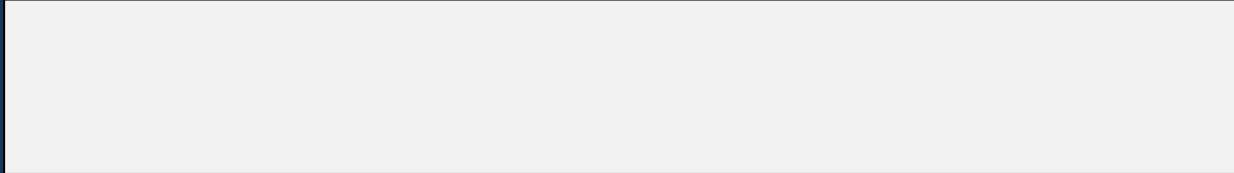




**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE**



Dipartimento di  
**Scienze della Vita**



## Lezione 11 - Il Tessuto Osseo-1

## Il Tessuto Osseo

- Connettivo specializzato con matrice calcificata
- Massima resistenza alla pressione e alla trazione
- Estremamente leggero
- Sostegno, protezione, leva e riserva di minerali
- Sistema dinamico che si riorganizza in funzione alle forze di carico
- E' sensibile allo stato nutrizionale e soggetto a controllo endocrino

# Funzioni del tessuto osseo



## **FUNZIONI SCHELETRICHE**

costituisce l'impalcatura interna  
dell'organismo

## **FUNZIONI MECCANICHE**

sulle ossa si inseriscono tendini e  
legamenti

## **FUNZIONI DI PROTEZIONE**

protezione dei visceri e delle parti  
mollie dell'organismo

## **FUNZIONI TROFICHE**

principale sede di deposito dello ione  
calcio (sali di  $\text{Ca}^{2+}$ )

## **FUNZIONI EMOPOIETICHE**

nelle cavità midollari risiede il midollo  
osseo emopoietico

# Diagramma: Classificazione delle Ossa



# Osservazione macroscopica

## Classificazione morfologica

- **Ossa lunghe:** es. Femore, Omero (diafisi, epifisi)
- **Ossa corte:** es. Ossa della mano e del piede
- **Ossa piatte:** es. Ossa del cranio, scapole
- **Ossa irregolari:** es. Vertebre, sfenoide e etmoide del cranio
- **Ossa sesamoidi:** es. Rotula

# Osservazione microscopica

## Organizzazione del tessuto osseo

Costituito da matrice extracellulare **CALCIFICATA** detta **Osteoide** (componente inorganica=70% del peso dell'osso) + **cellule**



**Figura 16.1** ▲ Osso lungo decalcificato. In seguito all'estrazione di sali minerali, l'osso perde la sua durezza e diventa flessibile senza, tuttavia, perdere la sua caratteristica forma.

**Periostio** a lamelle parallele esterne, ricco di fibre di collagene intrecciate (non è presente nelle superfici ricoperte di cartilagine articolare), forami nutritizi per il passaggio di vasi sanguigni (diverso da cartilagine!)

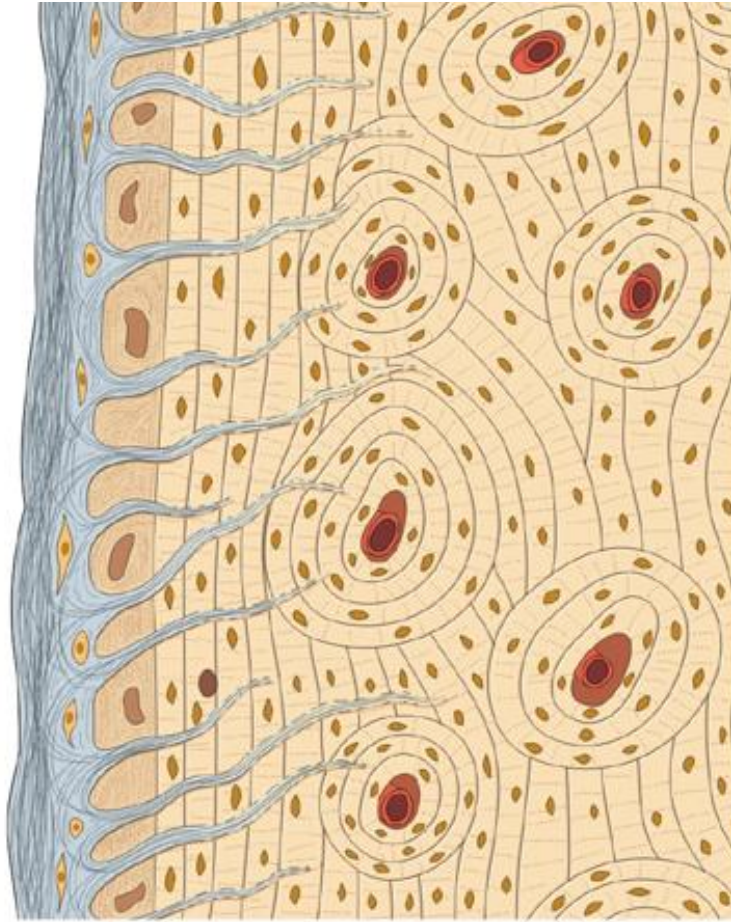
Strato interno al periostio con **cellule osteoprogenitrici**

**Tessuto osseo** con **osteoblasti**, **osteociti** con **lacune ossee** e **vasi sanguigni** (diverso da cartilagine!)

**Endostio** connettivo con **cellule osteoprogenitrici** che riveste le superfici delle **cavità midollari**

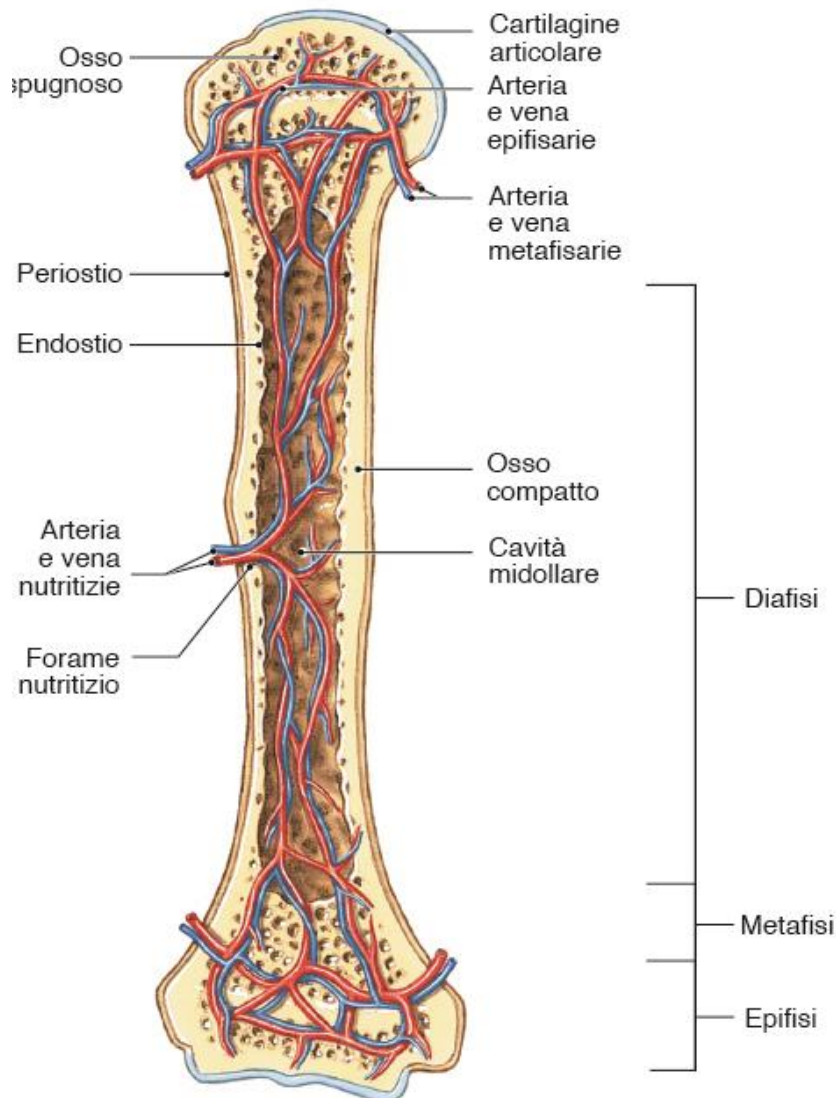
# Il periostio

formato da grossi fasci di fibre. Alcune di esse (**FIBRE DI SHARPEY**) si addentrano nell'osso compatto ed arrivano agli osteoni periferici



© 2007 edi.ermes milano





La matrice mineralizzata e priva di acqua non consente il libero passaggio dei gas respiratori e dei nutrienti:

I **canali vascolari** riescono ad ovviare a questo problema

**Figura 16.2** ▲ Rappresentazione schematica dell'organizzazione interna e della rete vascolare di un osso lungo. Relazione strutturale tra osso compatto e osso spugnoso. Le arterie nutritizie penetrano attraverso i forami, piccole aperture nell'osso che hanno origine durante il processo di ossificazione come percorso dei vasi sanguigni principali.

# Cellule del Tessuto Osseo

- Osteoblasti,
- osteociti,
- osteoclasti e
- cellule osteoprogenitrici

svolgono ruoli distinti nella formazione e nel rimodellamento dell'osso.

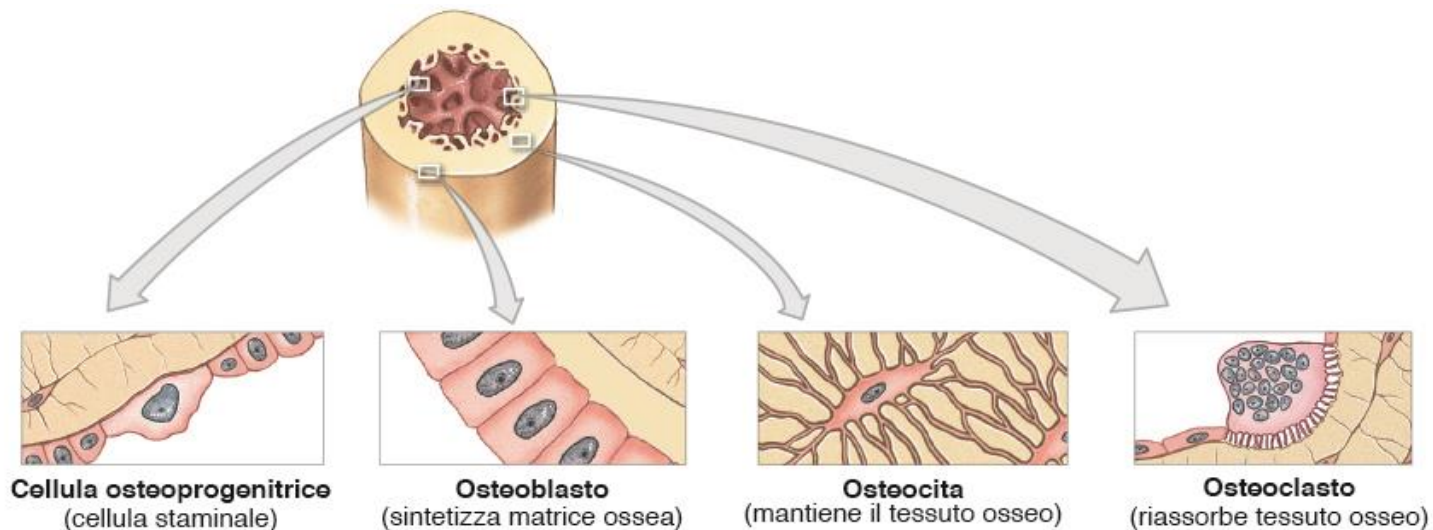
# Osservazione microscopica:

## Le cellule del tessuto osseo

5 tipi cellulari:

1. cellule osteoprogenitrici
2. Osteoblasti
3. Osteociti
4. Cellule di rivestimento
5. Osteoclasti

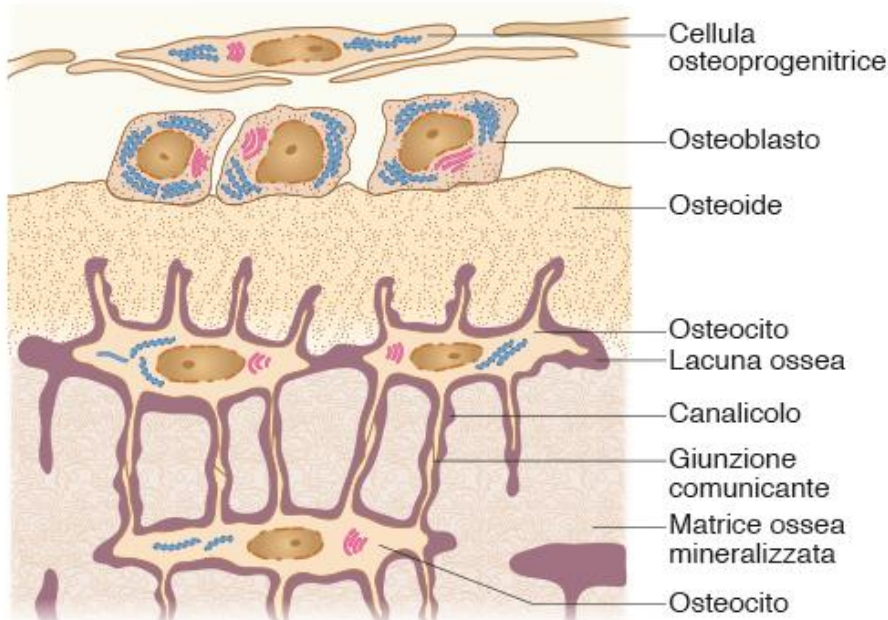
Sono considerati stadi differenziativi stesse cellule e derivano da cellule mesenchimali



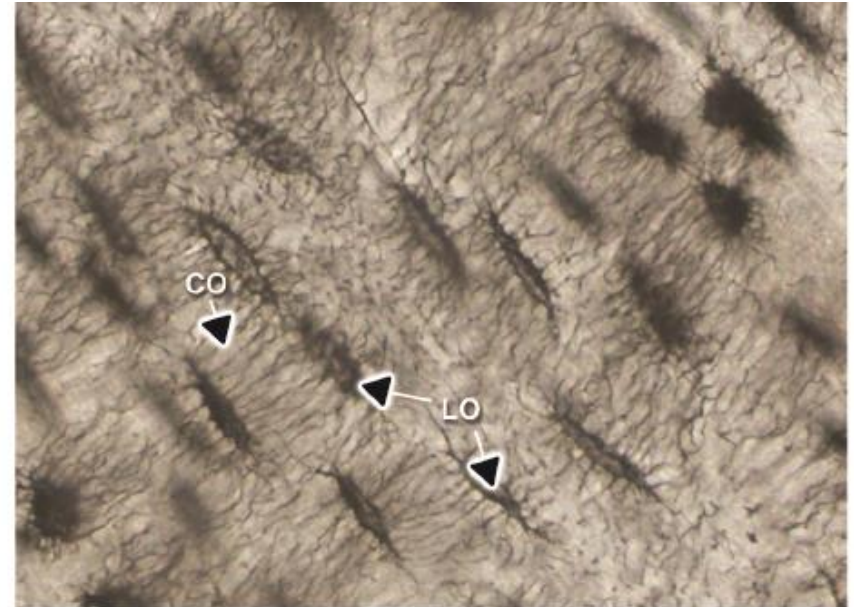
**Figura 16.19** ▲ Rappresentazione schematica delle cellule del tessuto osseo. Le cellule osteoprogenitrici, gli osteoblasti e gli osteociti sono stadi differenziativi diversi dello stesso tipo cellulare, che si originano dalla cellula staminale mesenchimale. Gli osteoclasti derivano da precursori emopoietici, da cui derivano anche i macrofagi.

# Osservazione microscopica:

## disposizione spaziale delle cellule dell'osso



**Figura 16.3 ▲** Rappresentazione schematica della disposizione di cellule osteoprogenitrici, osteoblasti e osteociti nella matrice ossea. Le cellule osteoprogenitrici costituiscono lo strato più interno del periostio e l'endostio, che riveste le cavità midollari e i canali vascolari. Esse possono differenziarsi in osteoblasti, che producono matrice ossea, inizialmente non mineralizzata (osteoidi). L'osteoidi man mano si calcifica intrappolando gli osteoblasti in lacune ossee, nelle quali si differenziano in osteociti. Gli osteociti dotati di sottili prolungamenti, che decorrono in canalicoli, entrano in rapporto con i prolungamenti di osteociti vicini mediante giunzioni comunicanti.



**Figura 16.4 ▲** Sezione longitudinale di tessuto osseo compatto ottenuta per usura (nessuna colorazione). È evidente la comunicazione tra le diverse lacune ossee (LO) realizzata dalla fitta rete di canalicoli ossei (CO), attraverso cui fluiscono i nutrienti derivati dal circolo sanguigno. Gli osteociti contenuti nelle lacune immettono i loro processi citoplasmatici all'interno dei canalicoli stabilendo giunzioni comunicanti con i prolungamenti di osteociti vicini.

# Processi di Ossificazione

- L'ossificazione membranosa avviene direttamente dal mesenchima
- L'ossificazione endocondrale coinvolge un modello cartilagineo.



# Osservazione microscopica

## Osteociti:

Cellule mature dell'osso

Metabolicamente poco attivi

Canalicoli ossei

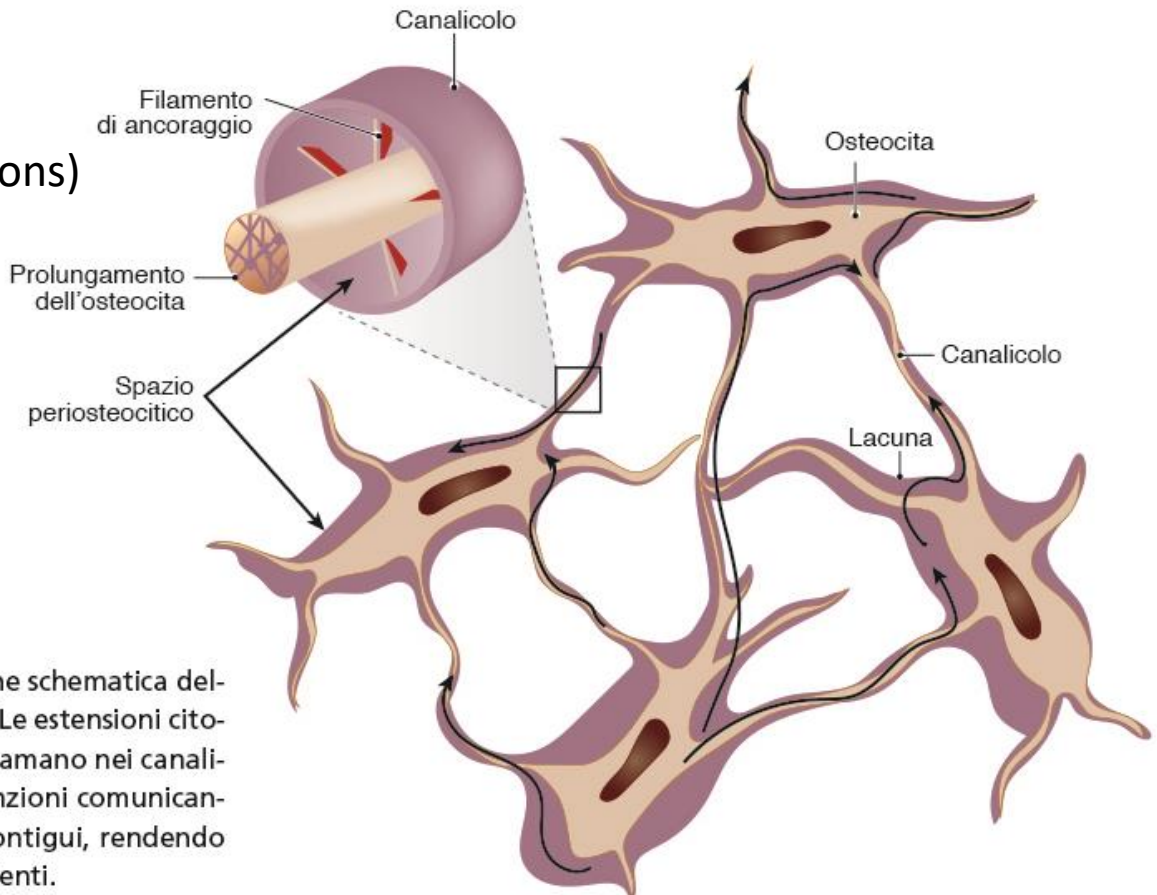
Giunzioni comunicanti (Gap junctions)

Agiscono da meccano-sensori

Segnalano mediante:

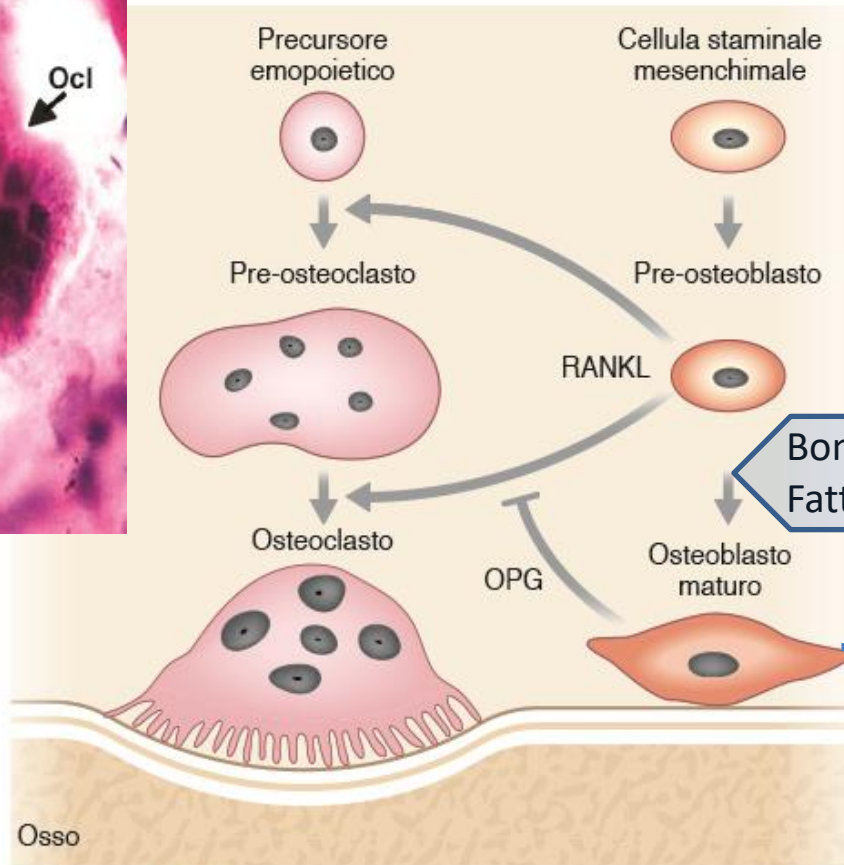
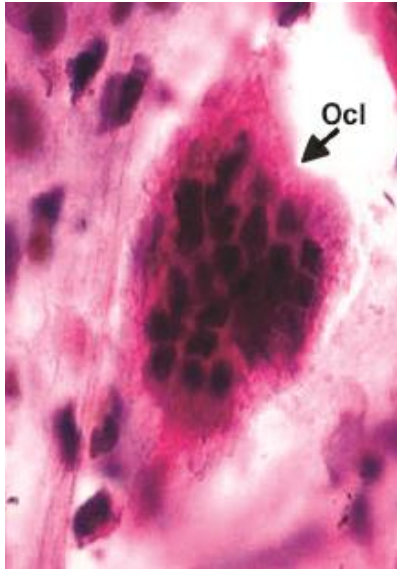
cAMP, osteocalcina, IGF-1

Osteolisi osteocitaria (MMP)



**Figura 16.23** ► Rappresentazione schematica della comunicazione tra gli osteociti. Le estensioni citoplasmatiche di queste cellule si diramano nei canalicoli ossei e si connettono con giunzioni comunicanti ai prolungamenti di osteociti contigui, rendendo possibile il trasferimento dei nutrienti.

# Osservazione microscopica



Osteoclasti:

100  $\mu$ m diametro

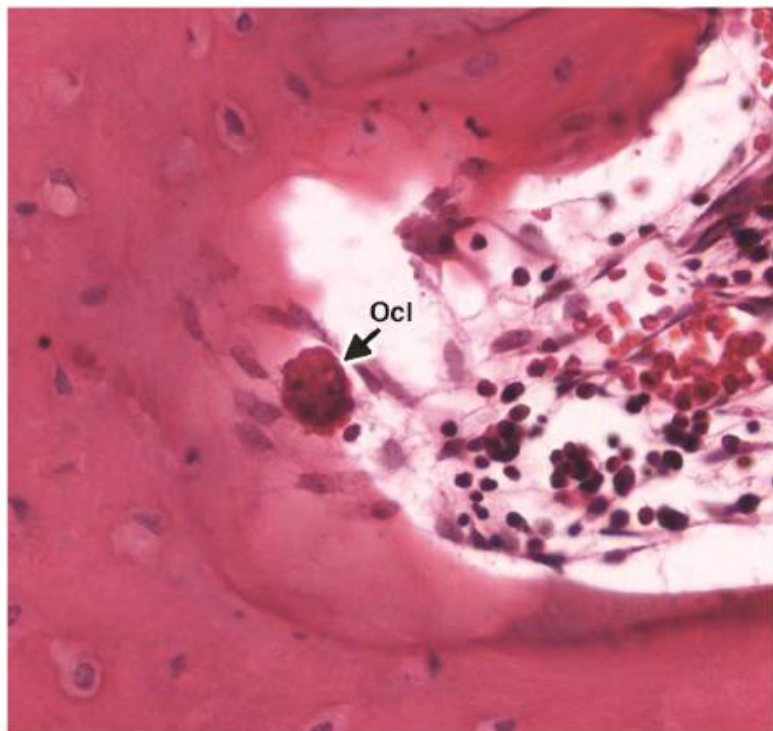
Poli-nucleate (fino a 50 nuclei)

Numerosi lisosomi

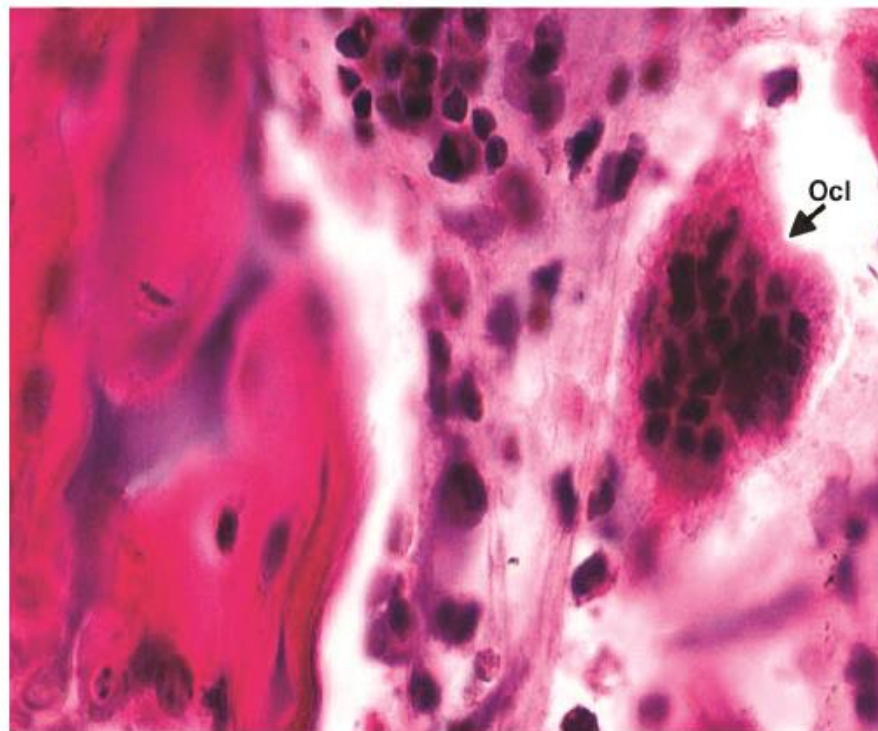
Bone Morphogenic Protein (BMP)  
Fattore di crescita  $\beta$ -trasformante

Sintesi di:  
Collagene tipo I,  
osteocalcina,  
osteonectina,  
sialoproteina

**Figura 16.21** ▲ Rappresentazione schematica della regolazione dell'attività degli osteoclasti. Gli osteoclasti sono controllati da segnali secreti dagli osteoblasti, come RANKL (*Ligand of Receptor Activator of Nuclear Factor  $\kappa$ B*), che attiva gli osteoclasti portando alla degradazione della matrice ossea, e OPG (osteoprotegerina) che lega RANKL impedendone il legame al suo recettore.



A



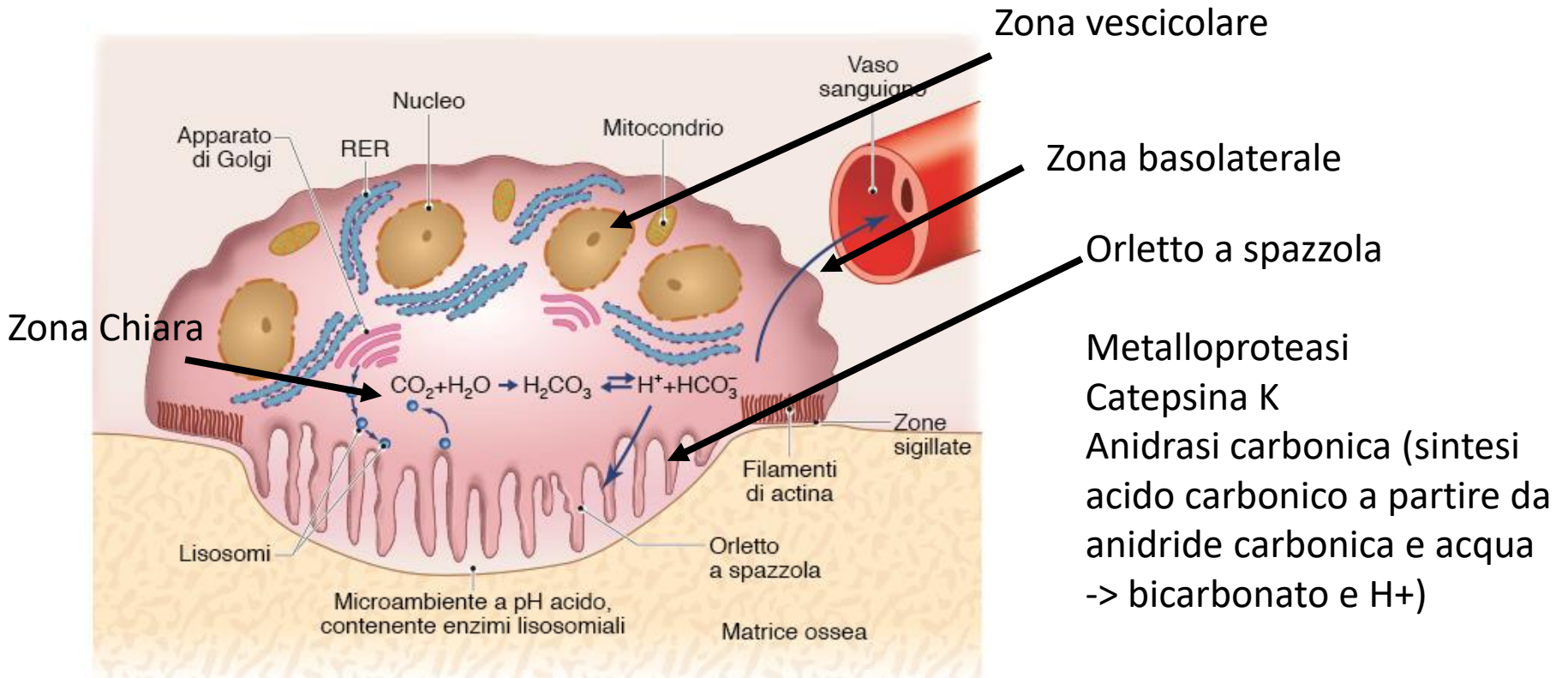
B

**Figura 16.24** ▲ Sezione di tessuto osseo spugnoso decalcificato. **(A)** È evidente un osteoclasto multinucleato (Ocl), accolto nella lacuna di Howship, sulla superficie della matrice ossea in fase di riassorbimento. **(B)** Osteoclasto multinucleato osservato ad elevato ingrandimento. **(A)** Colorazione ematossilina-eosina. **(B)** Colorazione emallume-eosina.



# Osteoclasti

Regolati da paratormone (PTH) e calcitonina



# Classificazione strutturale: tipi di osso

## Tessuto osseo non lamellare :

primario o  
immaturo, fibre  
disposte  
casualmente  
filogeneticamente  
antico

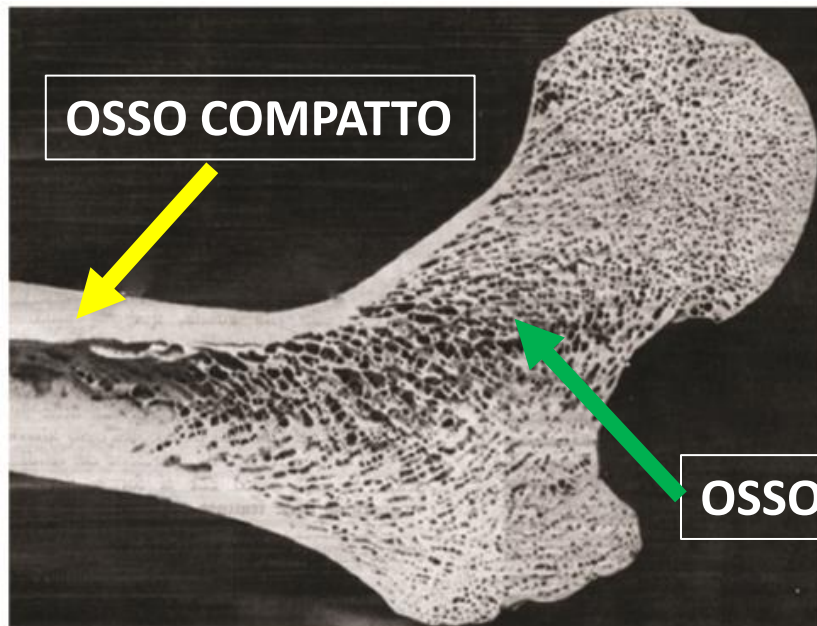
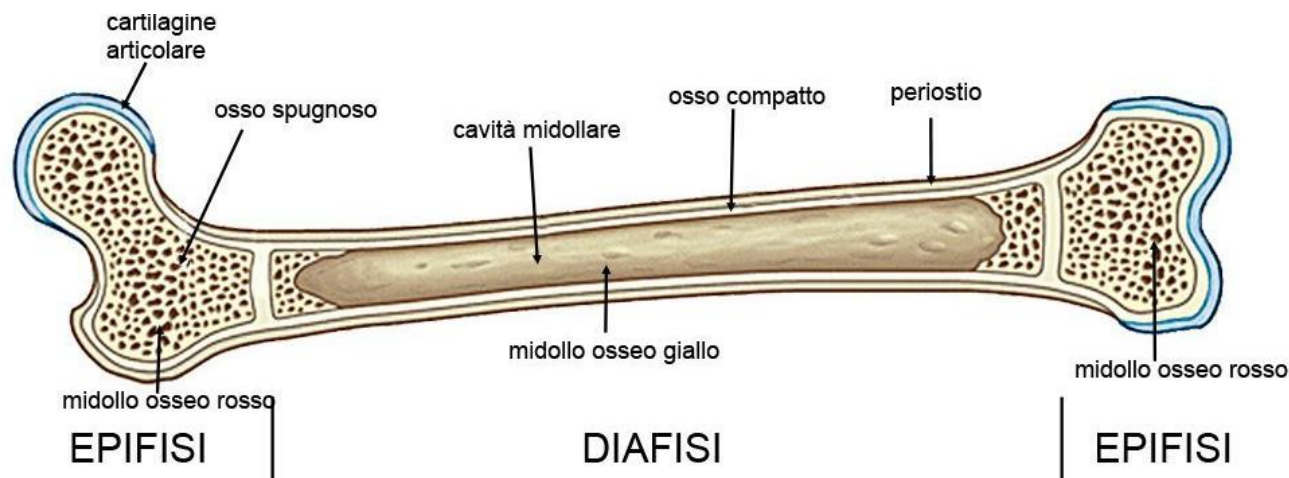
- (1) Fibre collagene disposte in **fasci intrecciati**. Scheletro definitivo di Vertebrati inferiori e l'osso primario (=scheletro embrionale e fetale) dei Mammiferi. E' il primo tessuto osseo che si forma durante la riparazione delle fratture ed in tutti i casi in cui vi è neodeposizione di tessuto osseo.
- (2) Fibre collagene disposte in **fasci paralleli**: è caratteristico degli Uccelli, è raro e transitorio nei Mammiferi.

## Tessuto osseo lamellare

Fibre della  
matrice  
extracellulare  
sono altamente  
organizzate.

1. - **COMPATTO**: spazi esigui e ridotta componente cellulare
2. - **SPUGNOSO** (o trabecolare): ricco di spazi occupati dal midollo osseo

Le 2 forme si continuano una nell'altra senza un confine netto



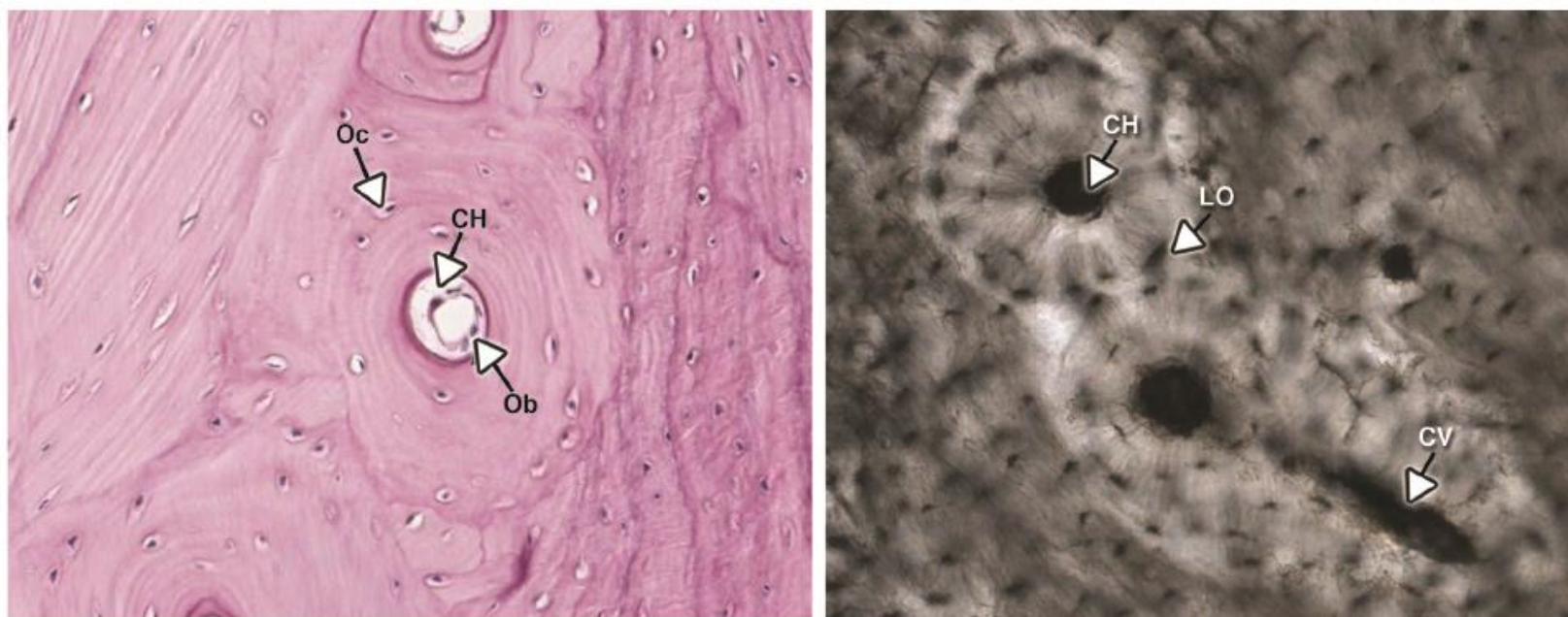
A



B

**Figura 16.8 ▲** Segmenti scheletrici. **(A)** Sezione frontale dell'epifisi prossimale e della parte iniziale della diafisi di un osso lungo (femore). Nell'epifisi è possibile osservare l'architettura delle trabecole tipiche dell'osso spugnoso, disposte secondo le linee di forza. Esse delimitano piccole cavità midollari comunicanti tra loro e con la cavità midollare presente nella diafisi costituita da osso compatto. Queste cavità sono deputate a contenere il midollo osseo. **(B)** Sezione parasagittale del corpo di una vertebra, in cui si nota un sottile strato superficiale di osso compatto e un fitto trabecolato di osso spugnoso. Questa architettura porosa armonizza la resistenza a forze di compressione con la leggerezza del pezzo scheletrico.





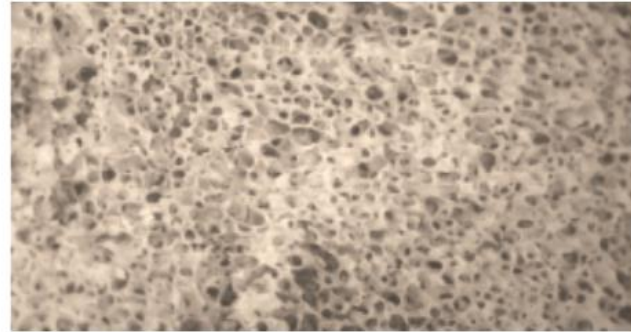
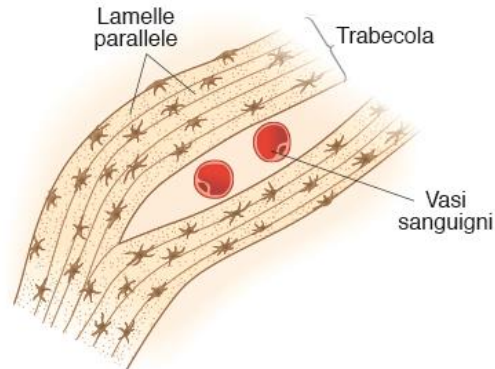
A

B

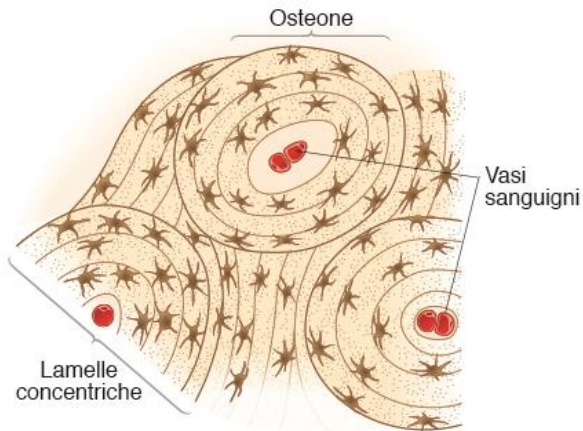
**Figura 16.5 ▲** Preparati istologici di tessuto osseo compatto. **(A)** Sezione trasversale di tessuto osseo compatto ottenuta dopo decalcificazione, colorata con ematossilina-eosina. Si notano gli osteociti (Oc) accolti nelle lacune ossee. Il canale di Havers (CH), presente al centro dell'osteone, contiene il vaso sanguigno e presenta alcuni osteoblasti (Ob). **(B)** Lamina di tessuto osseo compatto preparata con il metodo dell'usura (nessuna colorazione). Il canale vascolare di Havers al centro dell'osteone e le numerose lacune ossee (LO) appaiono scuri perché, non essendo penetrato il denso balsamo che serve al montaggio del vetrino, sono pieni d'aria. Nella sezione è inoltre evidente un altro canale vascolare a decorso perpendicolare rispetto al canale di Havers, denominato canale di Volkmann (CV).

Il tessuto **osseo lamellare** è costituito da lamelle di spessore 3-7  $\mu\text{m}$ , cementate da sostanza amorfa

**A** Tessuto osseo lamellare spugnoso



**B** Tessuto osseo lamellare compatto



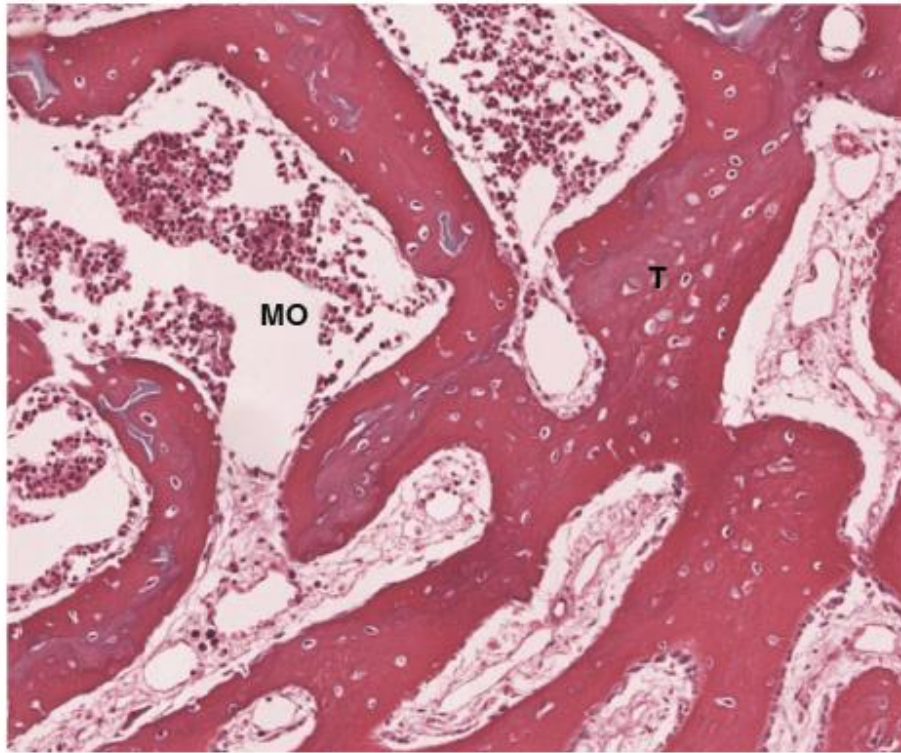
**Figura 16.7** ▲ Visione macroscopica del tessuto osseo lamellare spugnoso e compatto e rappresentazione schematica della loro organizzazione microscopica. **(A)** Nel tessuto osseo spugnoso, l'aspetto spongiforme è dovuto alla disposizione architettonica di trabecole ossee, ciascuna costituita da lamelle parallele tra loro, che delimitano cavità contenenti vasi sanguigni e midollo osseo. **(B)** Il tessuto osseo compatto, che appare come una massa densa, è caratterizzato soprattutto da osteoni, strutture cilindriche realizzate grazie a lamelle disposte concentricamente intorno ad un canale vascolare.



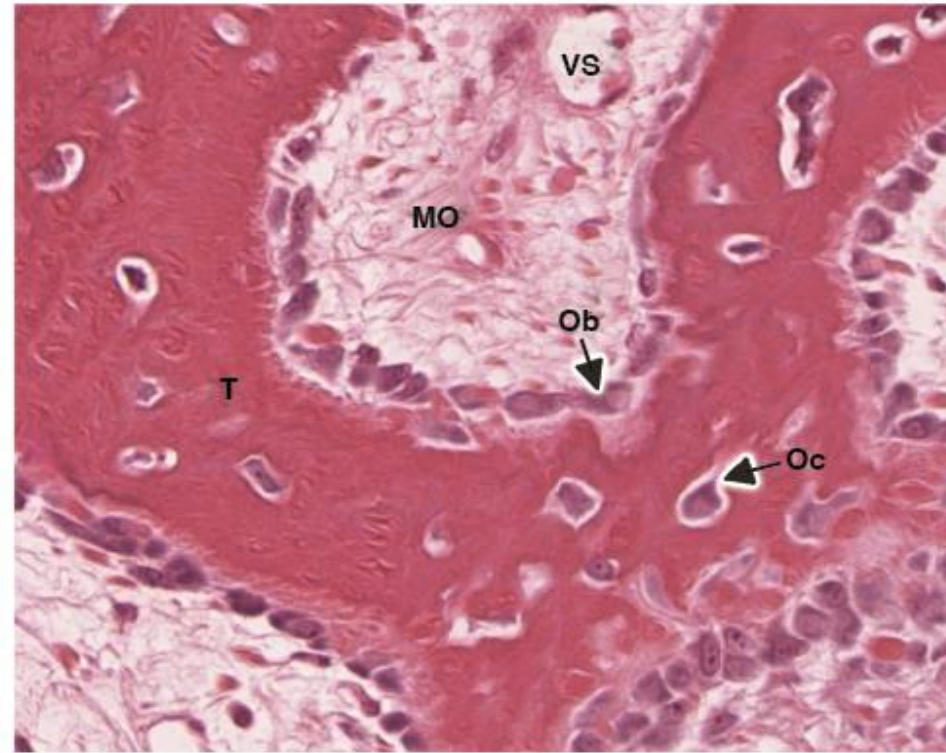
# Cavità midollari del tessuto osseo spugnoso

Midollo **ROSSO** (eritroblasti, fibre reticolari = stroma, vasi sanguigni)

Nell'adulto: ossa piatte cranio, vertebre, epifisi ossa lunghe



A

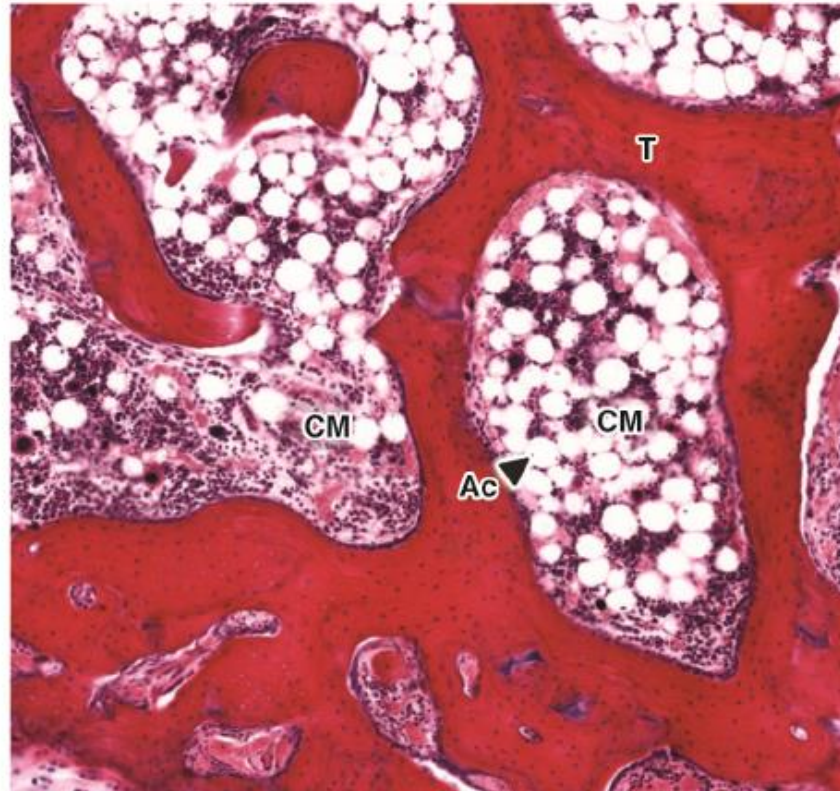


B

**Figura 16.9 ▲ (A-B)** Sezioni di tessuto osseo lamellare spugnoso. Preparato decalcificato e colorato con ematossilina-eosina a due diversi ingrandimenti. Nelle sezioni si apprezza la rete di trabecole (T) delimitanti le cavità midollari contenenti midollo osseo (MO) e vasi sanguigni (VS). Nello spessore delle trabecole sono presenti le lacune ossee, le quali contengono gli osteociti (Oc), mentre gli osteoblasti (Ob) sono allineati sul margine dove viene deposta nuova matrice ossea, che appare meno colorata.

# Cavità midollari del tessuto osseo spugnoso

Midollo **GIALLO** (adipociti uniloculari, tipico ossa età avanzata, diafisi osse lunghe)



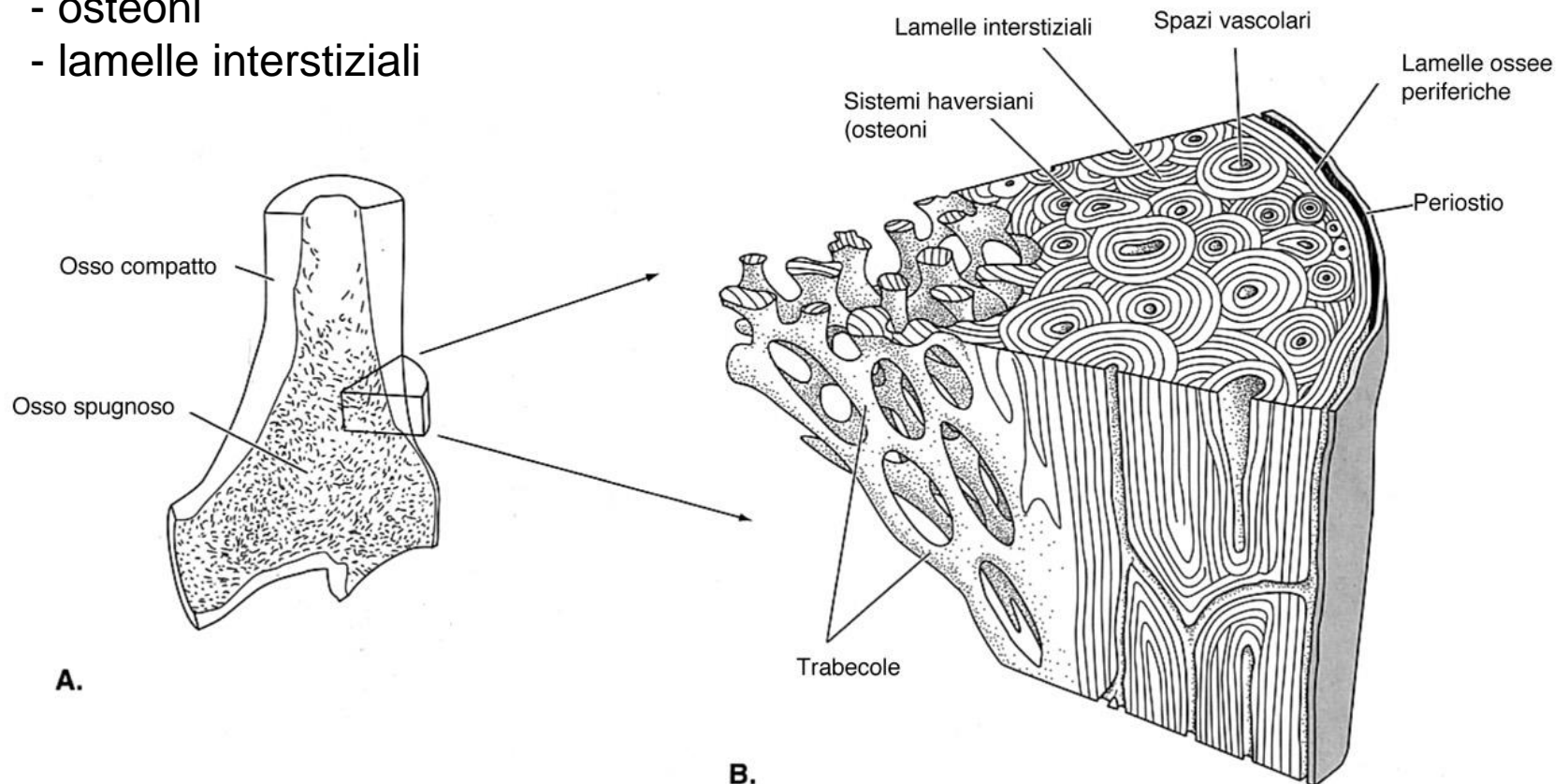
**Figura 16.10** ▲ Sezione di tessuto osseo spugnoso decalcificato. Nelle cavità midollari (CM) delimitate dalle trabecole ossee (T) è presente sia midollo osseo rosso sia midollo osseo giallo. Ac: adipocita uniloculare. Colorazione Picrosirius-ematossilina.



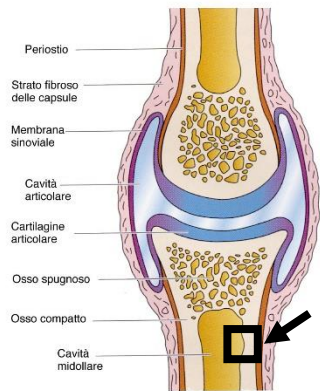
# Struttura dell'osso maturo

## Sistemi lamellari dell'osso compatto

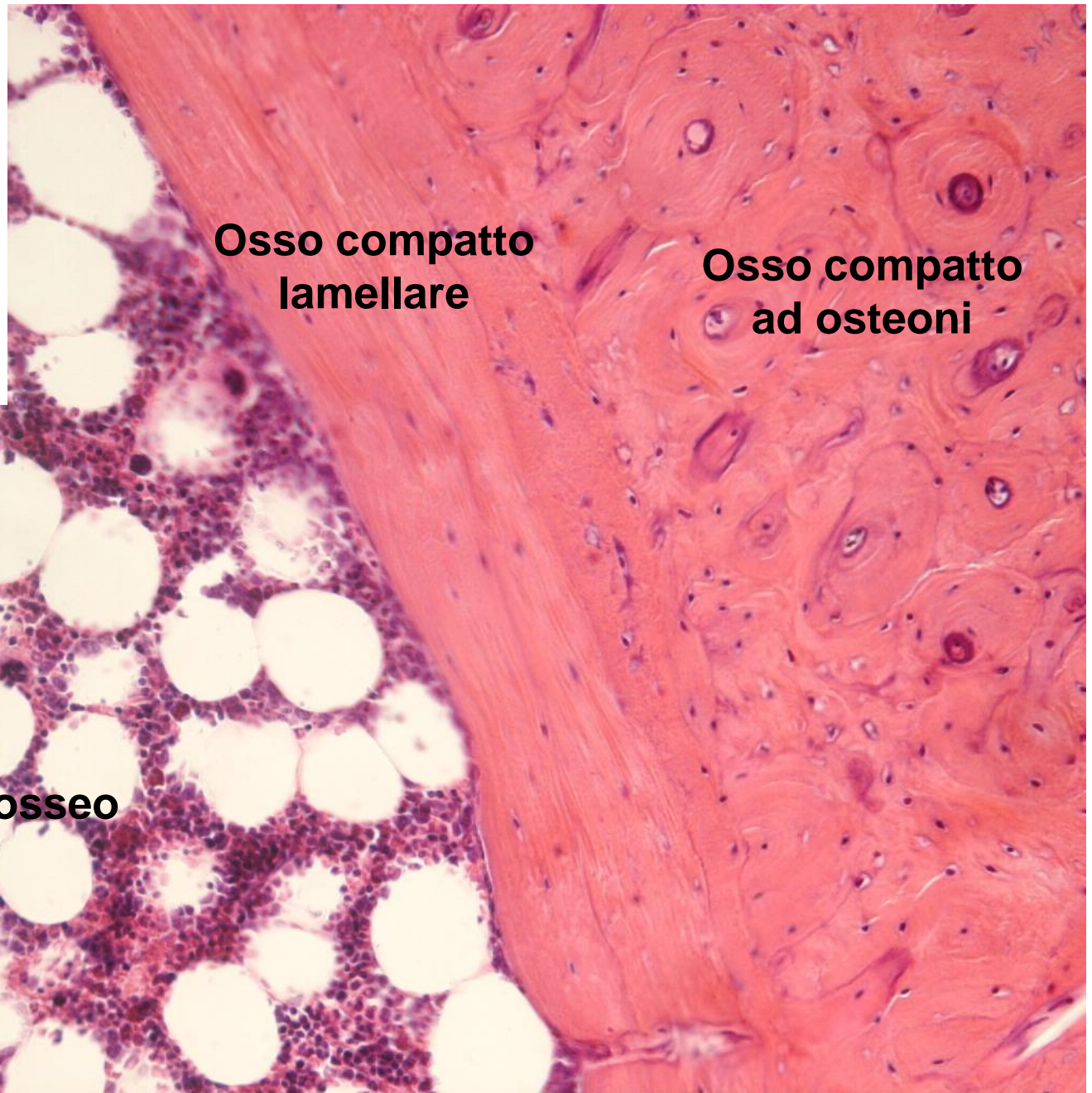
- lamelle circonferenziali est. (periferiche)
- lamelle circonferenziali int.
- osteoni
- lamelle interstiziali





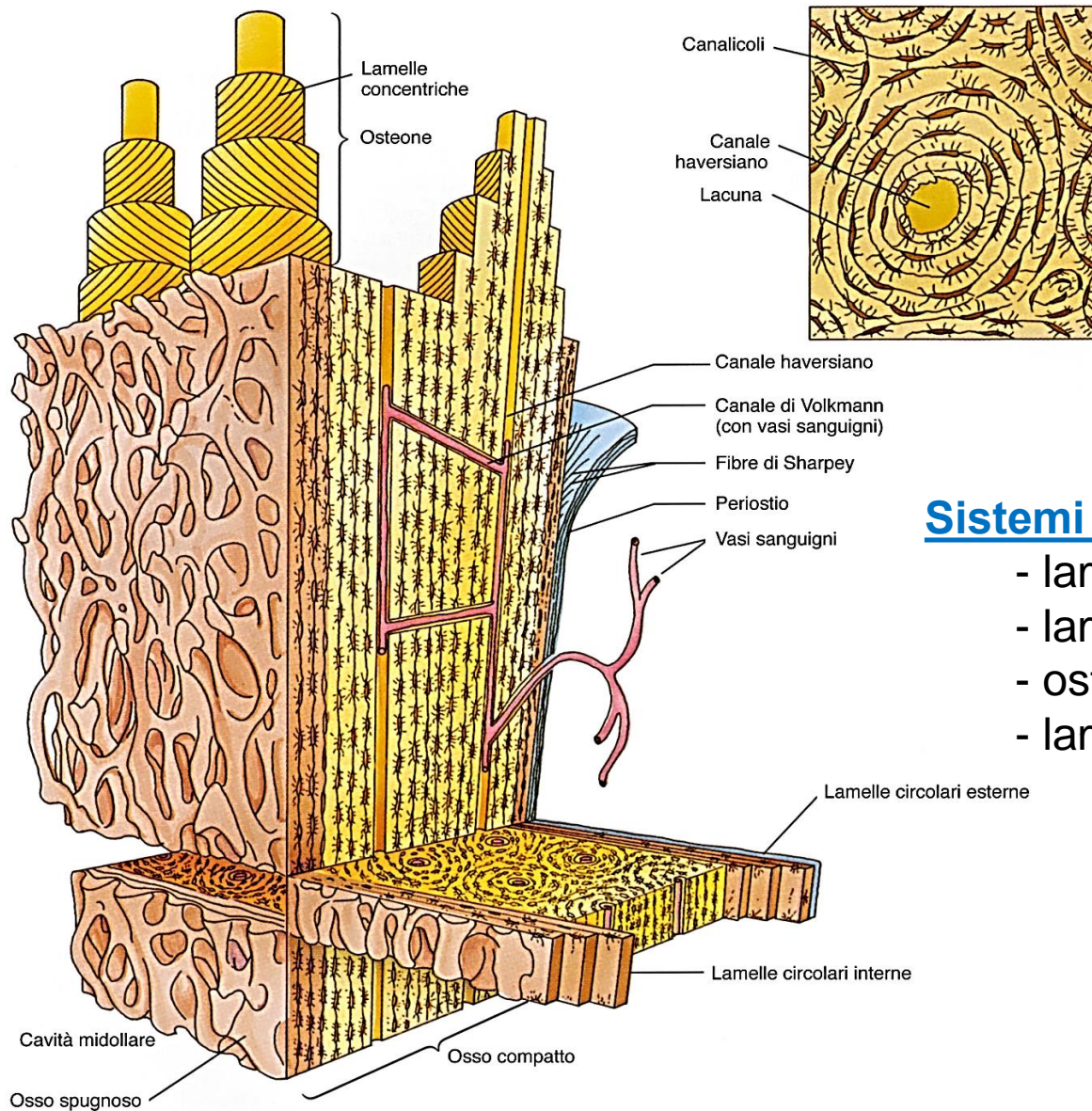


**Figura 7-20**



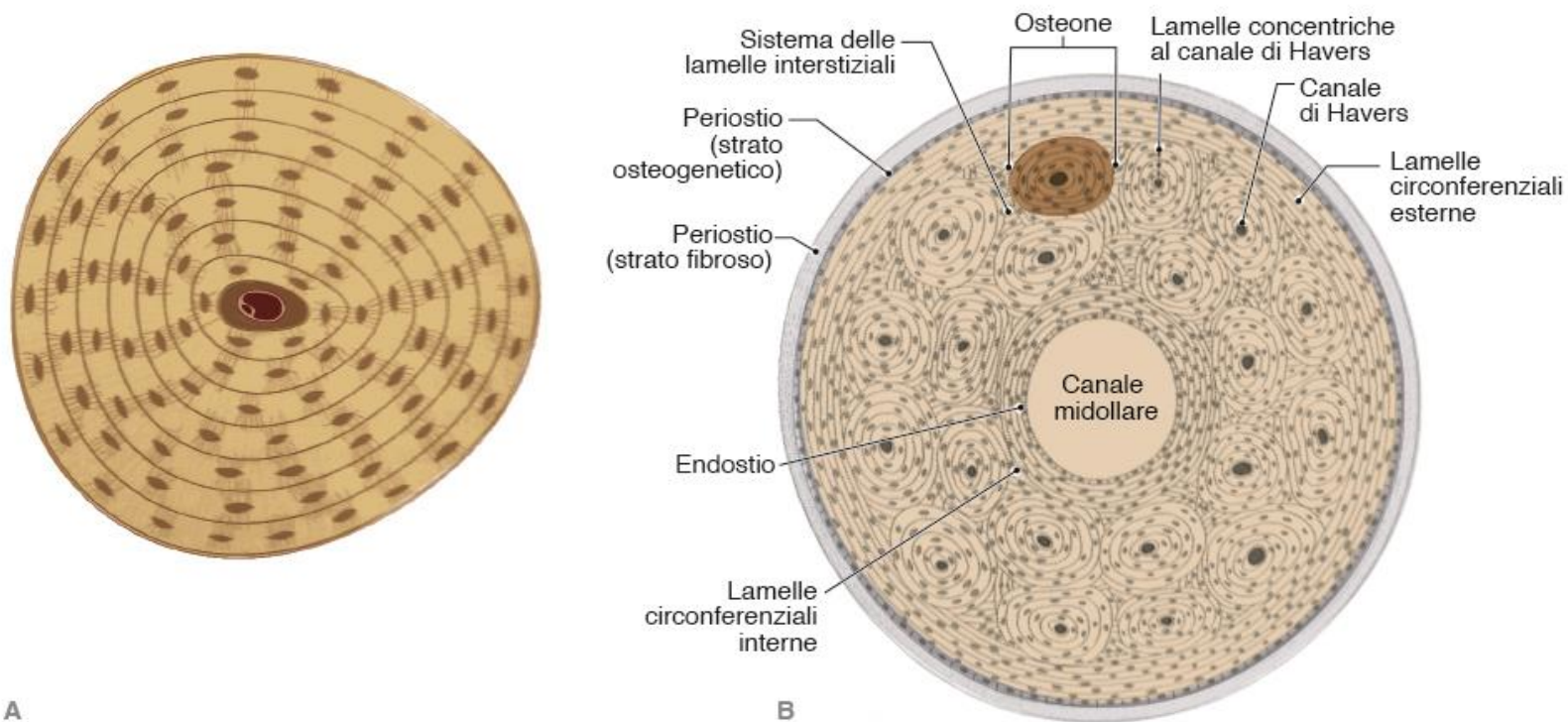


# Struttura dell'osso maturo



## Sistemi lamellari dell'osso compatto

- lamelle circolari est.
- lamelle circolari int.
- osteoni
- lamelle interstiziali



**Figura 16.17** ▲ Rappresentazione schematica dell'osteone primordiale e degli osteoni secondari che si formano durante l'osteogenesi nei mammiferi. **(A)** Nell'osteogenesi primaria la diafisi dell'osso lungo è costituita dall'osteone primordiale costituito da lamelle concentriche che si strutturano intorno ad un canale midollare centrale. **(B)** Con il procedere dell'osteogenesi, nello spessore dell'osteone primordiale si verificano processi di rimodellamento osseo che danno origine a osteoni secondari e a lamelle interstiziali. Ciò che rimane dell'osteone iniziale sono le lamelle circolari esterne ed interne.



# Struttura dell'osso maturo

**Osteoni = sistemi di Havers da 4 a 20 lamelle**

Canale centrale: 1 venula, 1 arteriola, 1 vaso linfatico, fibre nervose

Linea cementale (connettivo calcif. che delimita il perimetro)

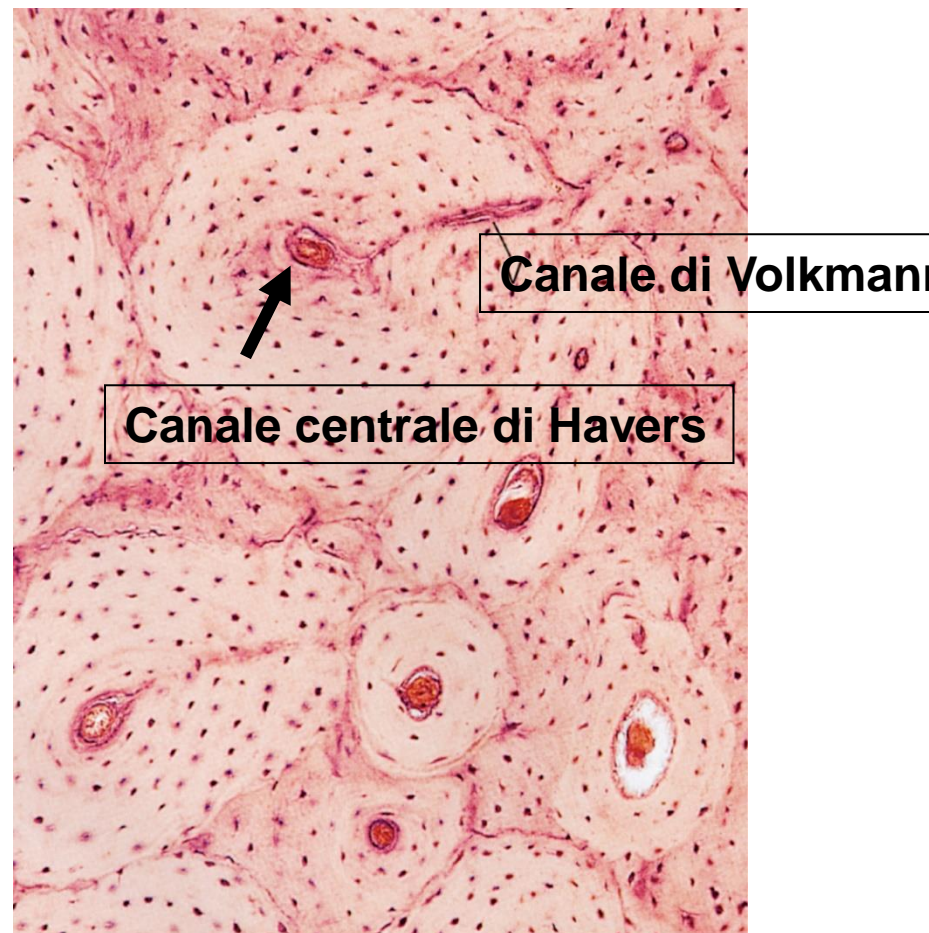
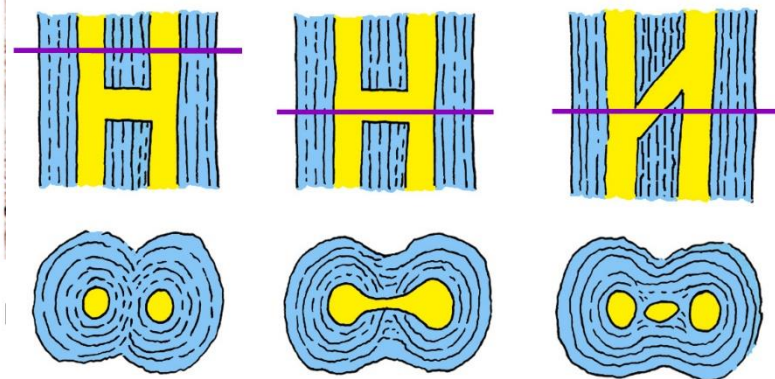
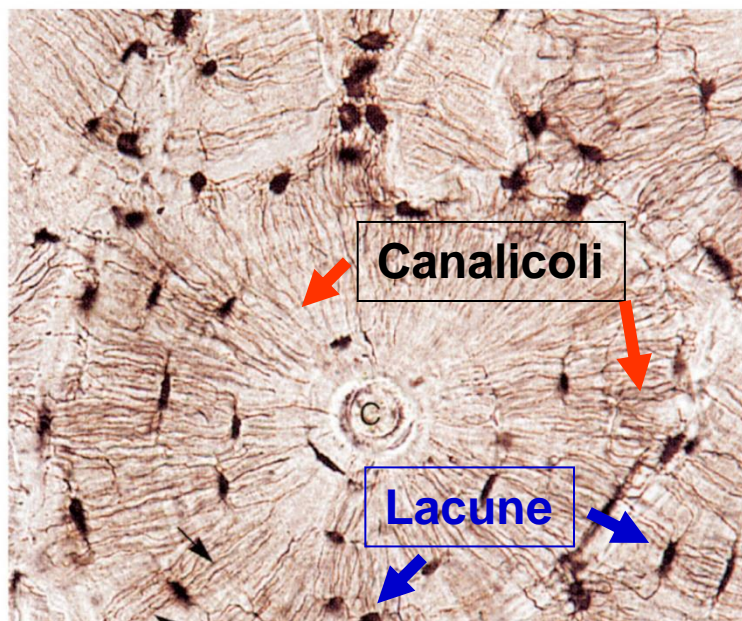
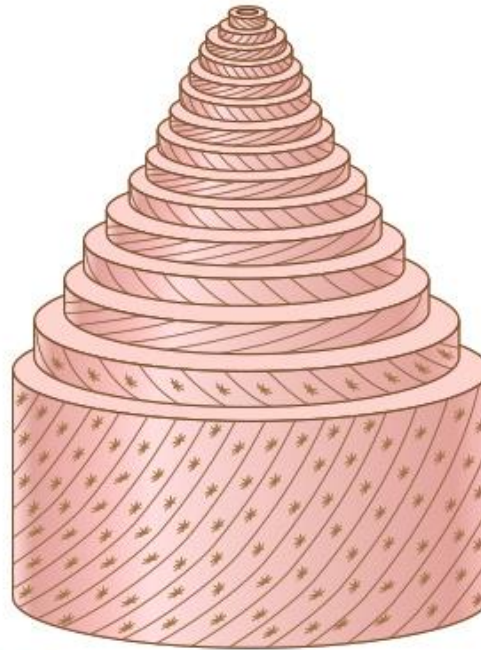


Figura 7-12



**Figura 16.15 ▲** Rappresentazione schematica della disposizione delle fibre collagene nelle lamelle concentriche di un osteone. In ogni lamella le fibre collagene decorrono parallelamente tra loro e hanno un andamento elicoidale ma in lamelle contigue hanno direzioni opposte. Nell'insieme questa organizzazione conferisce all'osso resistenza al carico applicato in tutte le direzioni.



*Isabella Dalle Donne*  
Citologia e Istologia  
**EdiSES**





# Osso compatto lamellare

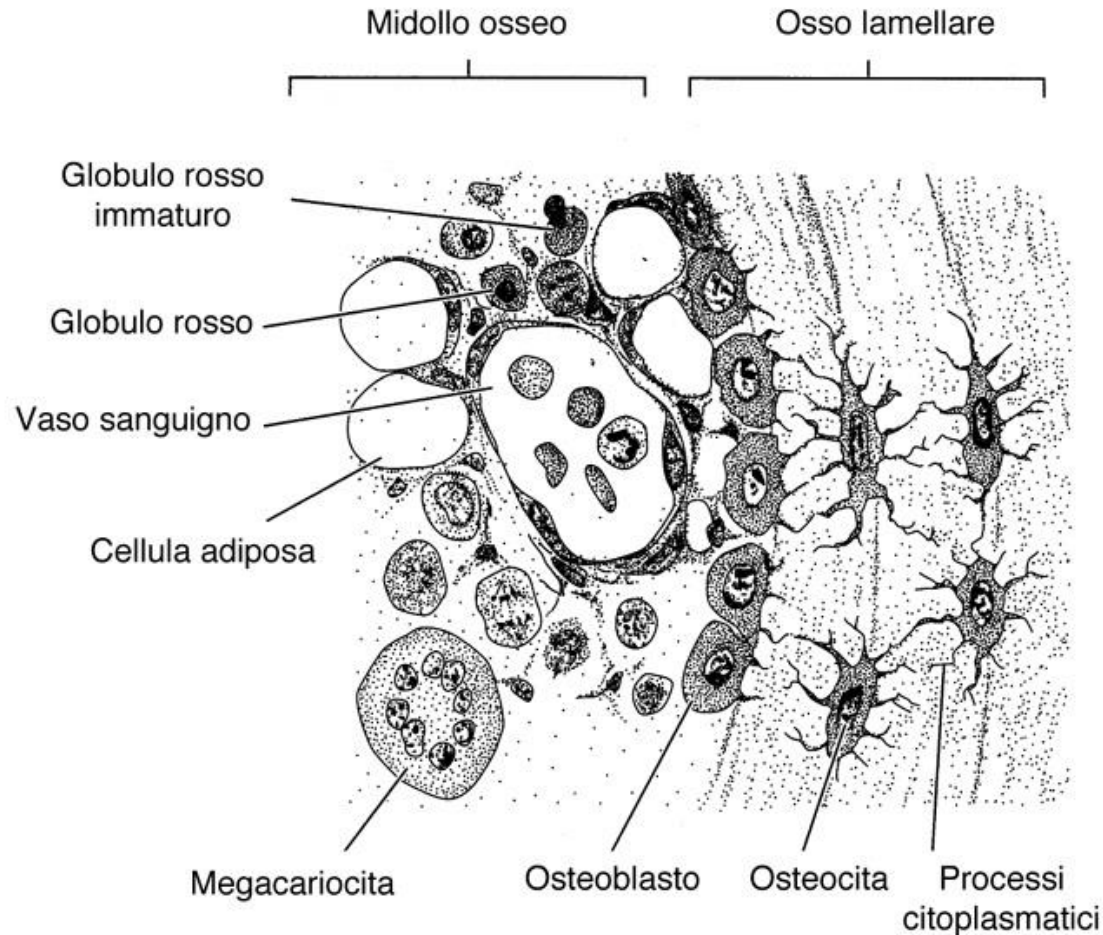
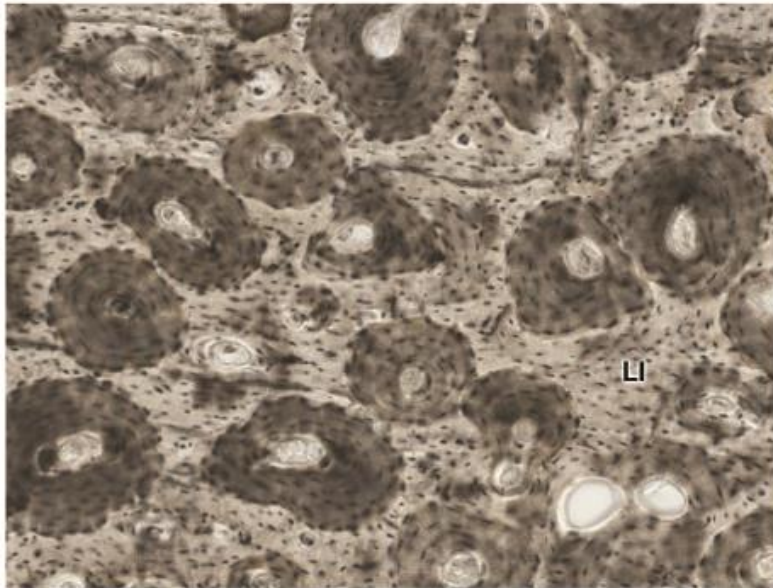
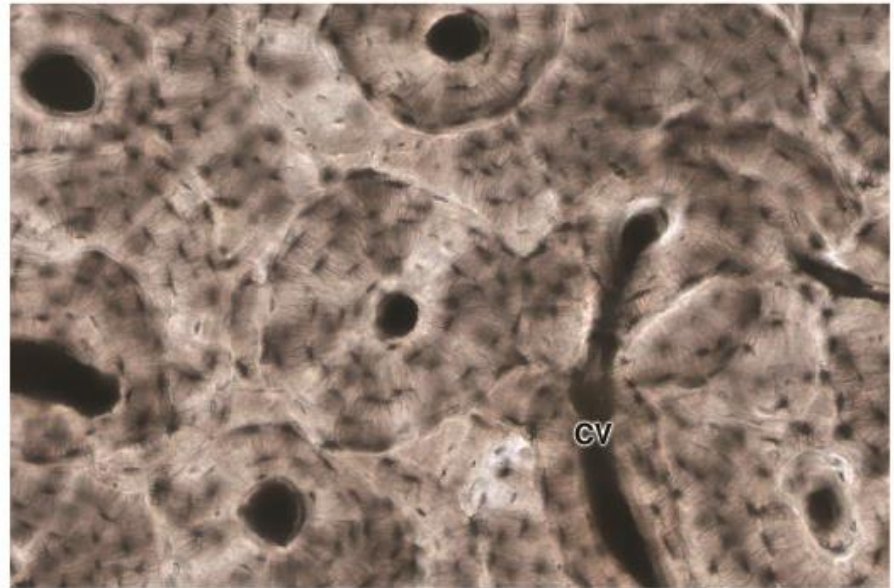


FIGURA 5.9



A



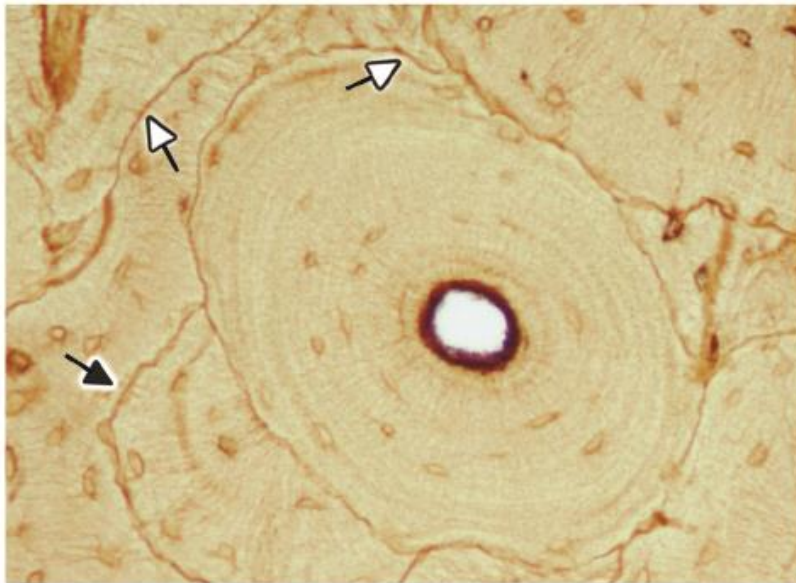
B

**Figura 16.13 ▲ (A-B)** Sezione trasversale di tessuto osseo compatto ottenuta per usura (nessuna colorazione) a due diversi ingrandimenti. L'osservazione microscopica a piccolo ingrandimento evidenzia come l'osso compatto della regione diafisaria di un osso lungo sia in prevalenza costituito da osteoni, qui sezionati trasversalmente. Gli spazi tra gli osteoni sono riempiti da lamelle interstiziali (LI). CV: canale di Volkmann.

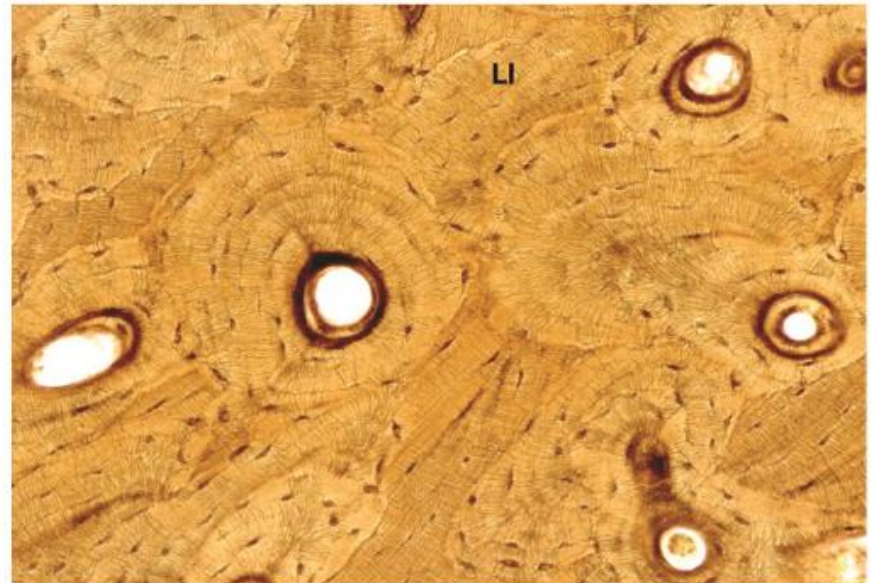


Isabella Dalle Donne  
Citologia e Istologia  
Edises





A



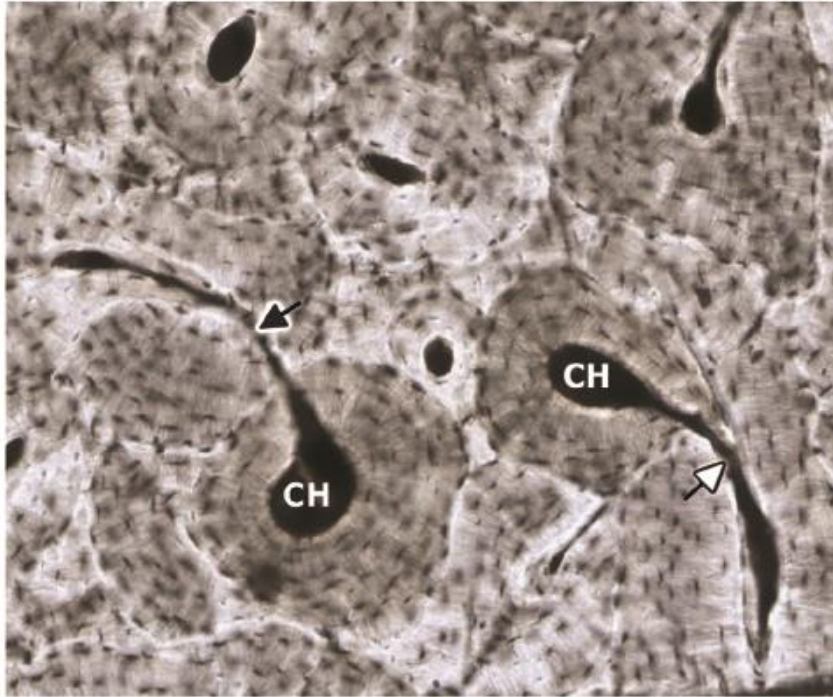
B

**Figura 16.14 ▲ (A-B)** Sezione trasversale di tessuto osseo compatto ottenuta per usura osservata a due diversi ingrandimenti. Sono evidenti le linee cementanti che delimitano gli osteoni (*freccia bianca*). Il residuo di un osteone rimaneggiato è ancora parzialmente delimitato dalla sua linea cementante (*freccia nera*). LI: lamelle interstiziali. Impregnazione aurica.

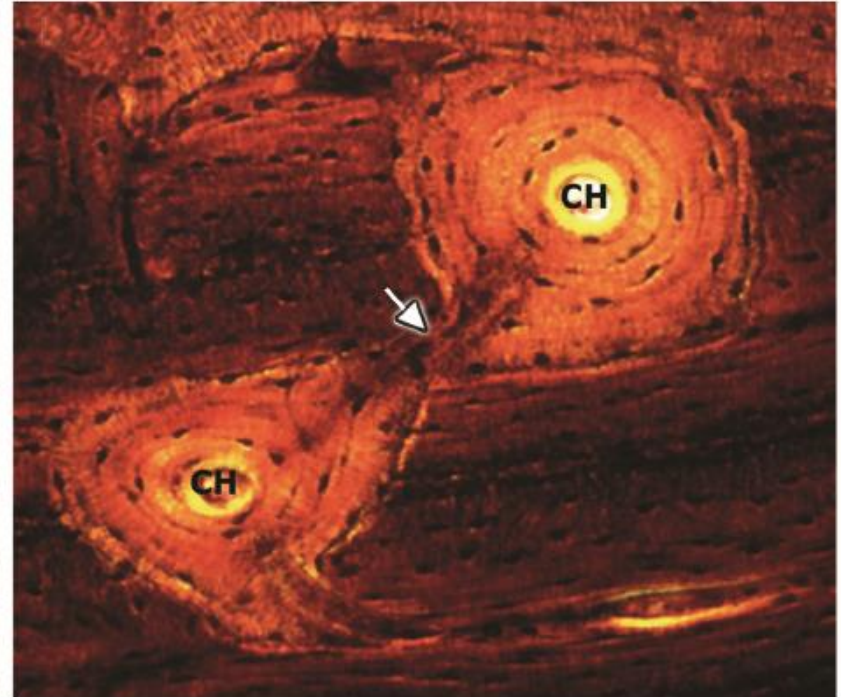


Isabella Dalle Donne  
Citologia e Istologia  
Edises





A



B

**Figura 16.18 ▲ (A-B)** Sezioni trasversali di osso compatto ottenute per usura. Sono evidenti i canali di Volkmann (*freccia*) che mettono in comunicazione i canali di Havers (CH) di differenti osteoni. **(A)** Nessuna colorazione. **(B)** Colorazione Schmorl.



Isabella Dalle Donne  
Citologia e Istologia  
Edises

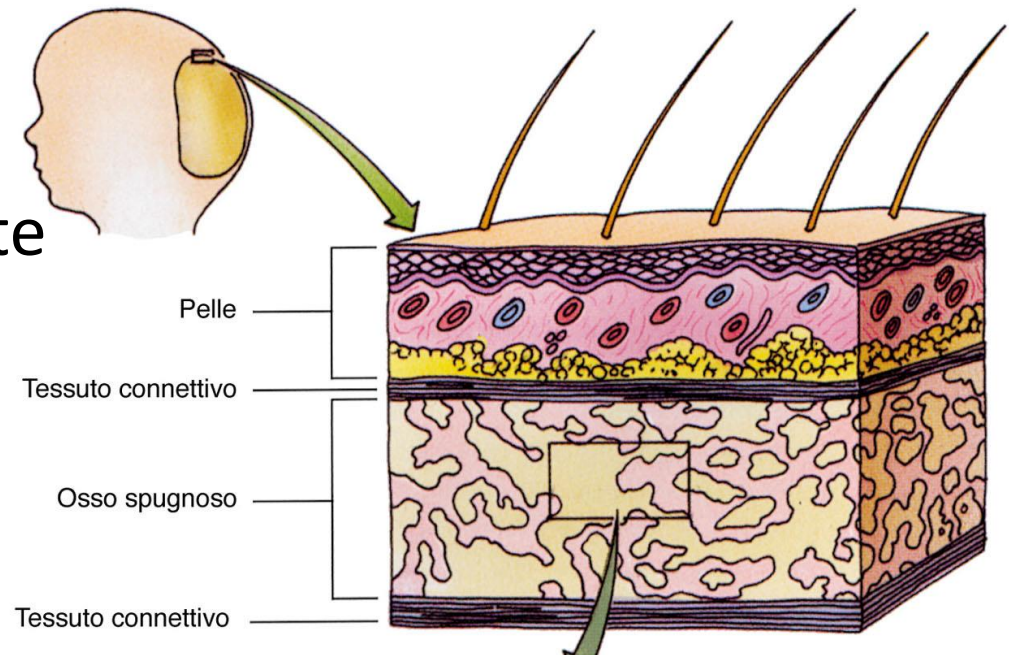
## Lezione 12 - Il Tessuto Osseo – 2 ossificazione

# **Ossificazione = processo di formazione del tessuto osseo**

- Ossificazione membranosa = quando l'osso si forma direttamente da tessuto connettivo
- Ossificazione endocondrale = quando l'osso si forma all'interno ed intorno ad un abbozzo cartilagineo che viene gradualmente sostituito
- Ossificazione periostale = sempre membranosa

# Ossificazione membranosa

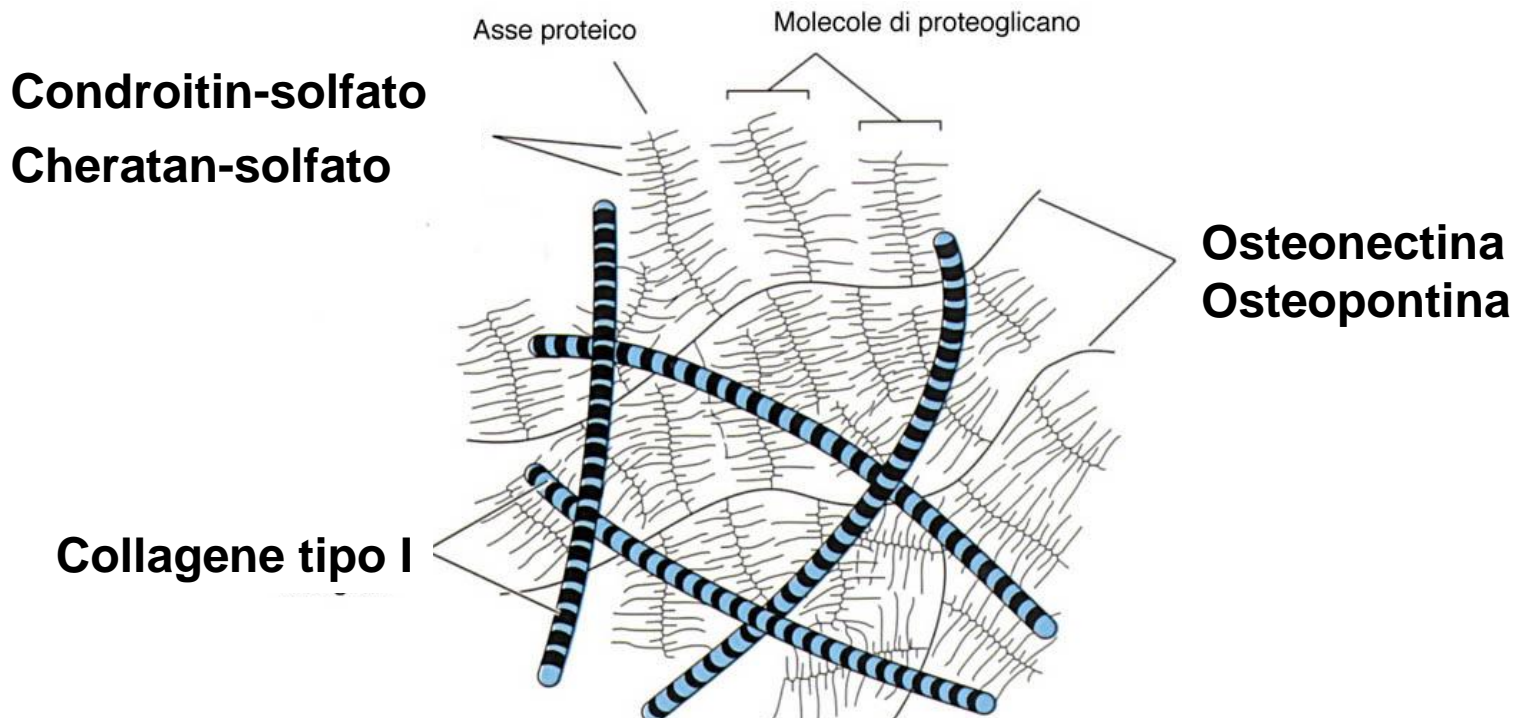
- Tipica delle ossa piatte (es. cranio, cinto pettorale)



- Avviene all'interno o sotto lo strato dermico della pelle (osso dermico)

# Ossificazione membranosa

- 1) Le cellule mesenchimali differenziano in osteoblasti
- 2) Gli osteoblasti secernono una matrice di fibre e sostanza fondamentale NON calcificata detta “osteoide”.





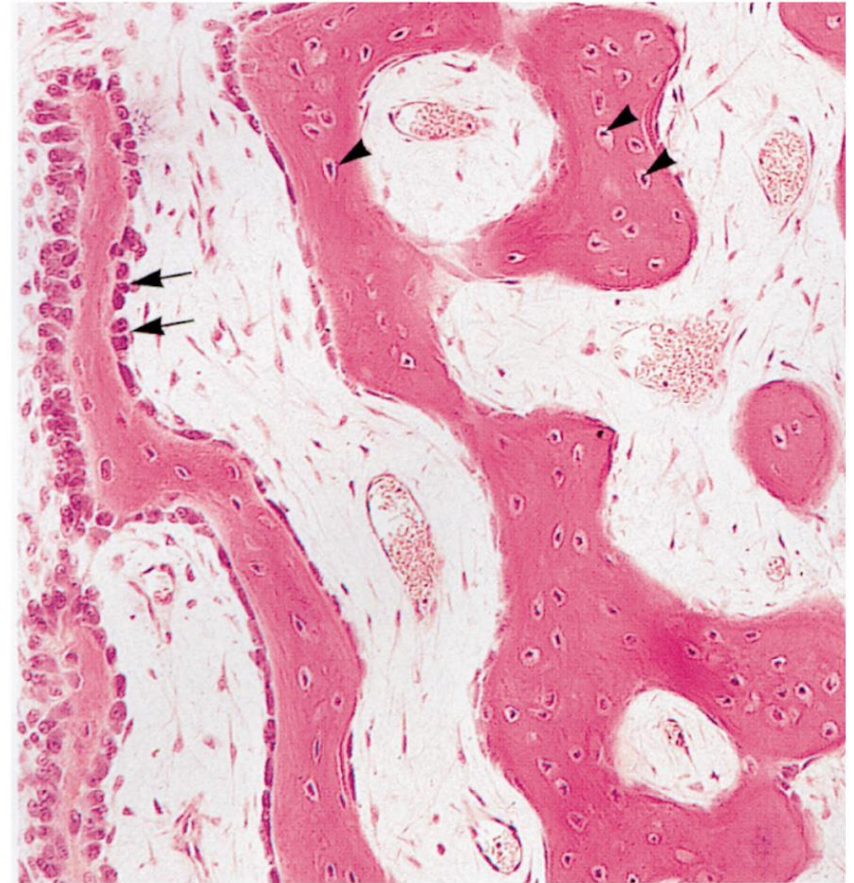
# Ossificazione membranosa

3) L'osteoido calcifica per deposizione di sali di calcio e dà origine ai centri di ossificazione primaria

4) Gli osteoblasti intrappolati nell'osteoido calcificato maturano in cellule quiescenti: gli osteociti

**Frecce = osteoblasti secernenti l'osteoido**

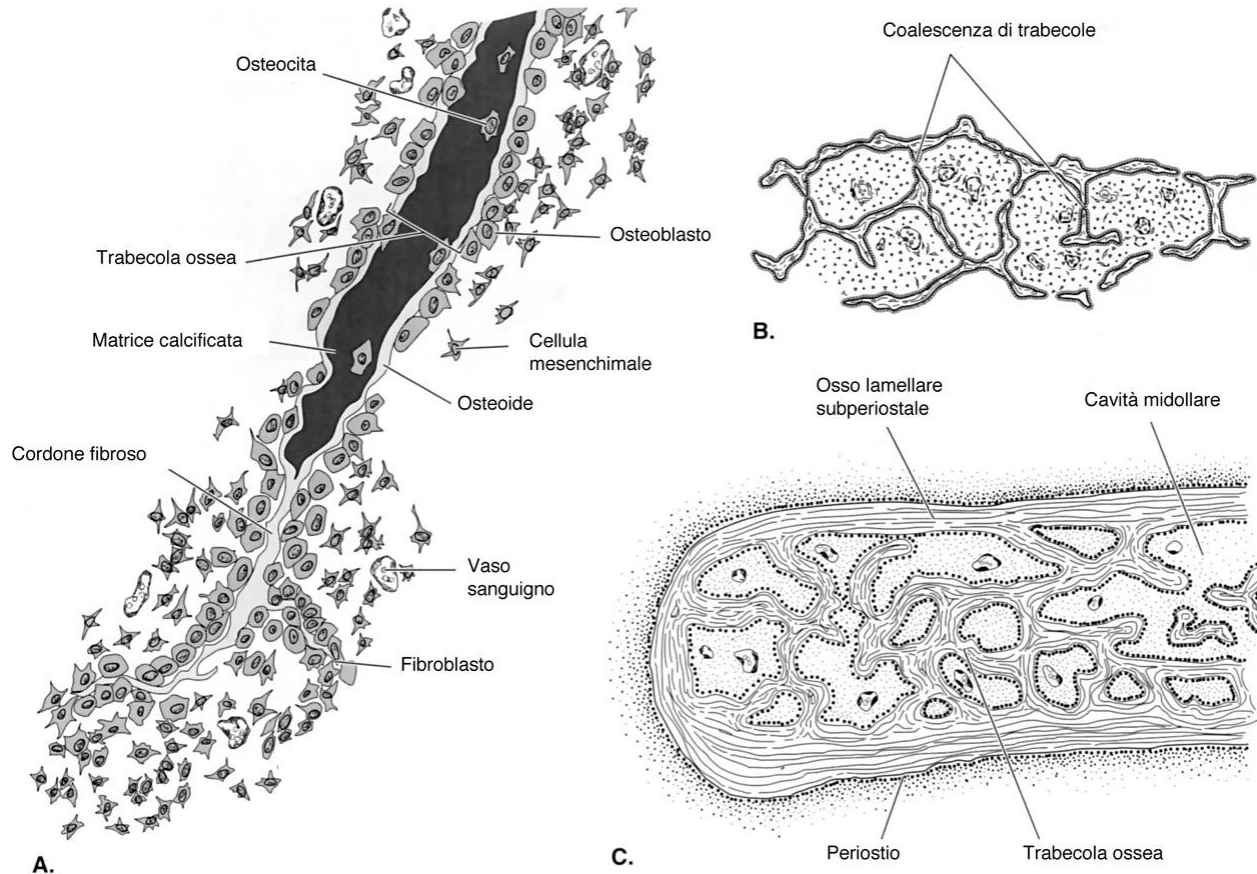
**Punte = osteociti intrappolati**



# Calcificazione

- Secrezione di calcio e degli enzimi fosfatasi alcalina e pirofosfatasi da parte degli osteoblasti
  - Deposito di sali di idrossiapatite:  
cristalli di calcio, fosfato e ioni idrossilici  
 $[3 \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2]$
- Si dispongono ordinatamente lungo le fibre di collagene che fungono da centri di enucleazione dei cristalli (= nidi di cristallizzazione)

# Ossificazione membranosa



5) Si formano spine e piccole travi ossee: le spicole e le trabecole. Numerosi centri di ossificazione che si fondono.

6) Le trabecole confluiscono e si fondono: coalescenza e stratificazione tra diversi centri di ossificazione



# Le “fontanelle” sono centri di ossificazione non ancora fusi

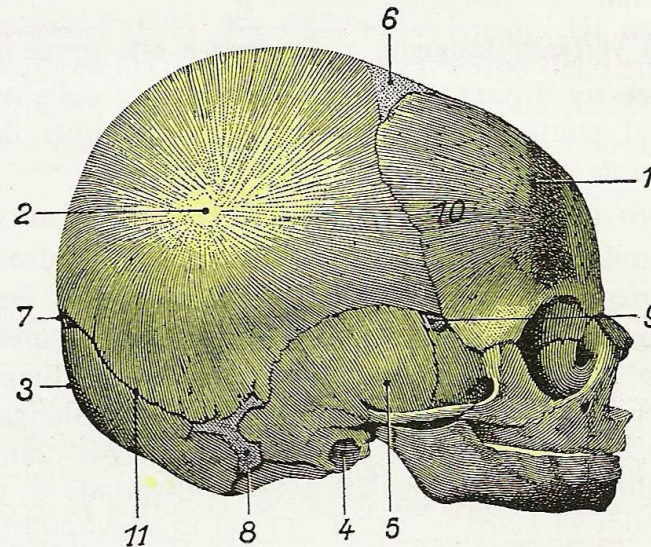
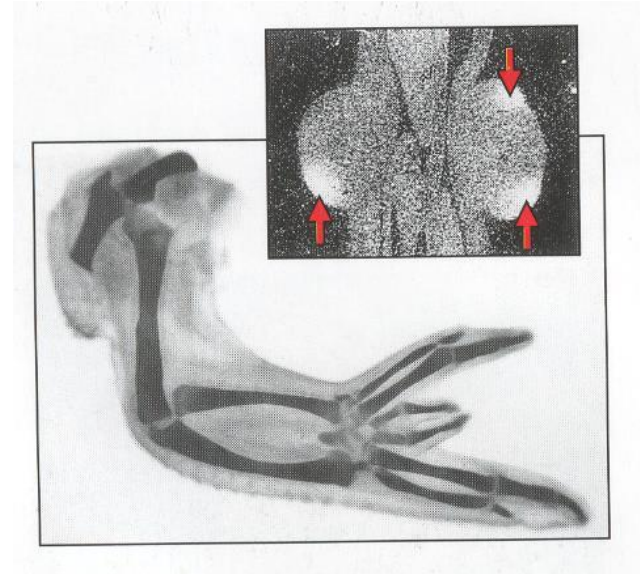


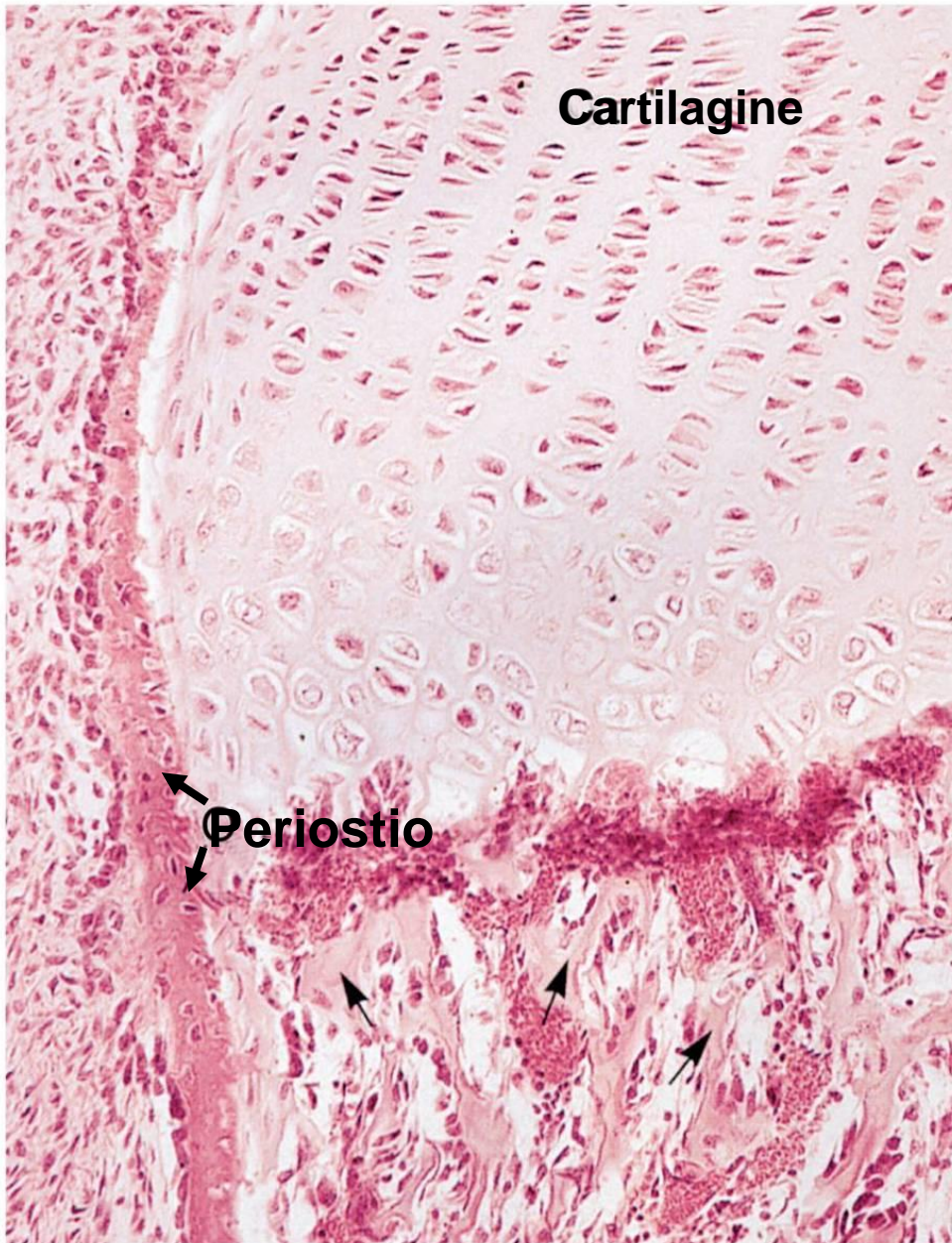
Fig. 57. — Testa di feto, vista dal lato destro: 1, frontale; 2, parietale; 3, occipitale; 4, anello timpanico; 5, temporale; 6, fontanella anteriore o bregmatica; 7, fontanella posteriore o lambdoidea; 8, fontanella mastoidea o asterica; 9, fontanella sfenoidale o pterica; 10, sutura coronale; 11, sutura lambdoidea.

# Ossificazione endocondrale

- Tipica delle ossa profonde (es. ossa arti, vertebre)



- Avviene in due stadi principali:
  - 1) **Formazione di un abbozzo cartilagineo**
  - 2) **Sostituzione della cartilagine con osso**



## Ossificazione endocondrale e pericondrile

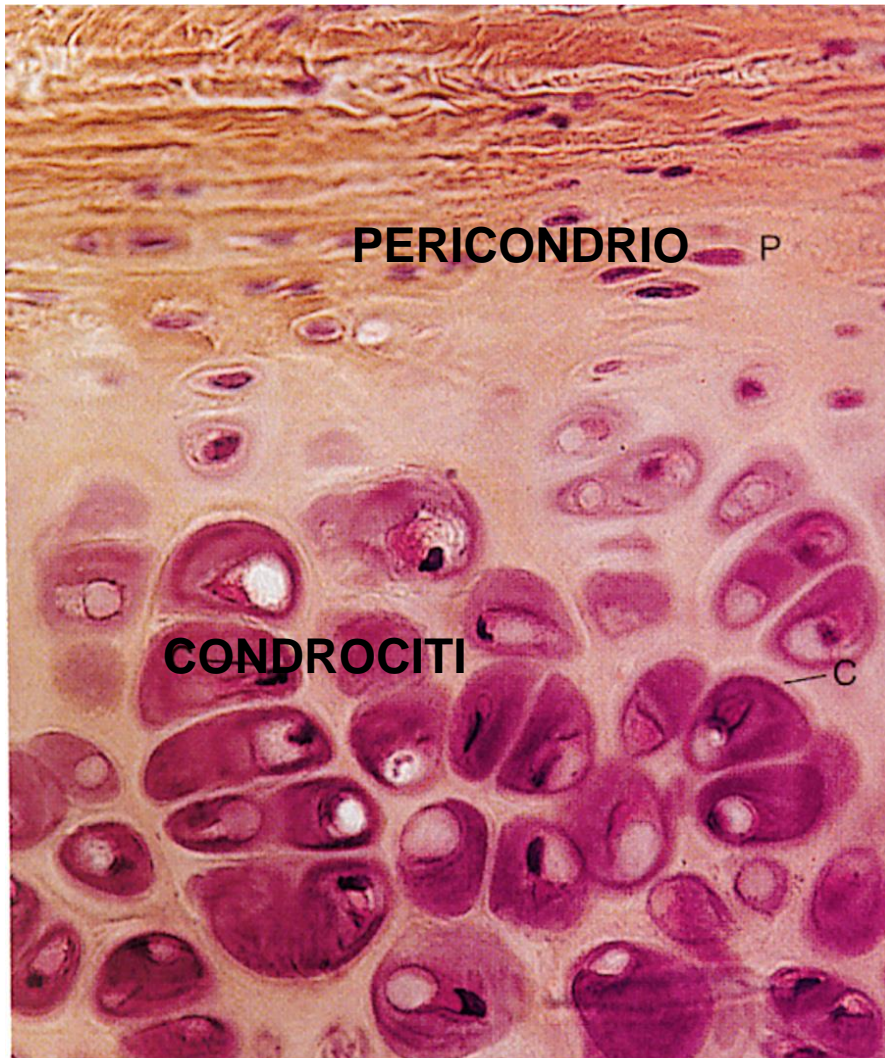
**Calcificazione endocondrale  
della matrice extracellulare  
della cartilagine**

**Calcificazione pericondrile  
del periostio  
(= ossificazione membranosa)**

**Figura 7-17**



# Ossificazione endocondrale



A) Abbozzo cartilagineo embrionale = cartilagine ialina

**I condrociti intrappolati nella matrice cartilaginea diventano ipertrofici (aumento reticolo rugoso e apparato del Golgi), accumulano glicogeno e si vacuolizzano**



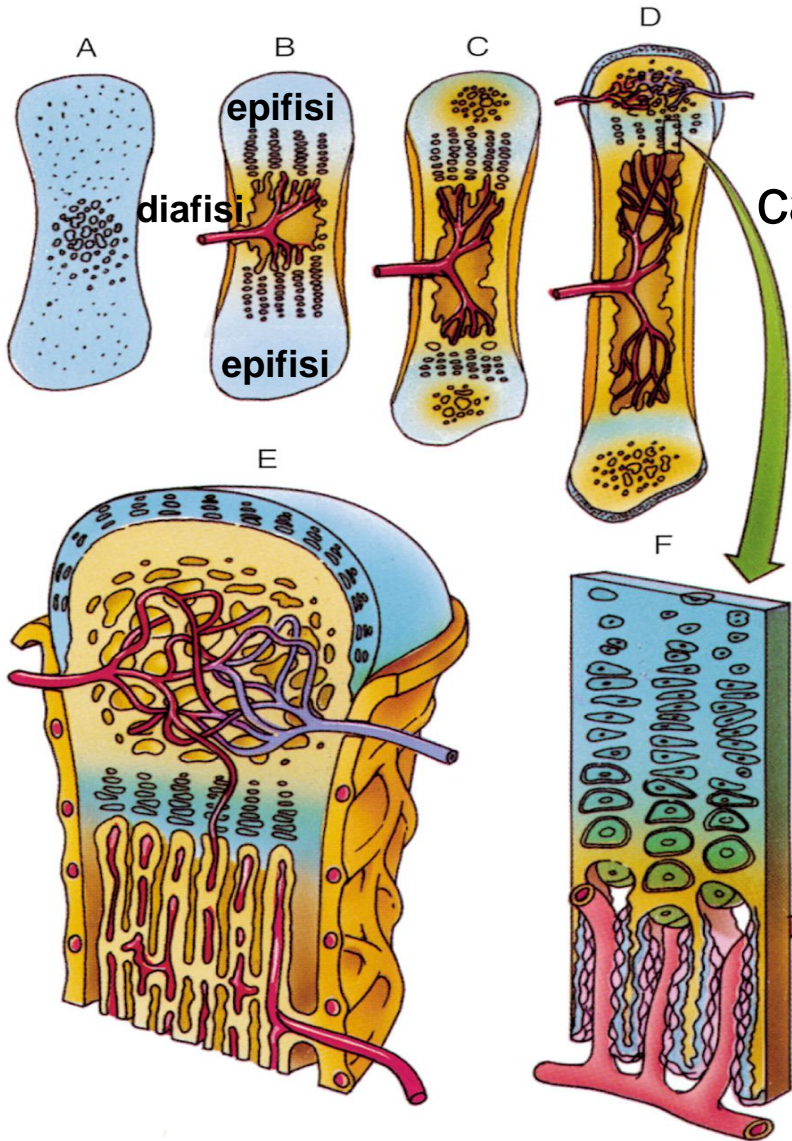
**Aumenta il volume delle lacune**

**Riduzione della matrice extracellulare**

**Inizia la calcificazione della matrice**



# Ossificazione endocondrale



B) Vascolarizzazione dell'abbozzo cartilagineo (zona centrale della diafisi)

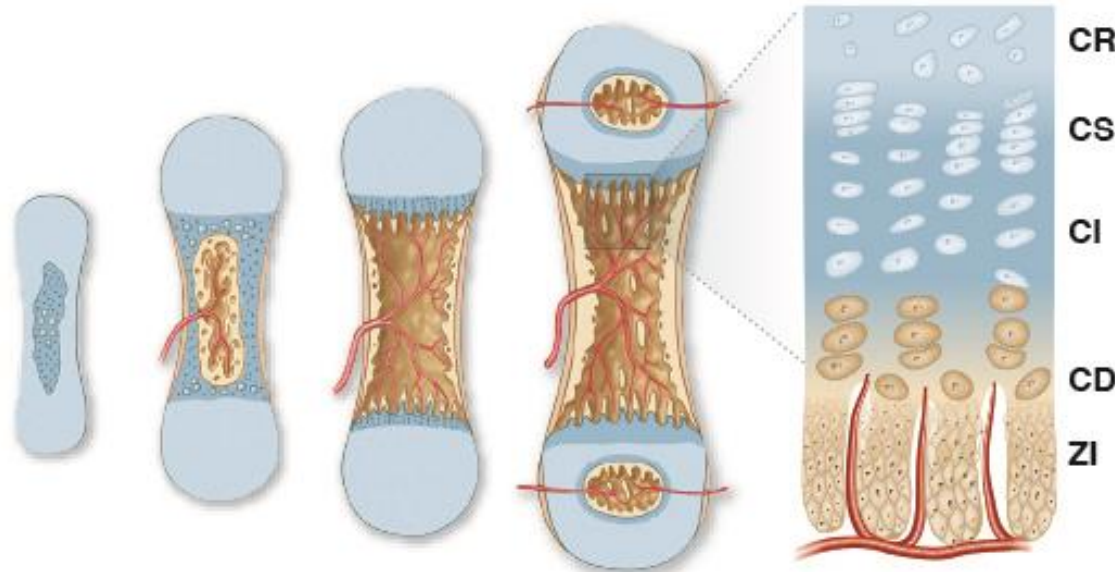
**Le cellule condrogeniche (strato cellulare del pericondrio) diventano le cellule osteoprogenitrici che formeranno osteoblasti**

**Il pericondrio diventa periostio (tessuto connettivo denso)**

**Inizia la calcificazione della matrice all'interno della cartilagine**

**Calcificazione del periostio (ossificazione membranosa anche detta pericondrale)**

Figura 7-15



**CR = Cartilagine a riposo** (o c. di riserva). Condrociti singoli o in gruppi isogeni, privi di attività proliferative.

**CS = Cartilagine seriata**(o zona di proliferazione).

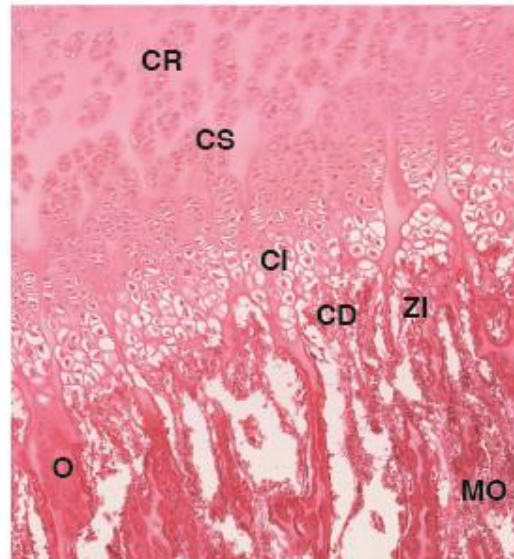
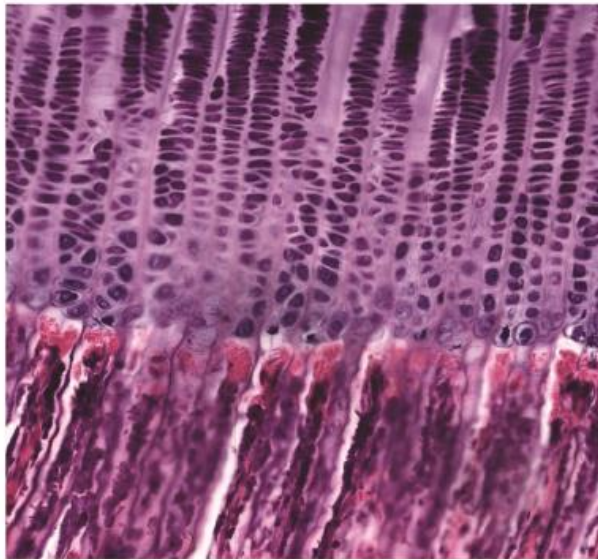
Condrociti si dividono e formano gruppi isogeni longitudinali che allungano l'abbozzo.

**CI = Cartilagine ipertrofica** (o zona di maturazione). Condrociti sono ipertrofici, accumulano glicogeno,

dilatano le lacune e la matrice si restringe a strisce.

**CD = Cartilagine in degenerazione** (o di calcificazione). Condrociti ipertrofici vanno in apoptosi, la matrice si calcifica e regredisce lasciando ampie cavità e sottili trabecole di cartilagine.

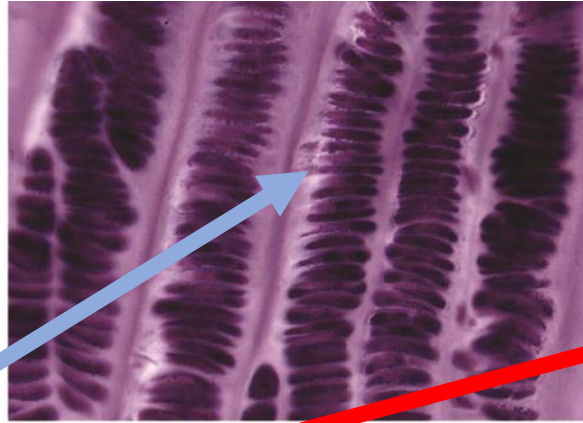
**ZI = Zona di Invasione** (o di ossificazione). Gli osteoblasti depositano matrice Osteoide (O) sulle sottili trabecole di cartilagine nelle lacune si accumula il midollo osseo (MO)



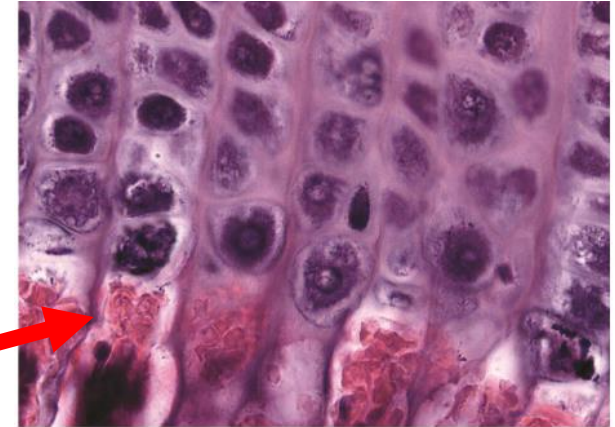


**CS = Cartilagine seriata**  
(o zona di proliferazione)

**CI = Cartilagine ipertrofica**  
(o zona di maturazione)

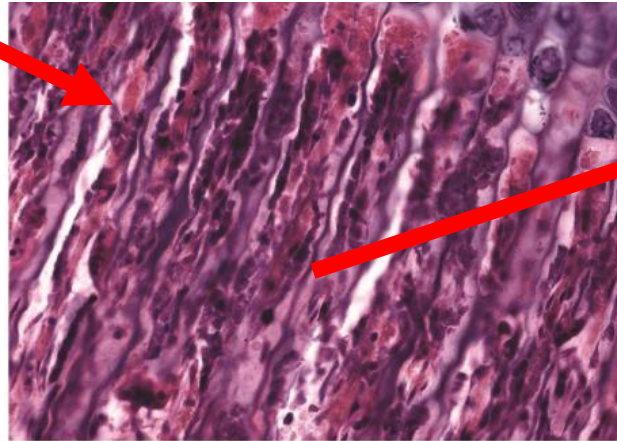


**Figura 16.29** ▲ Sezione longitudinale della regione metafisaria di un osso lungo a livello della zona di proliferazione. Si osservano le lacune cartilaginee che ospitano i condrociti proliferanti disposte in file parallele. Colorazione ematossilina-eosina.

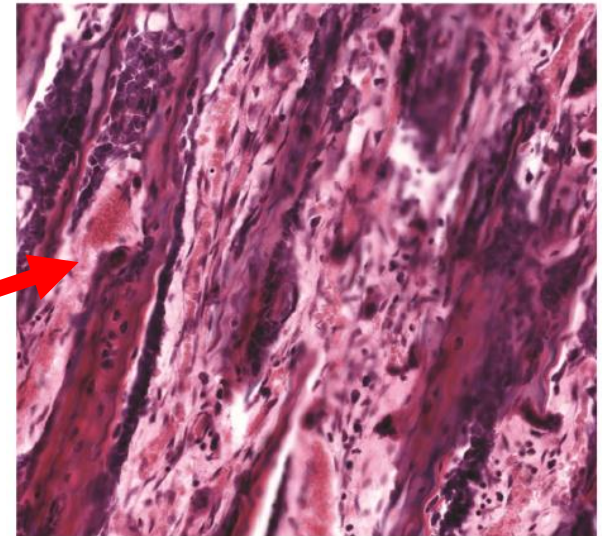


**Figura 16.30** ▲ Sezione longitudinale della regione metafisaria di un osso lungo a livello della zona di maturazione. Le lacune si dilatano e i condrociti diventano ipertrofici. Colorazione ematossilina-eosina.

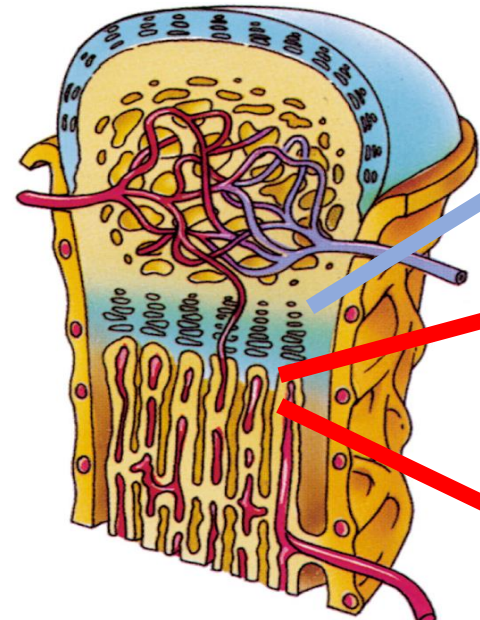
**CD = Cartilagine in degenerazione**  
(o di calcificazione).



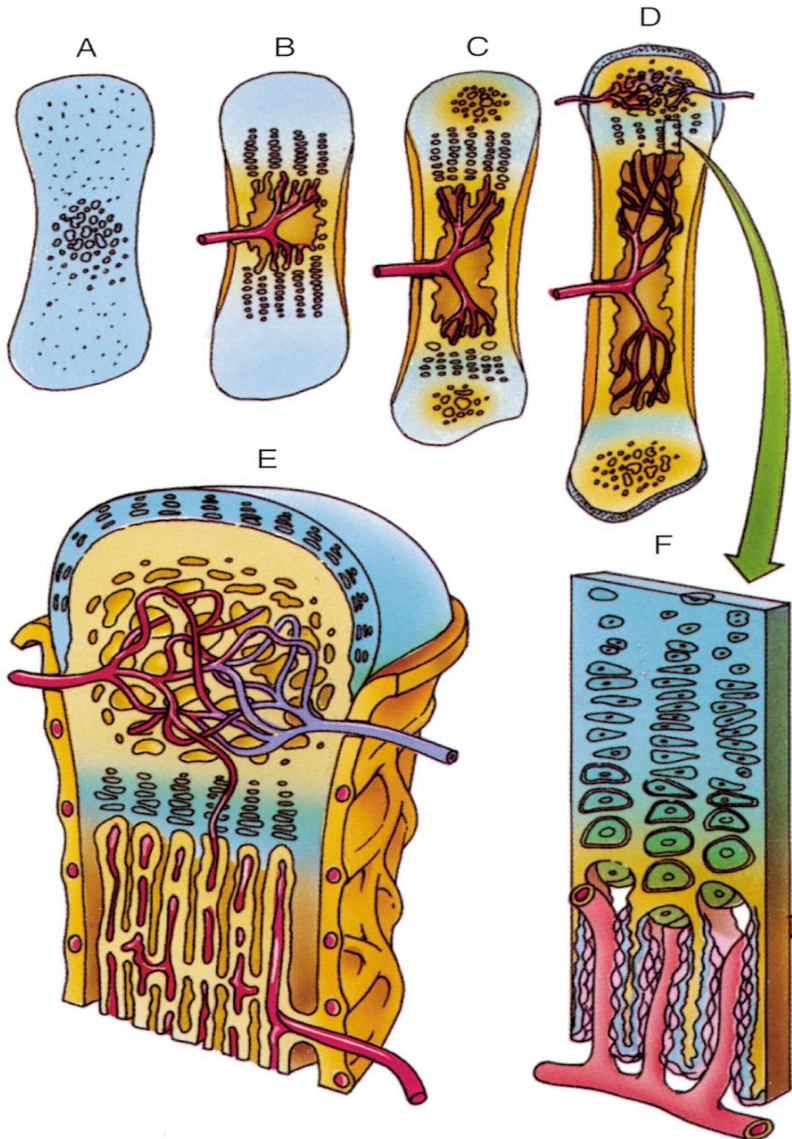
**Figura 16.31** ▲ Sezione longitudinale della regione metafisaria di un osso lungo a livello della zona di calcificazione. I condrociti vanno incontro ad apoptosi e la matrice si calcifica. Colorazione ematossilina-eosina.



**Figura 16.32** ▲ Sezione longitudinale della regione metafisaria di un osso lungo a livello della zona di ossificazione. Sulla superficie delle sottili trabecole cartilaginee viene depositato osteoide grazie ad osteoblasti differenziati da cellule osteoprogenitrici presenti nei tralci di mesenchima. Colorazione ematossilina-eosina.



# Ossificazione endocondrale

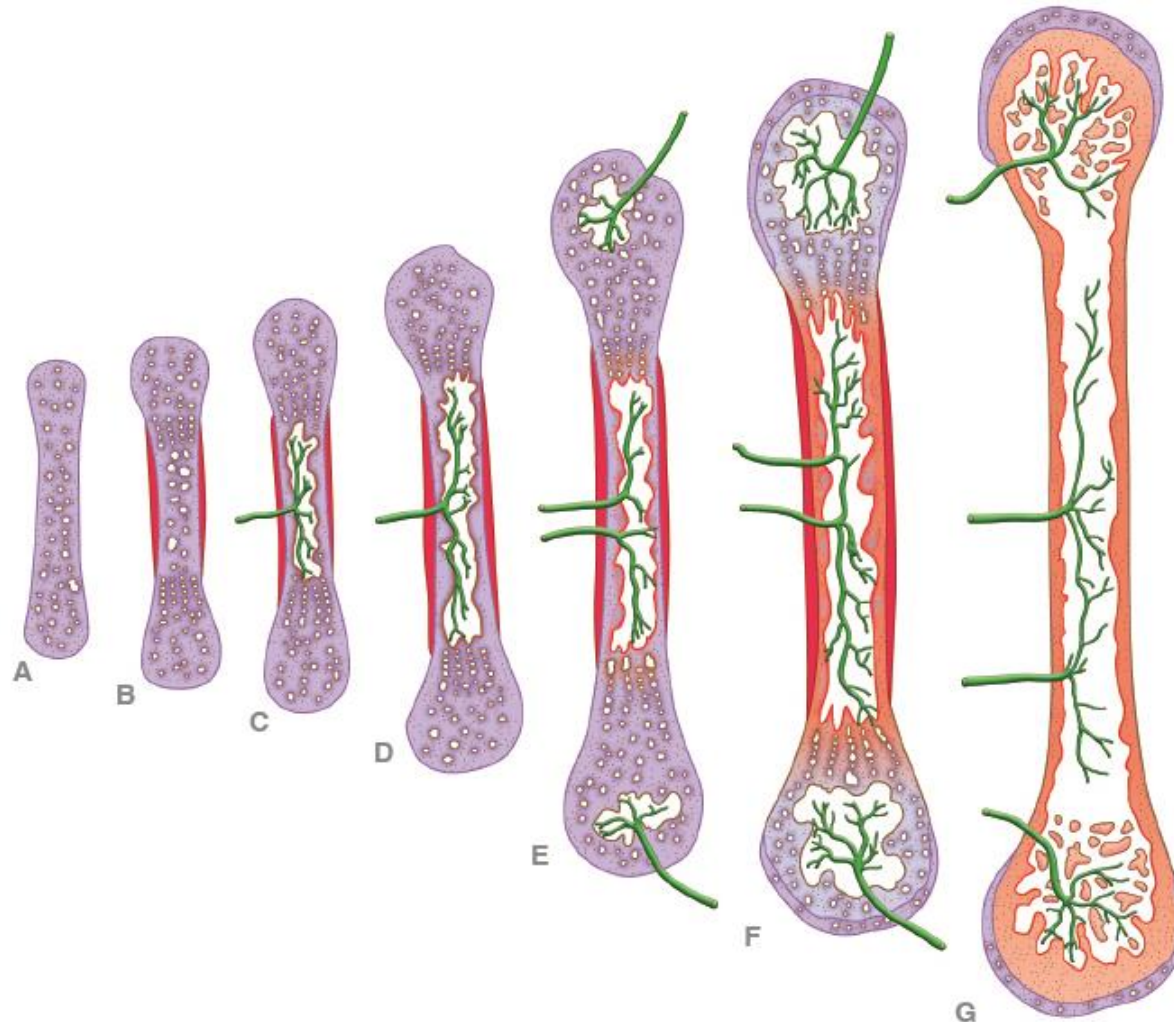


**C) Migrazione di cellule osteoprogenitrici dal periostio**

**A seguito dell'ossificazione del periostio e della matrice che li avvolge, i condrociti ipertrofici non ricevono i nutrienti per diffusione e muoiono lasciando delle lacune**

**Cellule osteoprogenitrici, cellule ematopoietiche e vasi sanguigni gemmano dal periostio ed invadono le lacune = formano il midollo osseo ed il suo rivestimento (endostio)**

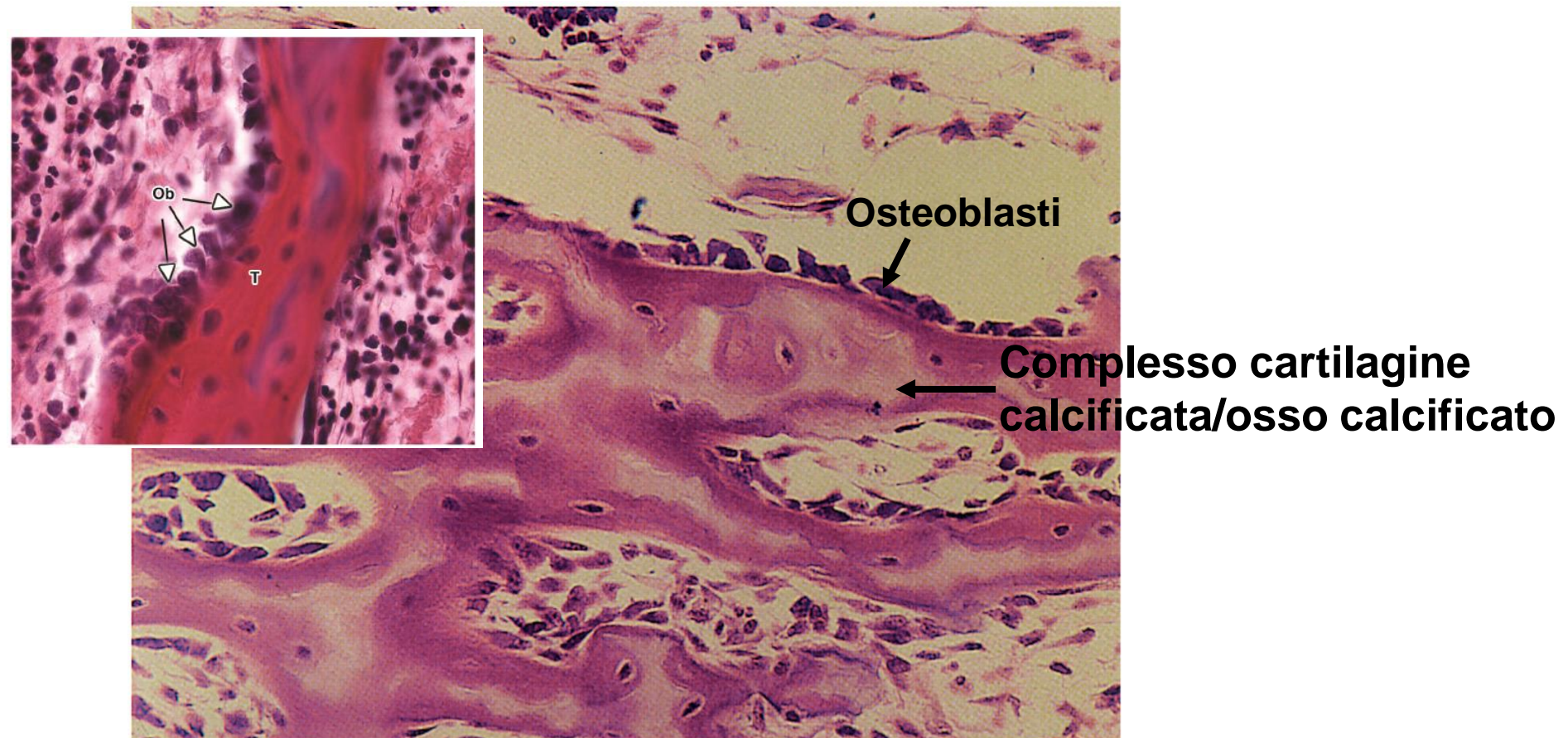




**Figura 16.28 ▲** Rappresentazione schematica del processo di ossificazione endocondrale di un osso lungo. Il segmento scheletrico è inizialmente costituito da cartilagine rappresentata in violetto (**A**). Nella diafisi comincia a comparire il manicotto subperiostale (in rosso) per ossificazione intramembranosa (**B**). Successivamente si forma il centro di ossificazione endocondrale primario (diafisario), che si estende verso le epifisi (**C,D**). Nelle epifisi compaiono i centri di ossificazione secondari (epifisari) (**E,F**). I dischi di cartilagine di coniugazione, ancora presenti nell'immagine **F**, scompaiono nell'osso che ha completato la sua crescita in lunghezza (**G**). Alla fine del processo di ossificazione, le epifisi sono costituite da osso lamellare spugnoso, mentre la diafisi è costituita prevalentemente da osso lamellare compatto che circonda il grosso canale midollare. La superficie esterna dell'osso è rivestita dal periostio (non rappresentato nell'immagine), ad eccezione delle superfici articolari in cui permane cartilagine articolare.

# Ossificazione endocondrale

**D) Gli osteoblasti secernono matrice ossea che si deposita a ridosso della matrice cartilaginea calcificata**



**Figura 7-18**



# Ossificazione endocondrale

## E) Riassorbimento dei complessi cartilagine calcificata/ osso calcificato da parte degli osteoclasti

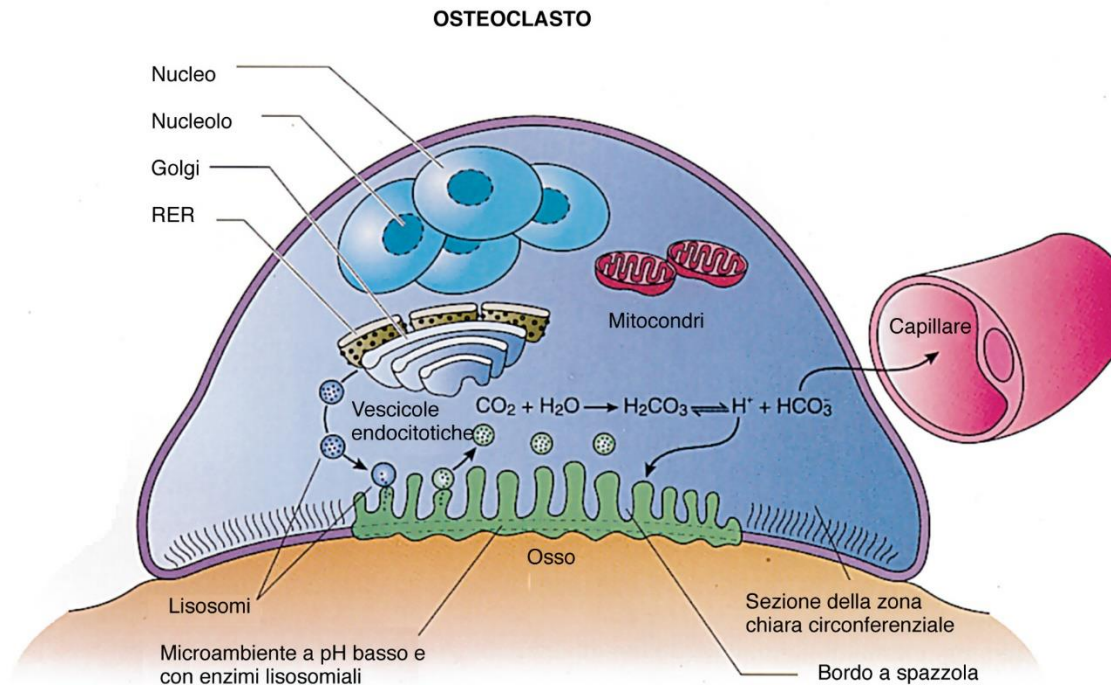
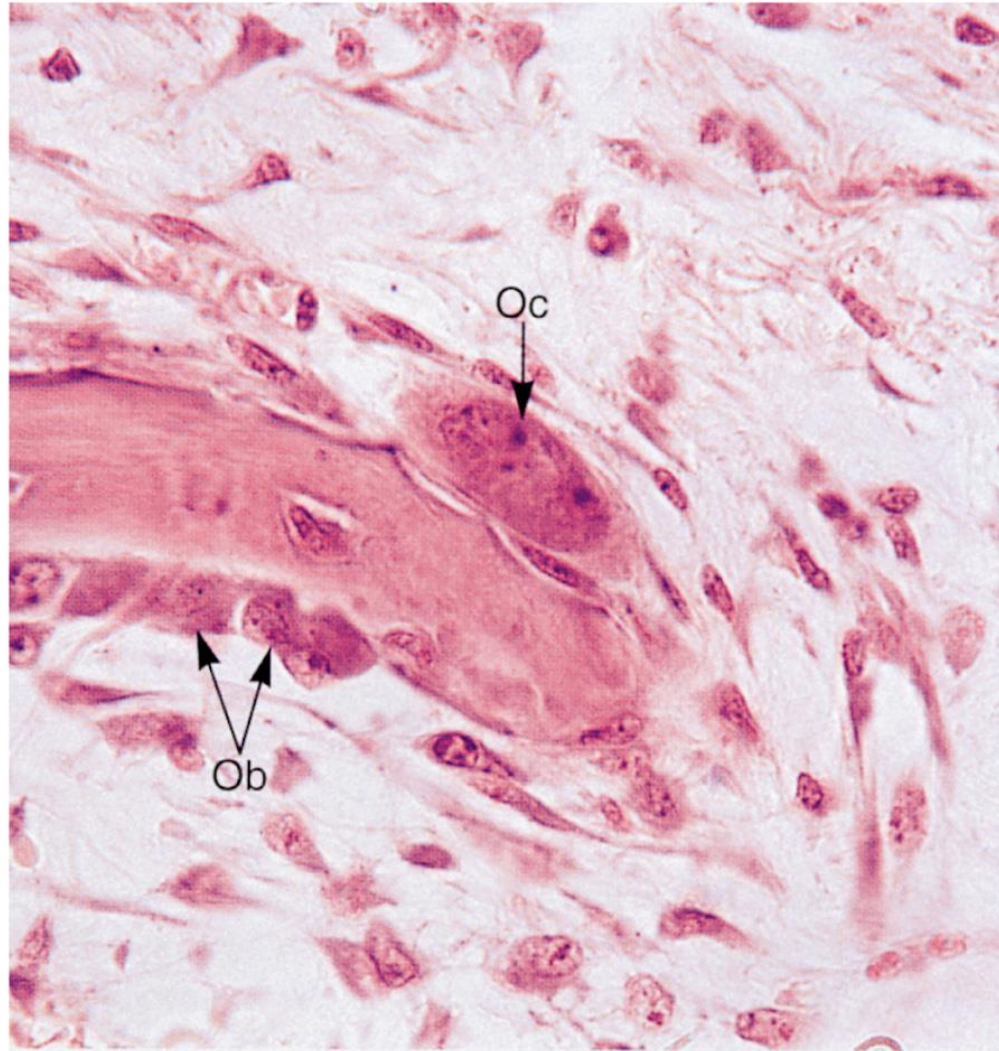


Figura 7-9

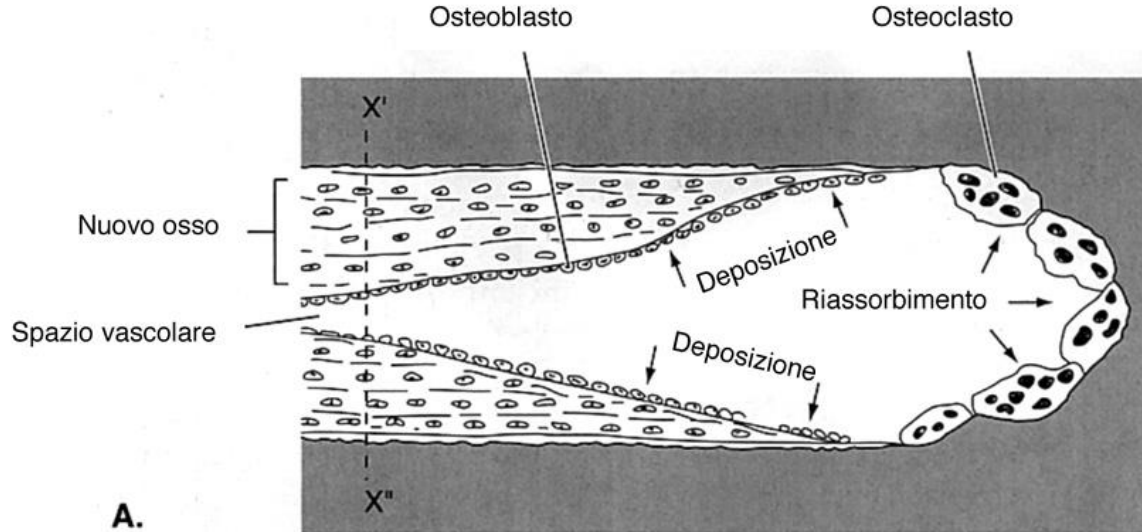
# Riassorbimento di osso calcificato da parte degli **osteoclasti**



**Figura 7-6**



# Ossificazione endocondrale



**Gli osteoblasti si dispongono intorno ad un canale centrale contenente vasi sanguigni e formano lamelle ossee concentriche**

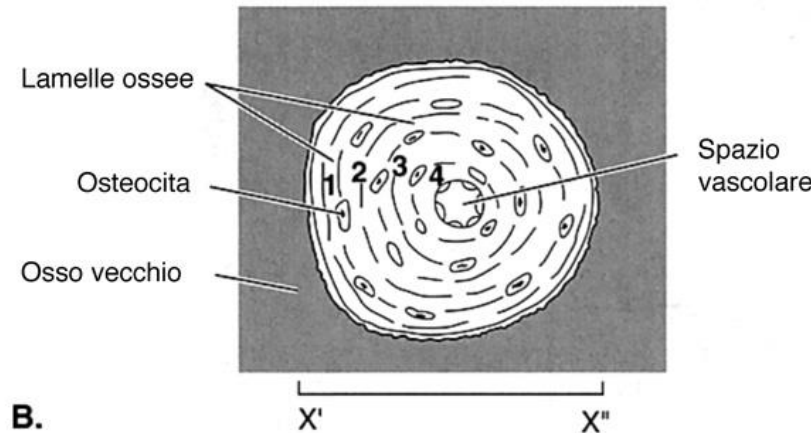
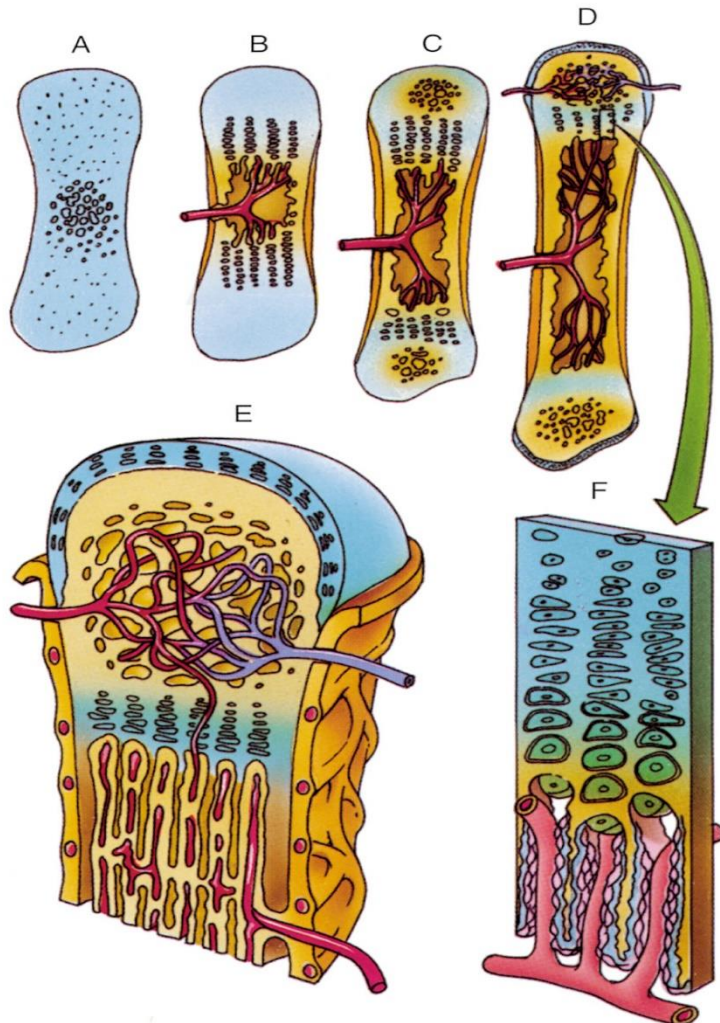


FIGURA 5.10

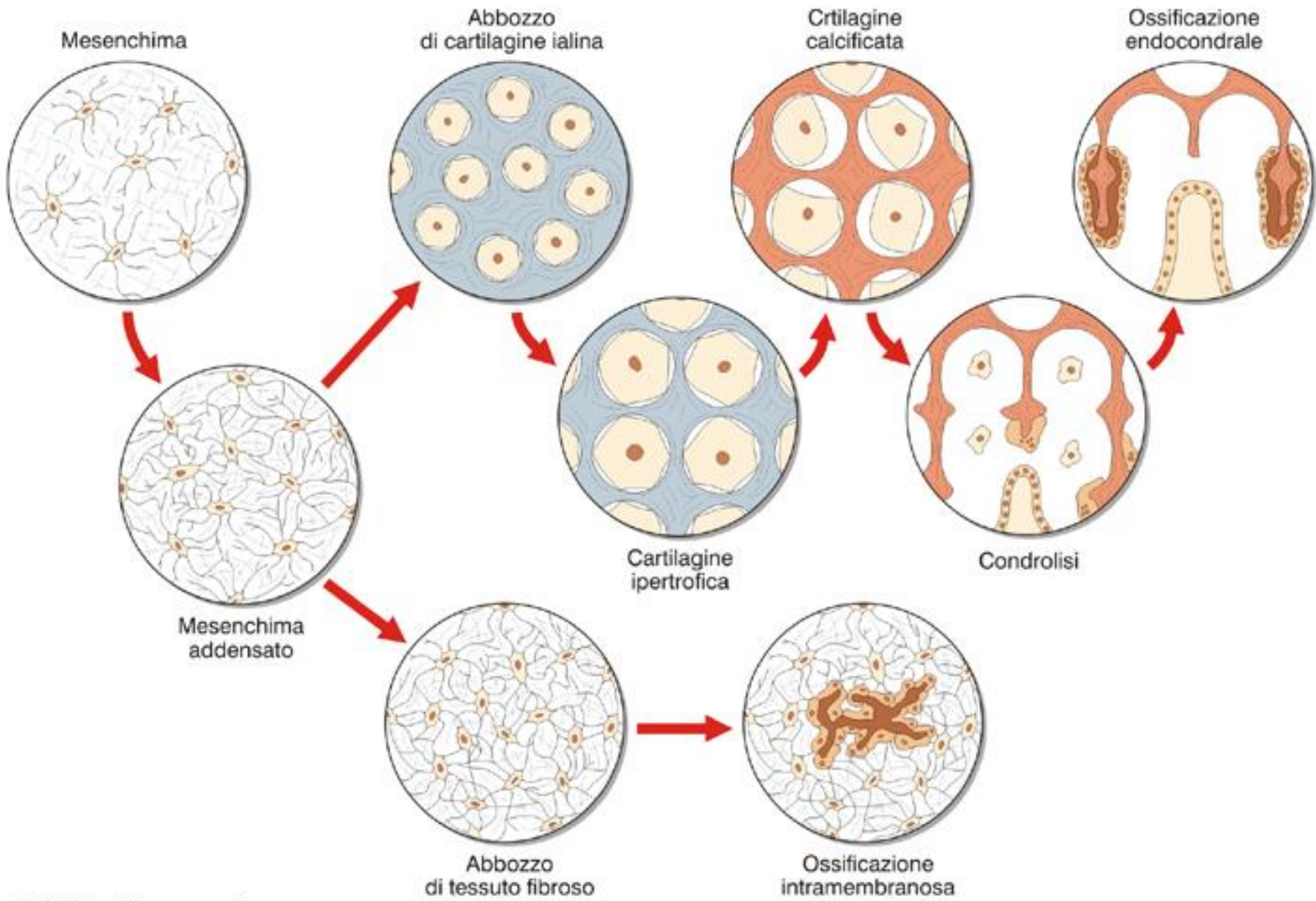
# L'ossificazione è un processo continuo: l'accrescimento delle ossa lunghe



## E) Formazione di centri di ossificazione secondaria nelle epifisi

A seguito della vascolarizzazione delle regioni distali dell'abbozzo cartilagineo (epifisi) si ripete lo stesso processo di ossificazione descritto nella diafisi

Permane una regione costituita da cartilagine che permette l'accrescimento dell'osso  
**(piastra epifisaria)**





# L'ossificazione è un processo continuo: rimodellamento osseo

## Osso compatto: calcitonina/ormone paratiroideo

1) Riassorbimento dei sistemi di Havers da parte degli osteoclasti (stimolati dall'ormone paratiroideo e inibiti dalla calcitonina)

Lamelle interstiziali

Spazi vascolari

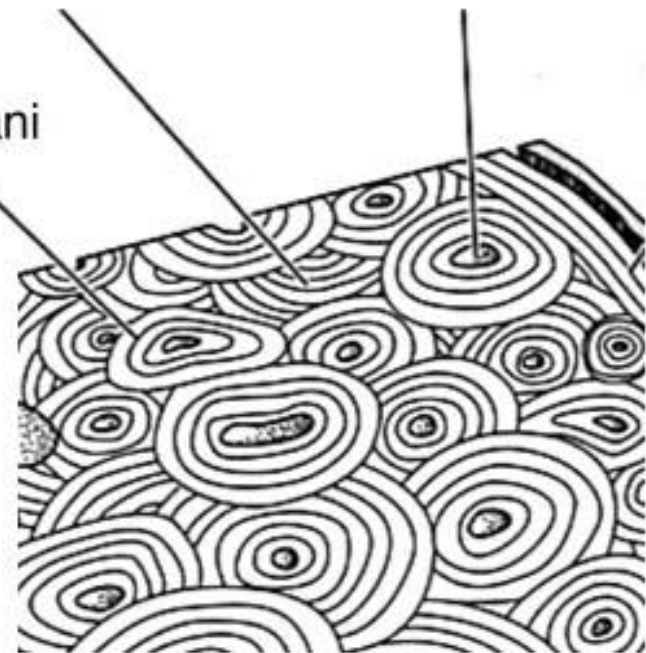
Sistemi haversiani  
(osteoni)

2) Morte degli osteociti e formazione di lacune di riassorbimento

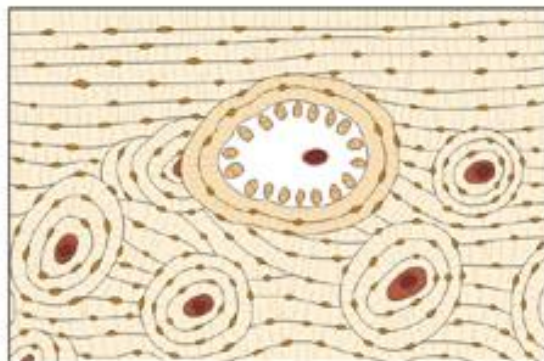
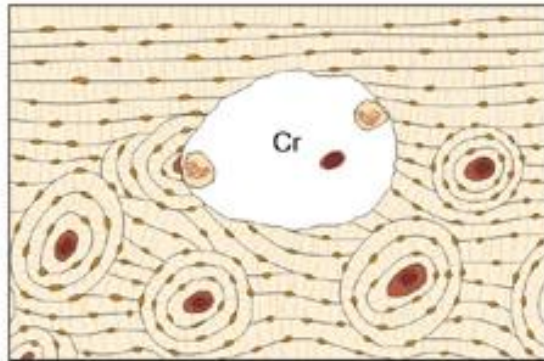
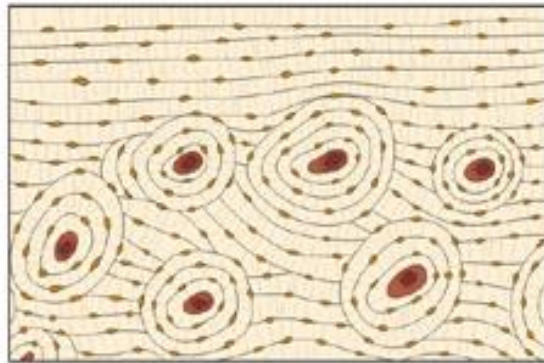
3) Invasione di nuovi capillari nelle lacune e cessazione del riassorbimento

4) Formazione di nuovi sistemi di Havers intorno ai nuovi vasi sanguigni

5) I vecchi sistemi di Havers parzialmente digeriti formano le lamelle interstiziali



# Riassorbimento osseo

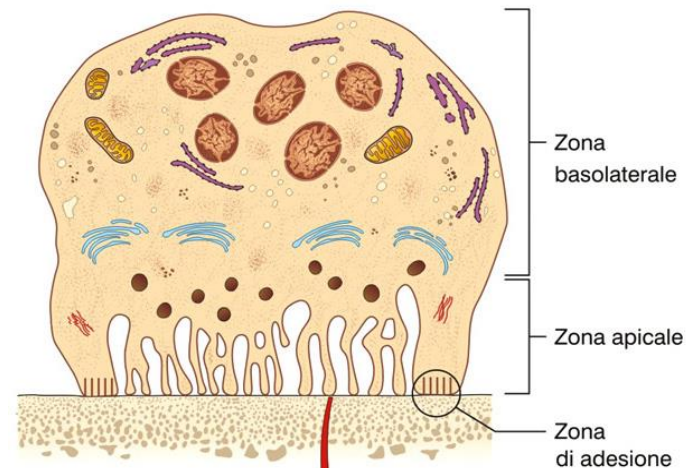


© 2005 edi.ermes milano

$\text{HCO}_3^-$  e  $\text{Na}^+$  passano nei capillari vicini

$\text{H}^+$  è pompato attivamente nello spazio extracellulare

Il pH si abbassa, la matrice inorganica viene solubilizzata, la parte minerale entra nella cellula e da qui va ai capillari

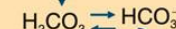
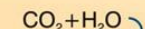


lisosomi

digestione delle  
fibre collagene ad  
opera di proteasi  
lisosomiali

proteasi

demineralizzazione  
della matrice  
ad opera degli  $\text{H}^+$   
Anidraasi carbonica



# Osteoclasti

150 µm, 50 nuclei derivati dalla fusione di MACROFAGI MONONUCLEATI

Regolati da paratormone (PTH) e calcitonina

Zona vescicolare: ricca di enzimi coinvolti nel riassorbimento osseo (idrolasi lisosomiali e collagenasi)

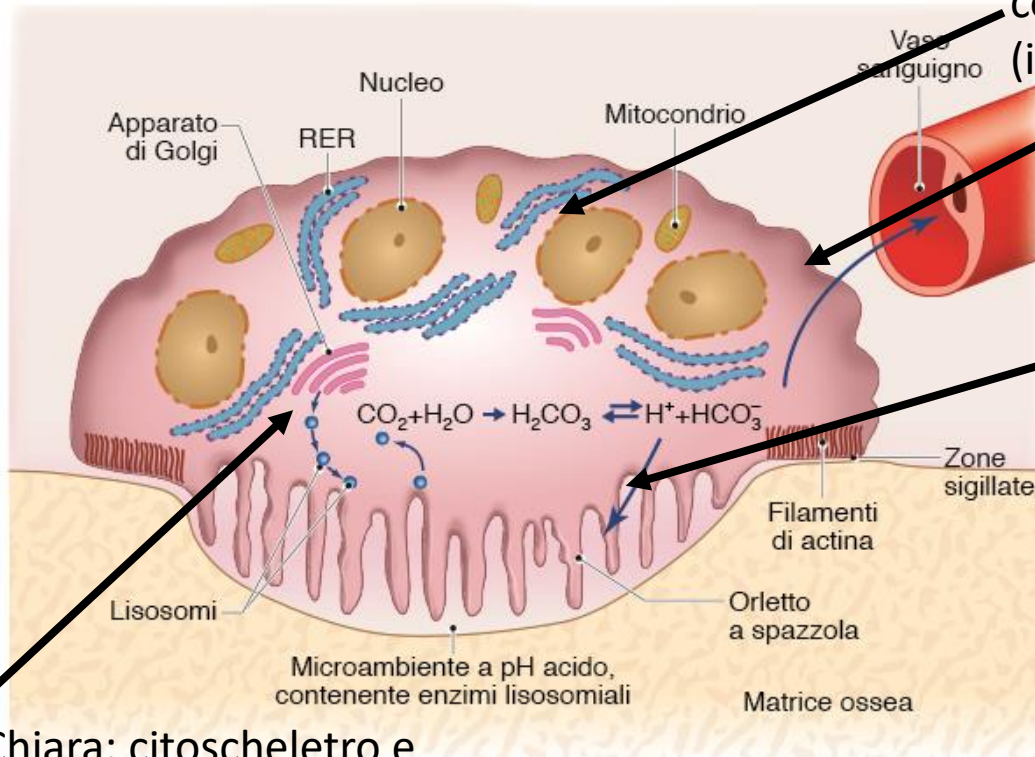
Zona basolaterale : nuclei e organuli subcellulari

Orletto a spazzola: secrezione di  $H^+$ , aumento della superficie della membrana cellulare

Metalloproteasi

Catepsina K

Anidasi carbonica (sintesi acido carbonico a partire da anidride carbonica e acqua -> bicarbonato e  $H^+$ )



Zona Chiara: citoscheletro e proteine transmembrana (podosomi) aderisce all'osso



# Regolazione Ormonale

- La calcitonina inibisce il riassorbimento osseo, mentre il paratormone lo stimola. Entrambi regolano i livelli di calcio nel sangue.

# Rimodellamento Osseo

- Il tessuto osseo è soggetto a continuo rimodellamento grazie all'azione coordinata di osteoclasti e osteoblasti.

# Riassorbimento osseo

$\text{HCO}_3^-$  e  $\text{Na}^+$  passano nei capillari vicini

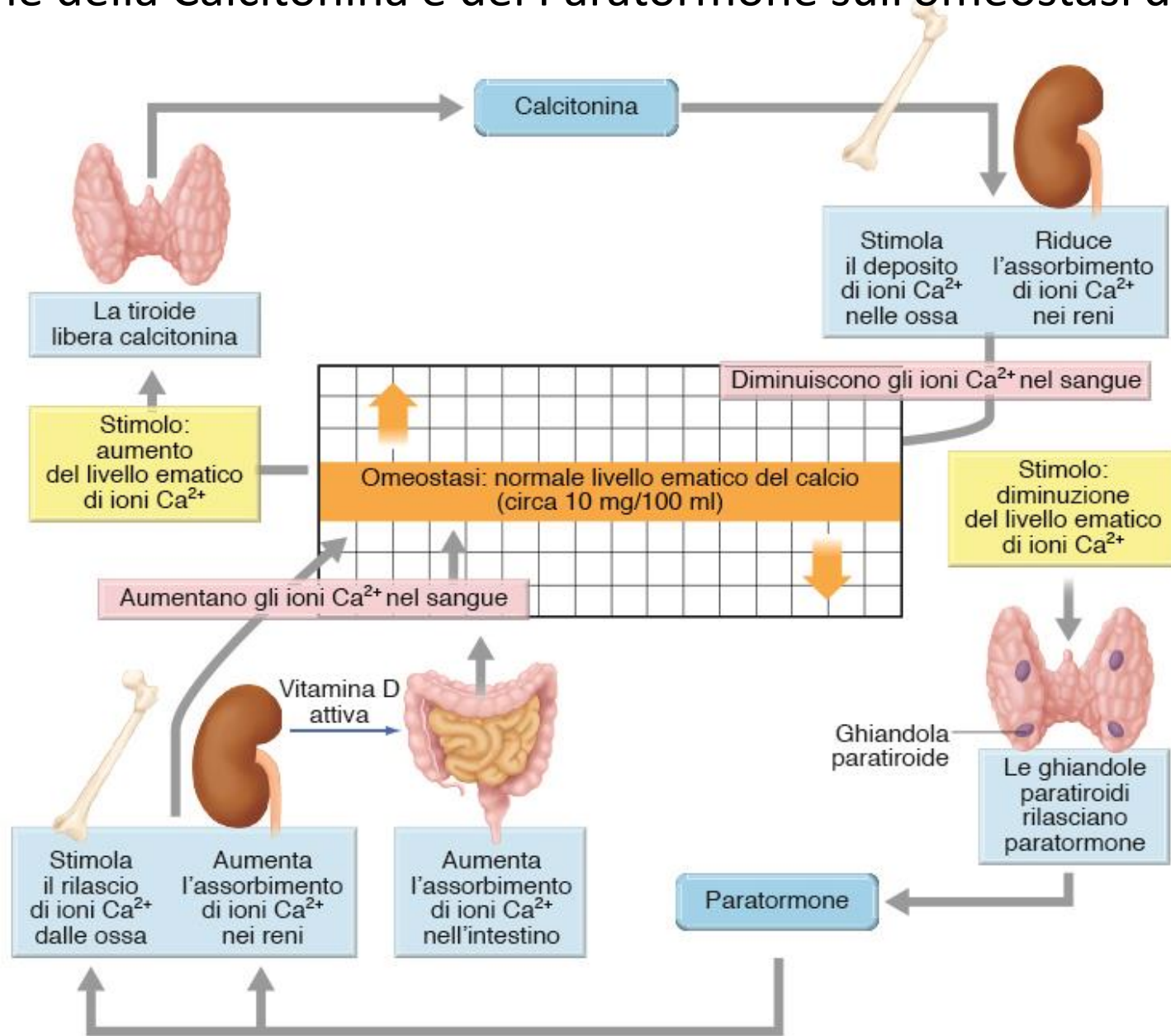
$\text{H}^+$  è pompato attivamente nello spazio extracellulare

Il pH si abbassa, la matrice inorganica viene solubilizzata, la parte minerale entra nella cellula e da qui va ai capillari

La matrice organica è esposta all'azione di idrolasi lisosomiali e proteasi (collagenasi)

La componente organica, parzialmente degradata, entra nella cellula dove è completamente catabolizzata

# Azione della Calcitonina e del Paratormone sull'omeostasi dell'osso







**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE**



Dipartimento di  
**Scienze della Vita**

