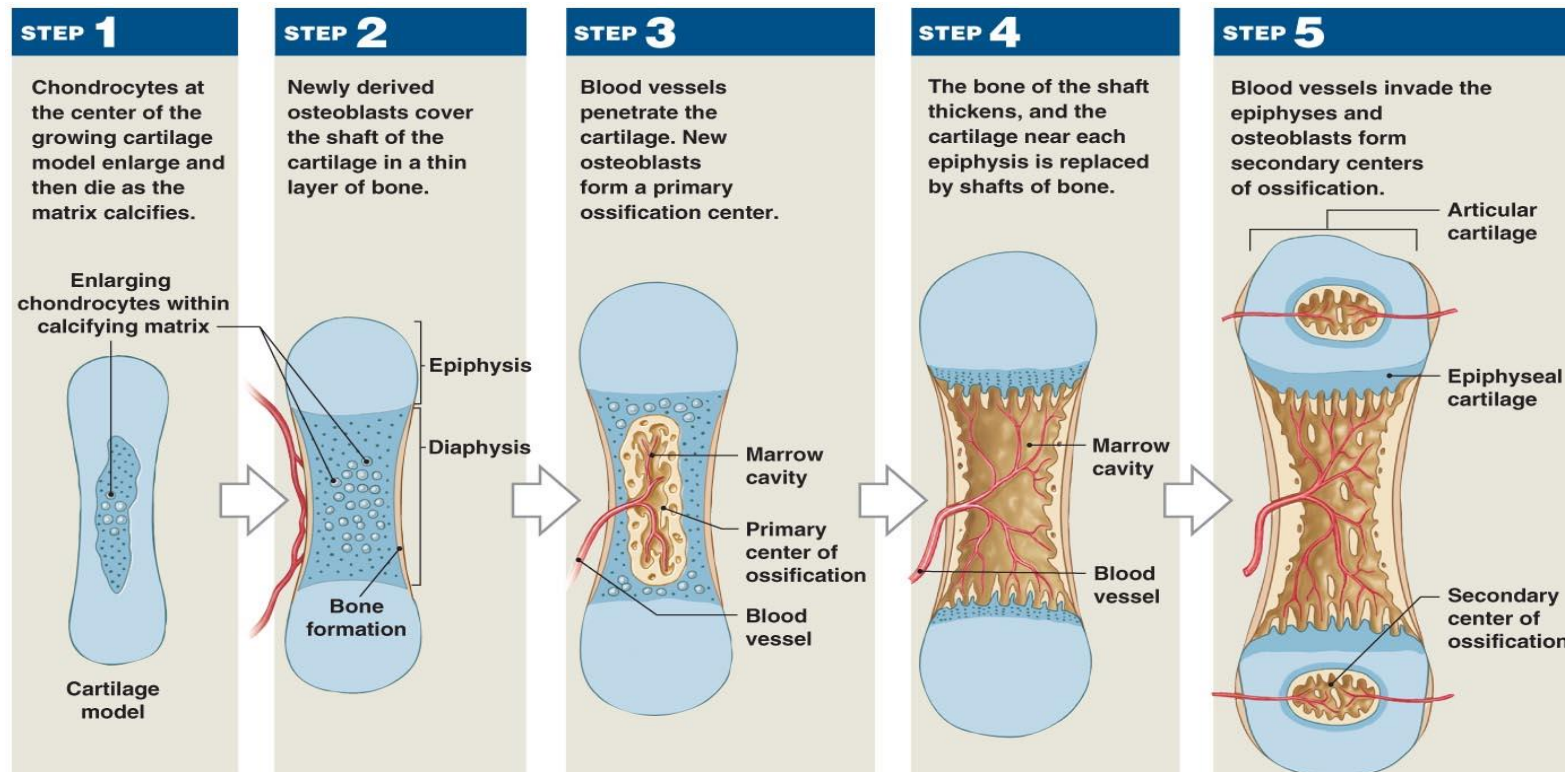
3 Formation of trabeculae



4 Development of the periosteum

Χόνδρινη οστεοποίηση

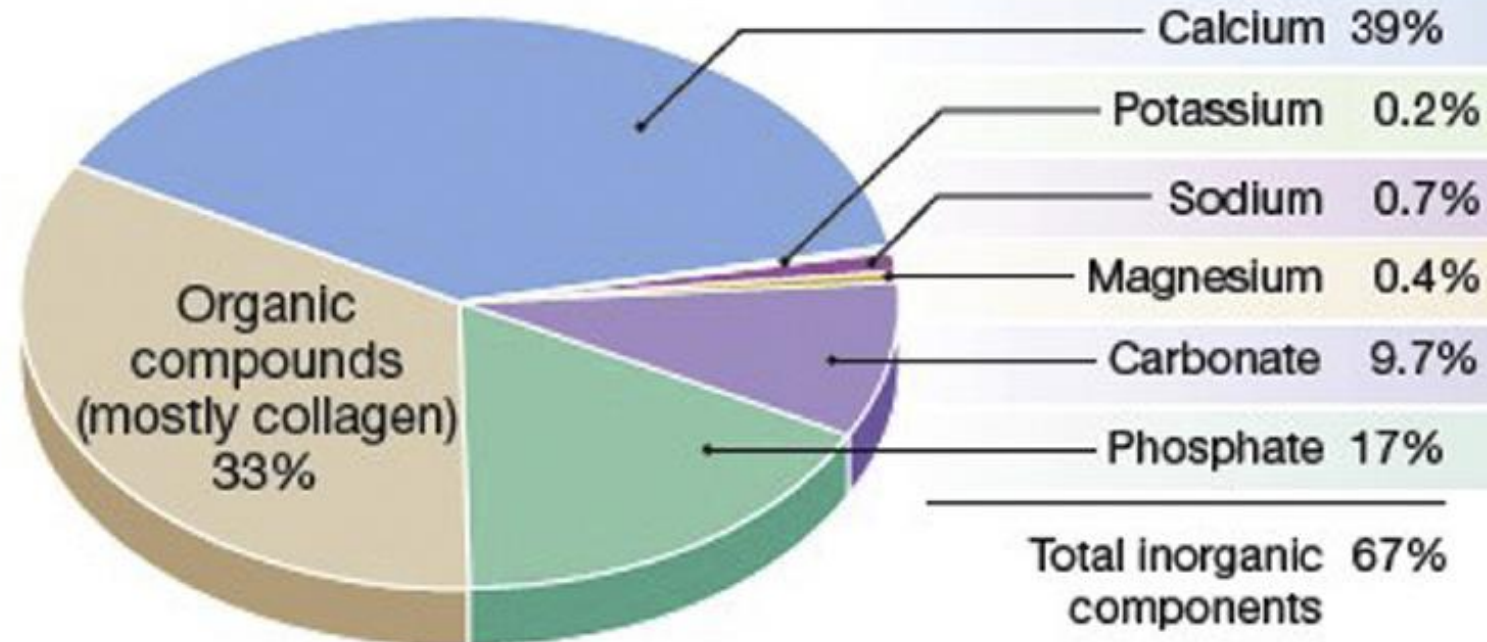
- Ανάπτυξη οστίτη ιστού σε έδαφος υαλώδους χόνδρου
- Σε 6 εβδομάδες ο χόνδρος αντικαθίσταται από οστό – εξαιρούνται οι επιφυσιακές πλάκες (οστεοποιούνται στον τερματισμό της αύξησης)



Από τι αποτελούνται;

- Θεμέλια ουσία
 - 40% οργανικές ουσίες
 - Τυπου 1 κολλαγόνο (αντίσταση στην τάση)
 - Πρωτεογλυκάνες (αντίσταση στις συμπιεστικές δυνάμεις)
 - Οστεοκαλσίνη/Οστεονεκτίνη
 - Αυξητικοί παράγοντες/Κυτταροκίνες
 - 60% ανόργανες
 - Άλατα υδροξυαπατίτη
- Κύτταρα

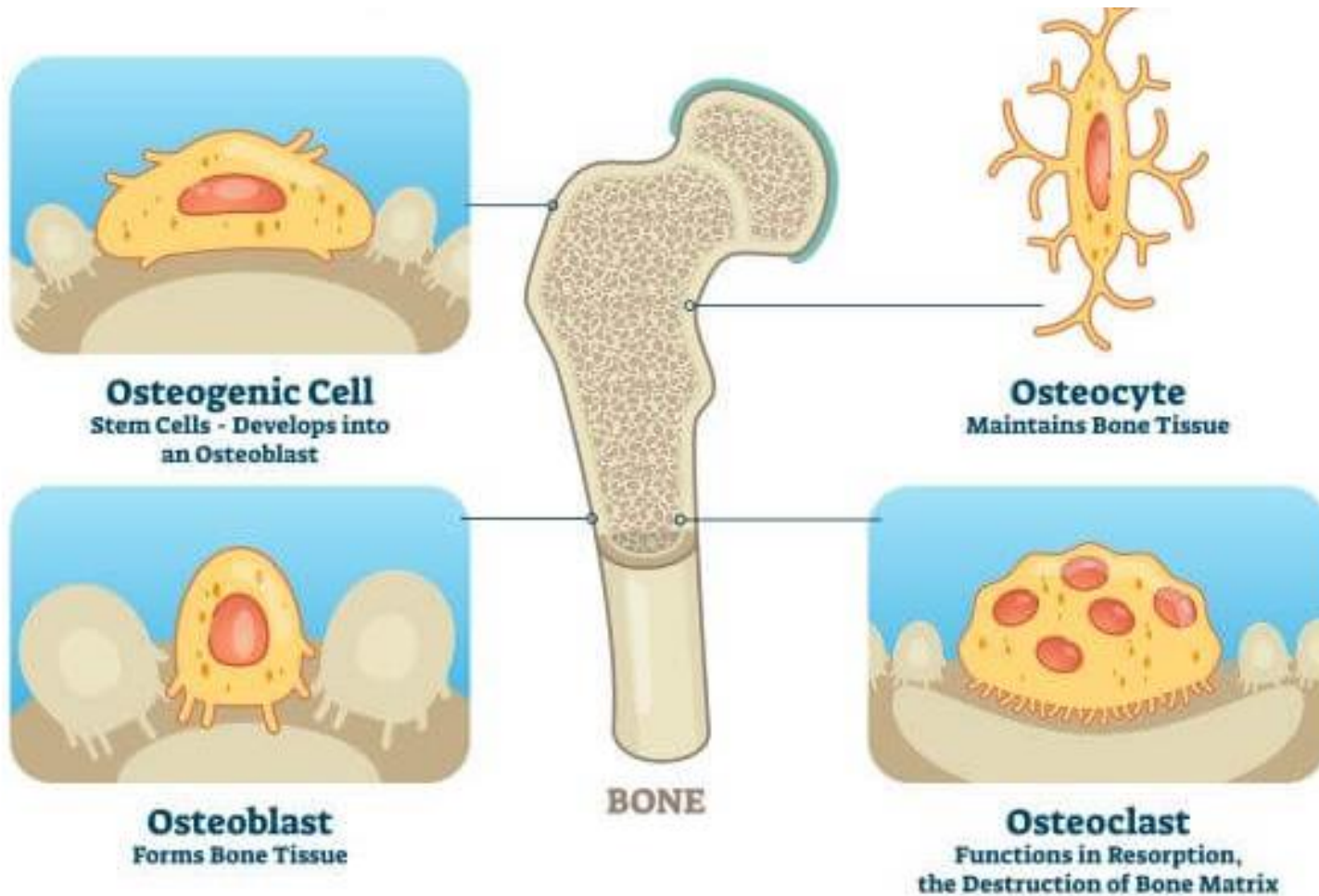
Composition of Bone

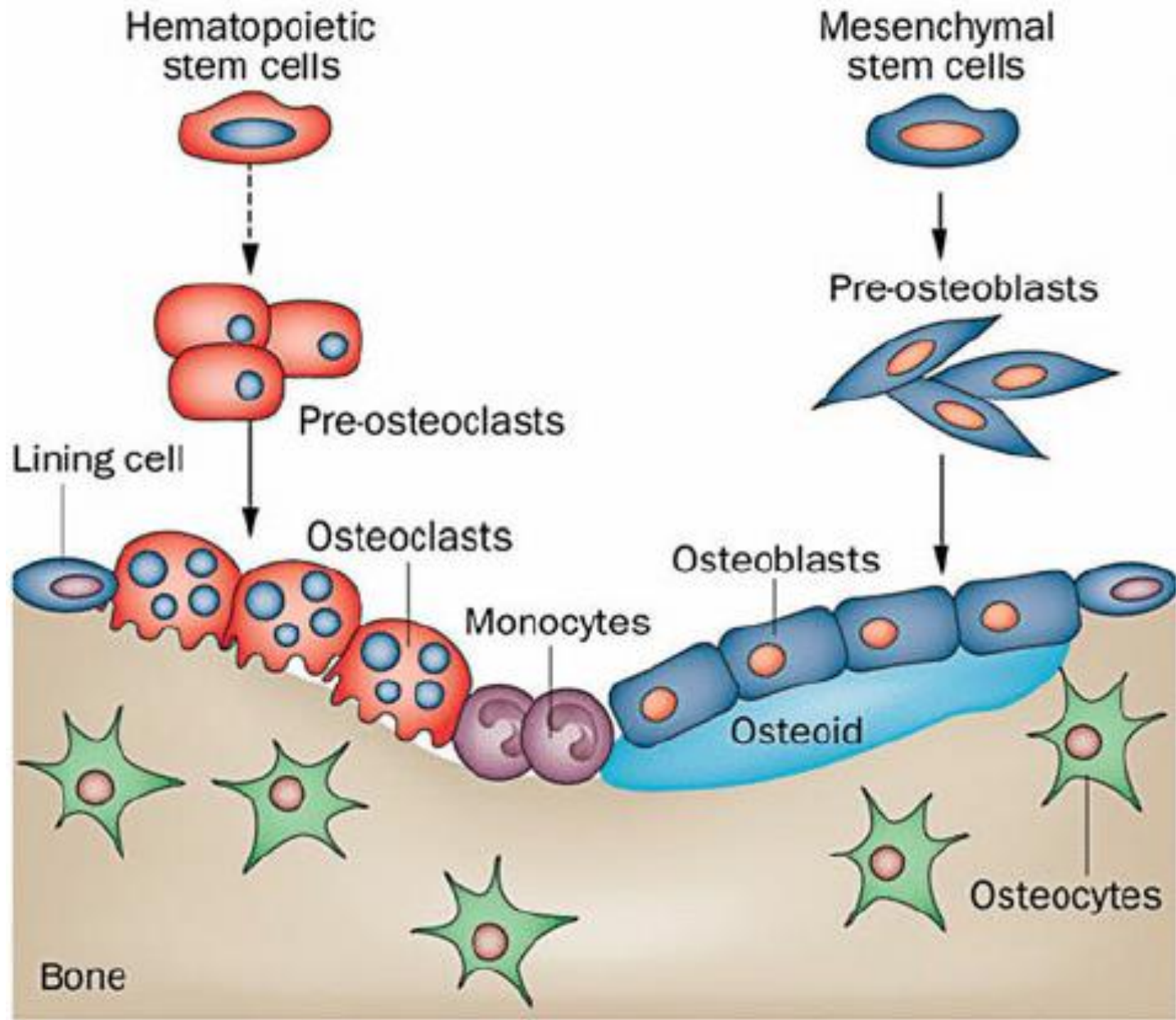


Bone Contains

99% of the body's calcium
4% of the body's potassium
35% of the body's sodium
50% of the body's magnesium
80% of the body's carbonate
99% of the body's phosphate

Κύτταρα





Οστεοβλάστες

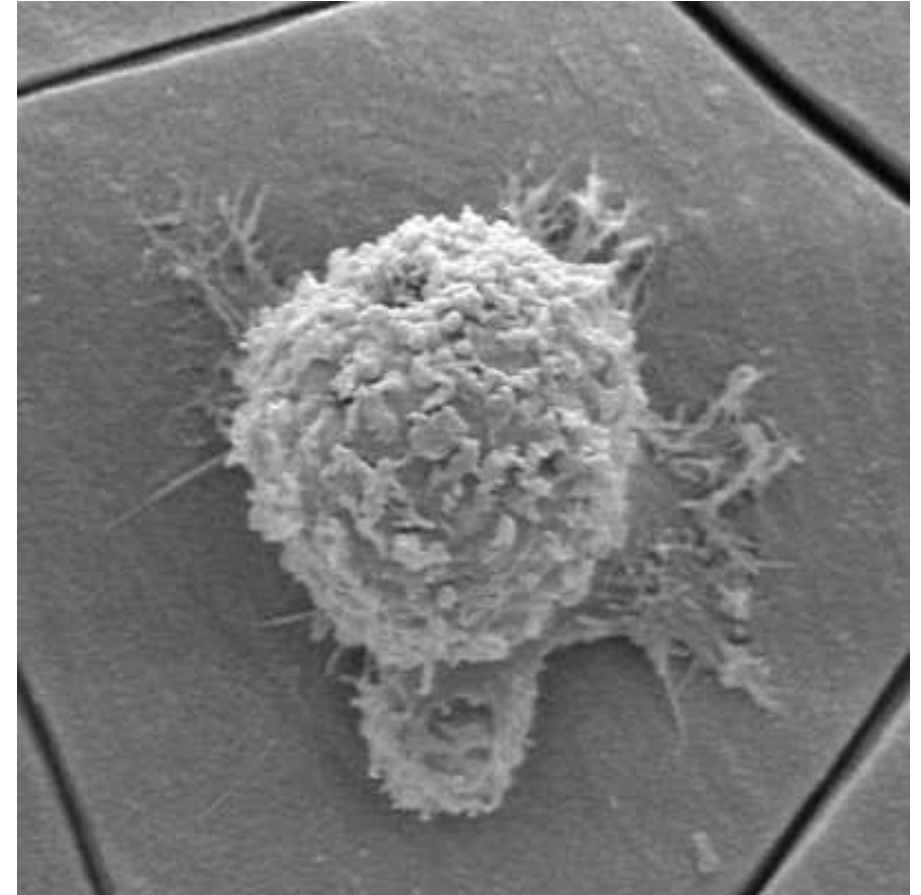
Λειτουργική τους αποστολή είναι ο σχηματισμός και η επιμετάλλωση του οστού

Παραγωγή

- ινών κολλαγόνου τύπου I (90% θεμέλιας ουσίας)
- Αλκαλικής φωσφατάσης
- Καρβοξυλιωμένων γλουταμικών οξέων
- Οστεοκαλσίνης, κυτταροκινών/ορμονών

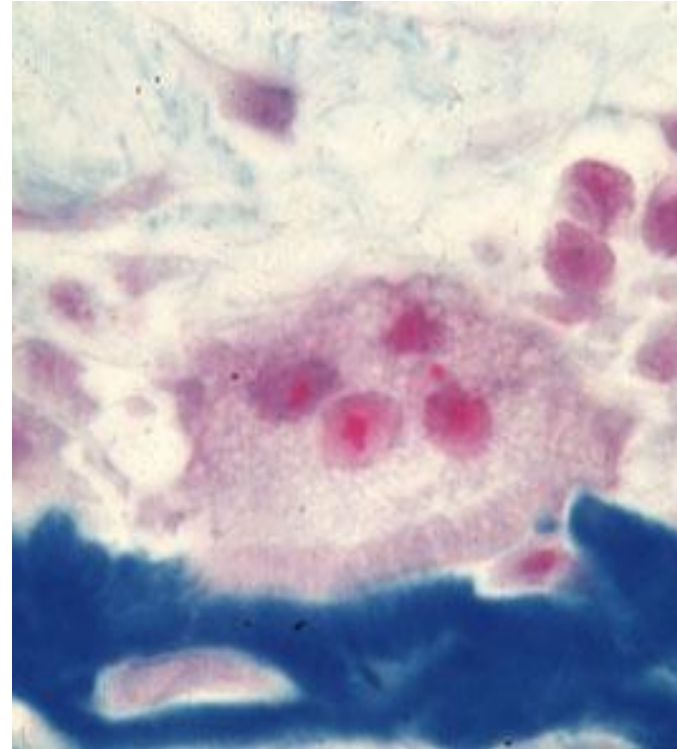
Παράλληλα ενεργοποίηση οστεοκλαστών

- παραγωγή RANKL/ osteoprotegerin
- Fibroblast growth factor 23 (φωσφατουρική δράση)



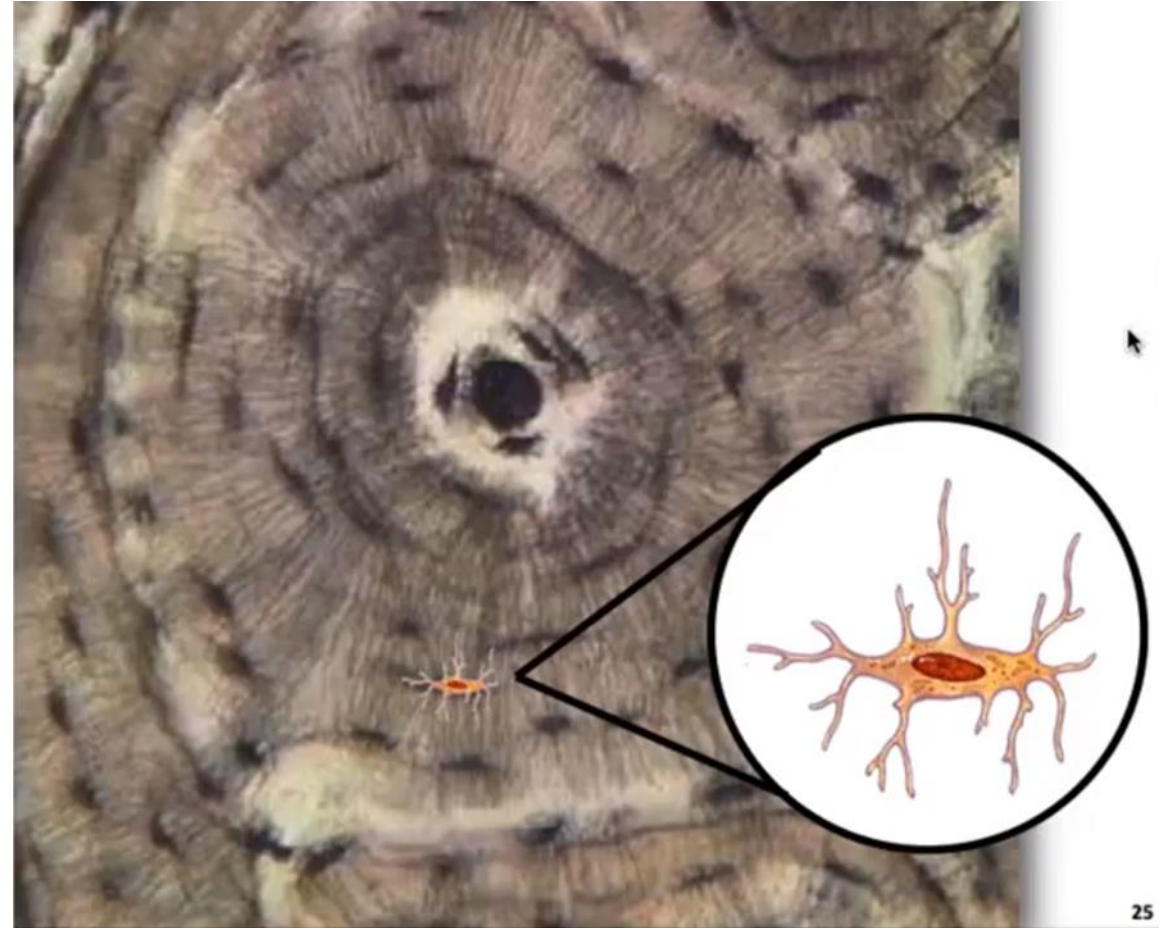
Οστεοκλάστες

Είναι πλήρως διαμορφωμένα πολυπύρρηνα κύτταρα που προκαλούν οστική απορρόφηση



Οστεοκύτταρα

- Οστεοβλάστες τελικής διαφοροποίησης
- Εμβαπτισμένοι μέσα στο νεοσχηματιζόμενο οστό, βοθρία
- Επικοινωνούν μεταξύ τους με σύστημα καναλίσκων
- Ανίχνευση μηχανικών ερεθισμάτων



Διαμόρφωση & Αναδιαμόρφωση των Οστών

Συνεχής διαδικασία κατά την οποία ώριμος οστίτης ιστός απομακρύνεται από το σκελετό (οστική αποδόμηση) και αντικαθίσταται από νέο οστίτη ιστό (οστεοποίηση)

4. Φάση ηρεμίας

Οστεοκλάστες

- Προσέλκυση
- Διαφοροποίηση
- Ενεργοποίηση

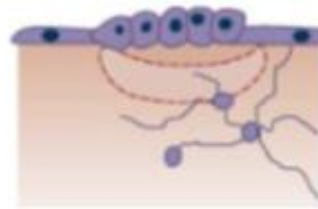
Καλυπτήρια κύτταρα

Επιμετάλλωση

1. Επαναρρόφηση οστού



3. Σχηματισμός νέου οστού



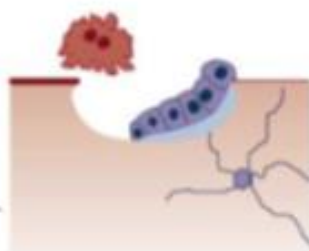
Οστεοκλάστες

- Απόπτωση
- Απομάκρυνση

Οστεοβλάστες

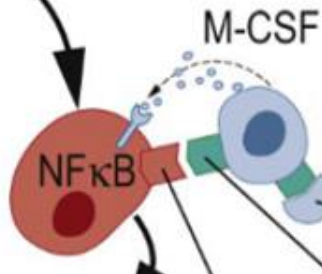
- Προσέλκυση
- Διαφοροποίηση
- Ενεργοποίηση

2. Αναστροφή



Σχηματισμός και διαφοροποίηση των οστεοκλαστών

Αρχέγονο αιμοποιητικό κύτταρο



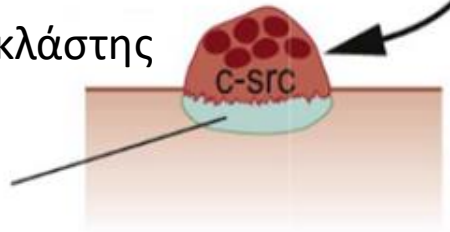
Στρωματικό κύτταρο/Οστεοβλάστης



Προοστεοκλάστης



Ώριμος οστεοκλάστης

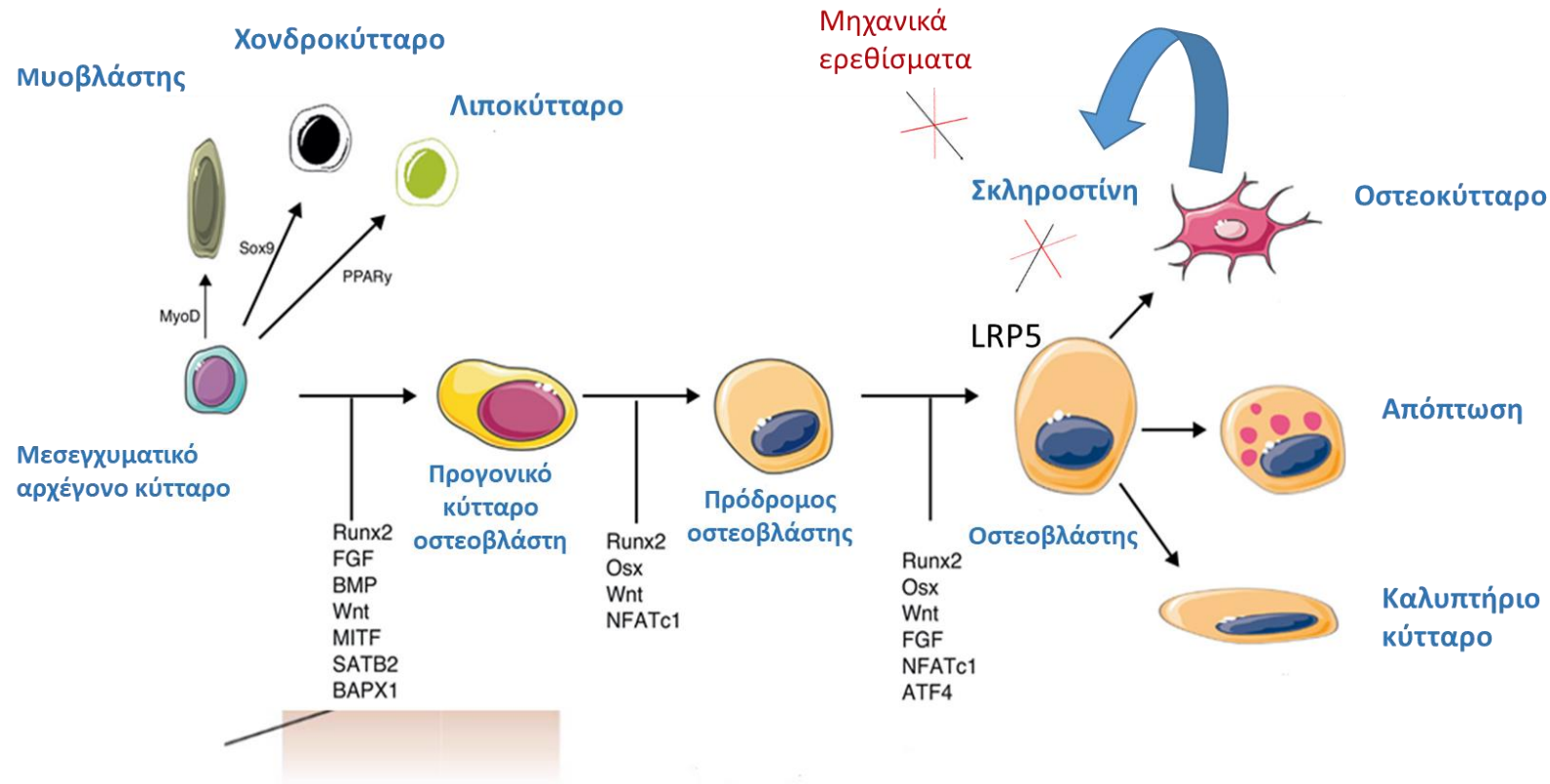


Υδροχλωρικό οξύ
Πρωτεολυτικά ένζυμα
(Καθεψίνη K,
Μεταλλοπρωτεϊνάσες

Ασβεστιοτροποποιητικές ορμόνες
Κυτταροκίνες
Στεροειδικές ορμόνες

Σχηματισμός και διαφοροποίηση των οστεοβλαστών

Οστεοβλάστες: Προέρχονται από πρόδρομα μεσεγχυματικά κύτταρα του μυελού των οστών με την παρέμβαση μεταγραφικών παραγόντων, CBFA1 (core binding factor alpha1)/osterix





ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΚΟΡΥΦΑΙΑ ΟΣΤΙΚΗ ΜΑΖΑ

- Γενετικοί/Φυλετικοί παράγοντες
- ↓ πρόσληψη ή απορρόφηση Ca^{++} και Vit.D
- Απουσία άσκησης
- Χρόνιες παθήσεις



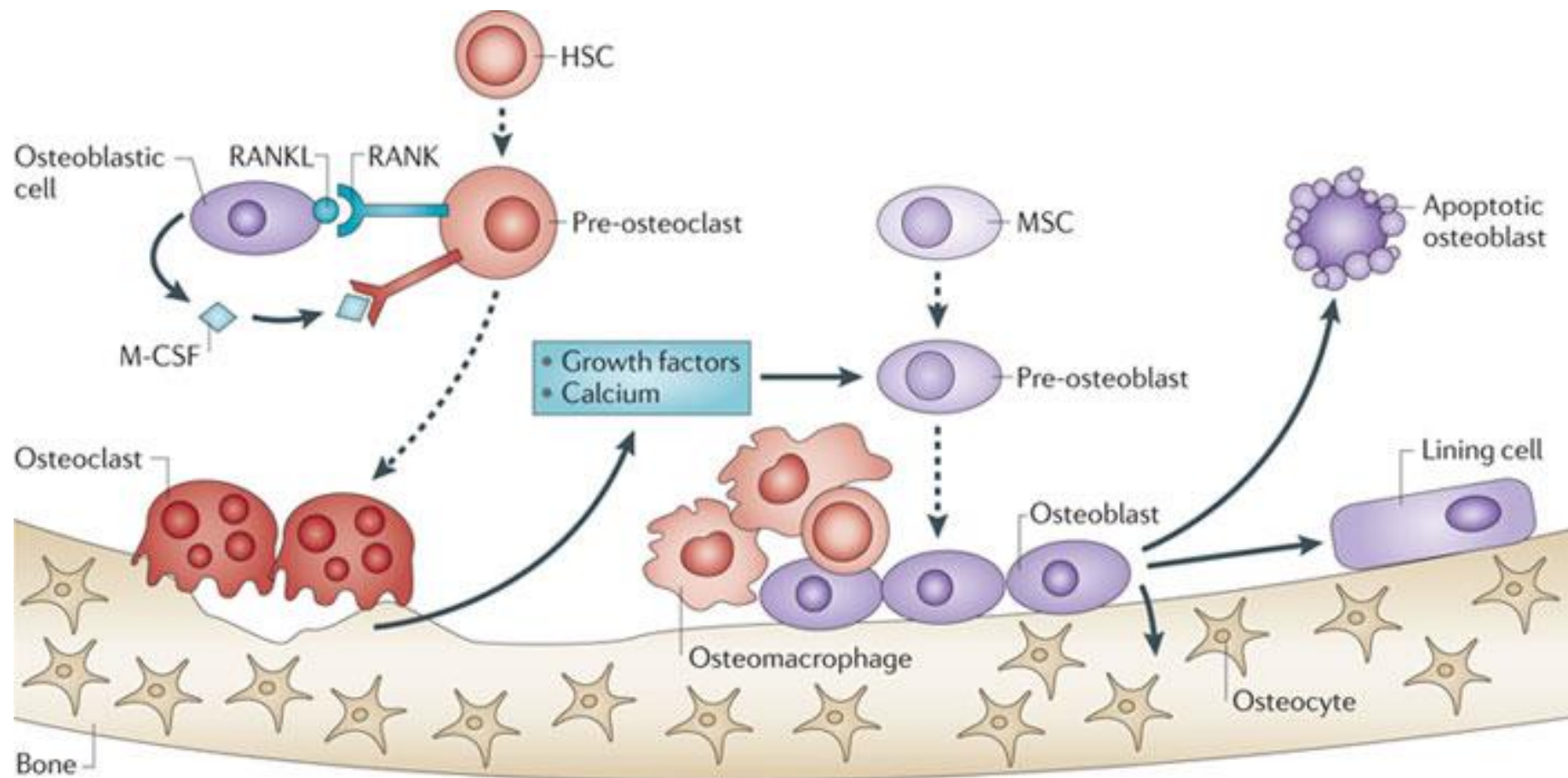
ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΕΠΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ

- Έλλειψη οιστρογόνων
- Φάρμακα
- Υπερπαραγωγή κυτταροκινών
(χρόνιες φλεγμονώδεις, ενδοκρινικές
και αιματολογικές παθήσεις)



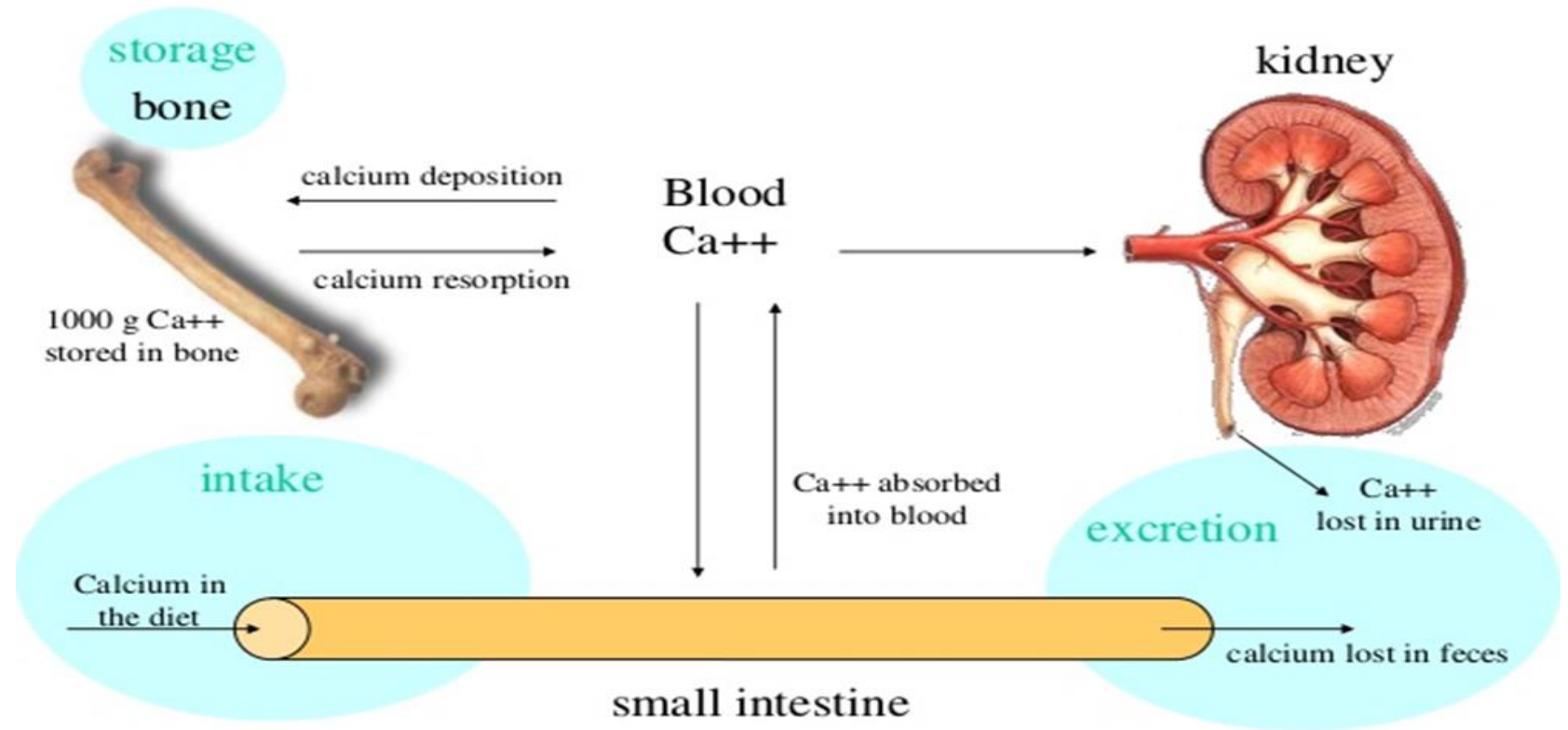
Ρύθμιση οστικής αναδόμησης

Stimulators	Inhibitors
<i>Systemic Hormones</i>	
Parathyroid hormone	Sex hormones ^a
1,25-Dihydroxyvitamin D	Calcitonin
Parathyroid hormone-related protein	
Growth hormone	
Thyroid hormone	
Sex hormones ^a	
<i>Locally Acting Factors</i>	
Interleukin-1 ^b	SOST ^c
Parathyroid hormone-related protein	Interferon gamma ^b
Tumour necrosis factor ^b	OPG ^b
Insulin-like growth factors	
RANKL ^b	
Wnt ^b	



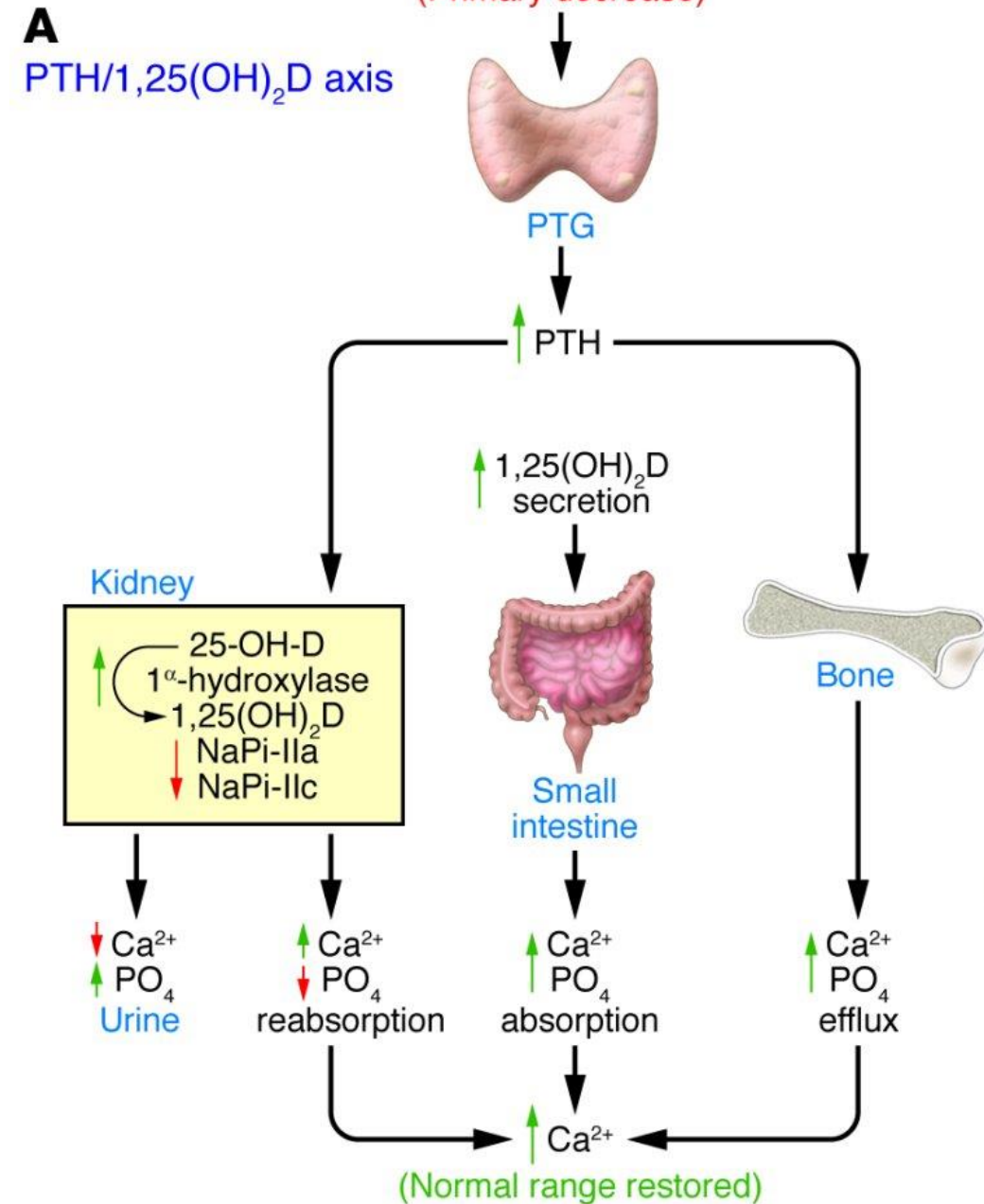
Οστικός μεταβολισμός

- 99.9% του ασβεστίου βρίσκεται στο σκελετό
- 2.2 - 2.6mmol/L (8.5-10.5 mg/dL)
 - Ελεύθερο ιονισμένο ασβέστιο 1.0-1.25mmol/L (0.05% of total Ca^{2+})
- Διατήρηση σταθερής συγκέντρωσης ασβεστίου εξαρτάται από:
 - Εντερική απορρόφηση
 - Νεφρική απέκκριση
 - Κινητοποίηση του ασβεστίου από τον σκελετό



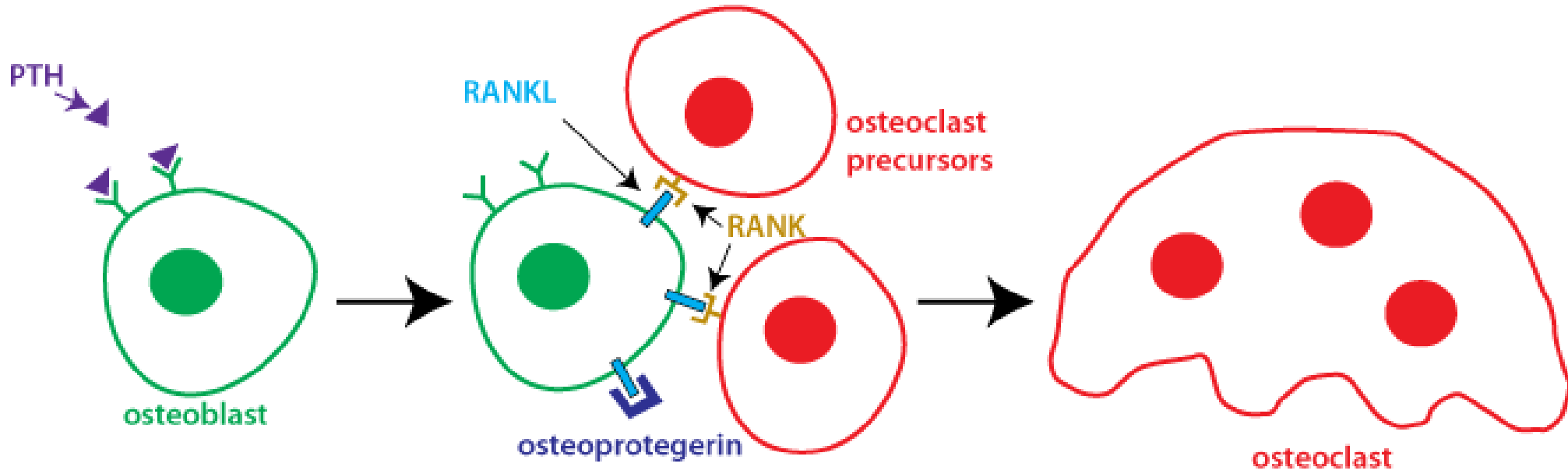
Άξονας PTH/1,25 (OH)₂ D

- Επίπεδα Ca²⁺ κάτω των 2.2 mmol/L διεγείρουν την παραγωγή της παραθορμόνης (PTH) από τους παραθυρεοειδείς αδένες
- PTH επάγει:
 - Επαναρρόφηση Ca²⁺ και απέκκριση PO₄ από τους νεφρούς
 - Σύνθεση 1,25 (OH)₂ vitamin D3) στους νεφρούς
 - 1,25 (OH)₂ vitamin D3 αυξάνει την απορρόφηση Ca²⁺ από το έντερο
 - Απορρόφηση Ca²⁺ από το οστό αυξάνει τον αριθμό και τη δραστηριότητα των οστεοκλαστών



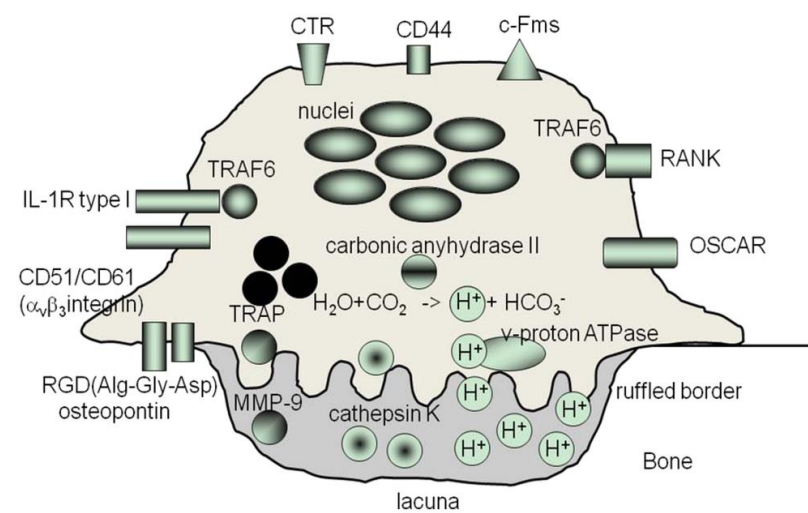
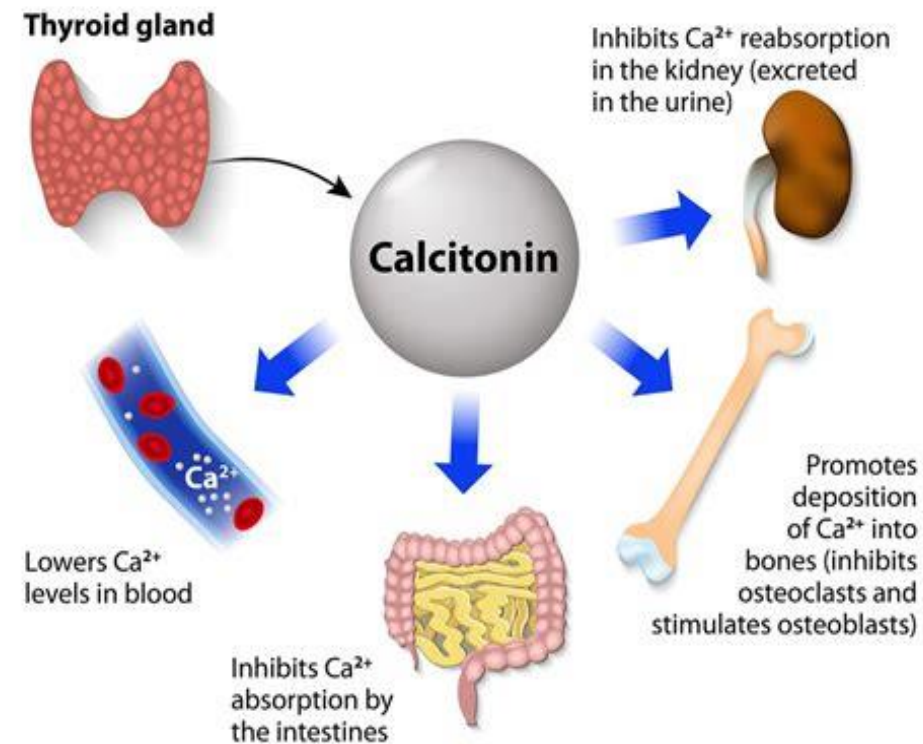
PTH: οστεοβλάστες και οστεοκλάστες

- Υποδοχέας PTH σε οστεοβλάστες



Καλσιτονίνη

- Παράγεται από τα C-κύτταρα του θυρεοειδούς αδένος
- Αδρανοποιεί τους οστεοκλάστες



c-Fms, M-CSF receptor; CTR, calcitonin receptor; MMP, matrix metalloproteinase; OSCAR, osteoclast-associated receptor; RANK, receptor activator of NFκB; TRAF, TNF receptor-associated factor; TRAP, tartrate-resistant acid phosphatase.

Άλλες ορμόνες

- Οιστρογόνα
 - Αύξηση απορρόφησης ασβεστίου από το έντερο
 - Αναστολή οστεοκλαστών
 - Εμμηνόπαυση- ταχεία απώλεια οστικής πυκνότητας
- Κορτικοστεροειδή
 - Μείωση απορρόφησης ασβεστίου από το έντερο
 - Αυξημένη επαναρρόφηση/μειωμένη παραγωγή οστού
 - Οστεοπόρωση μετά από παρατεταμένη χορήγηση κορτικοστεροειδών

