Struttura del tessuto osseo

Classificazione in base alla forma:

- *Ossa lunghe*
  - Zona allungata posta fra due teste globose (tibia)
- *Ossa corte*
  - Lunghezza e larghezza uguali (carpali del polso)
- *Ossa piatte*
  - Sottili, piatte a forma di piastre (cranio)
- *Ossa irregolari*
  - Forma irregolare (sfenoide ed etmoide del cranio)
- *Ossa sesamoidi*
  - Nei tendini, favoriscono meccanica del movimento (rotula)

Due "forme" di Osso

Osso Compatto

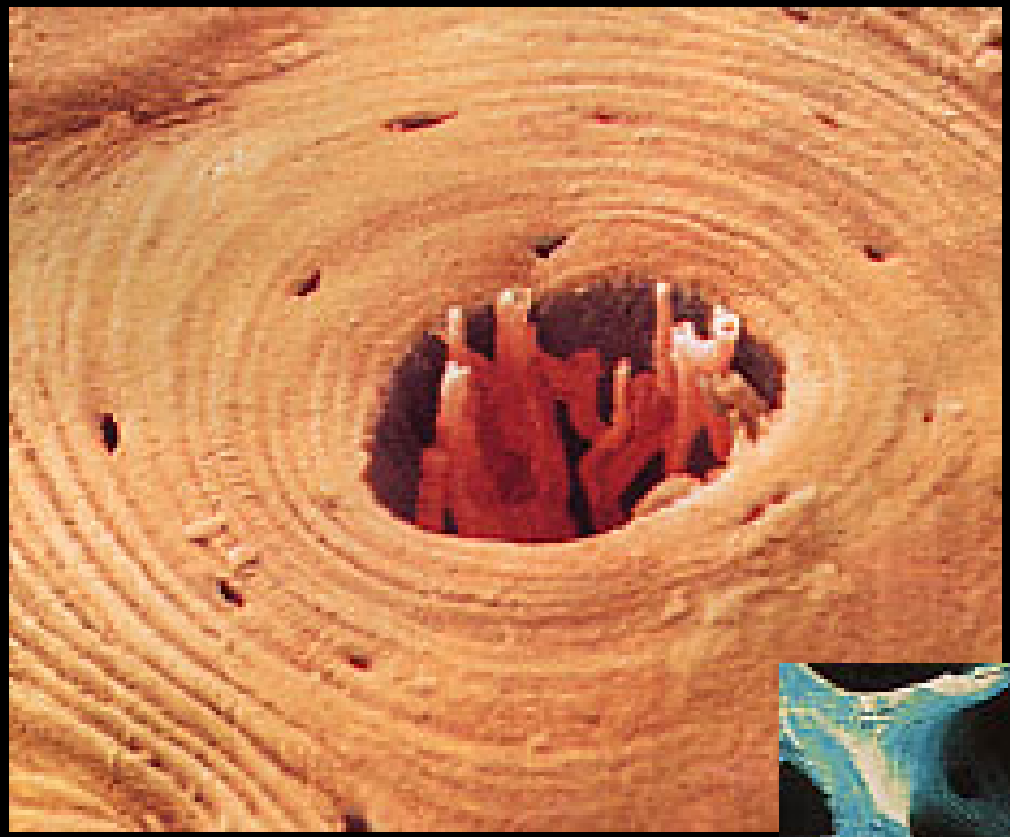
Trabecolare o Lamellare

- Porzione esterna delle ossa lunghe
- Osso solido, privo di spazi tranne quelli per le cellule, ed i loro processi, ed i vasi sanguigni
- Braccia e gambe

Due "forme" di Osso

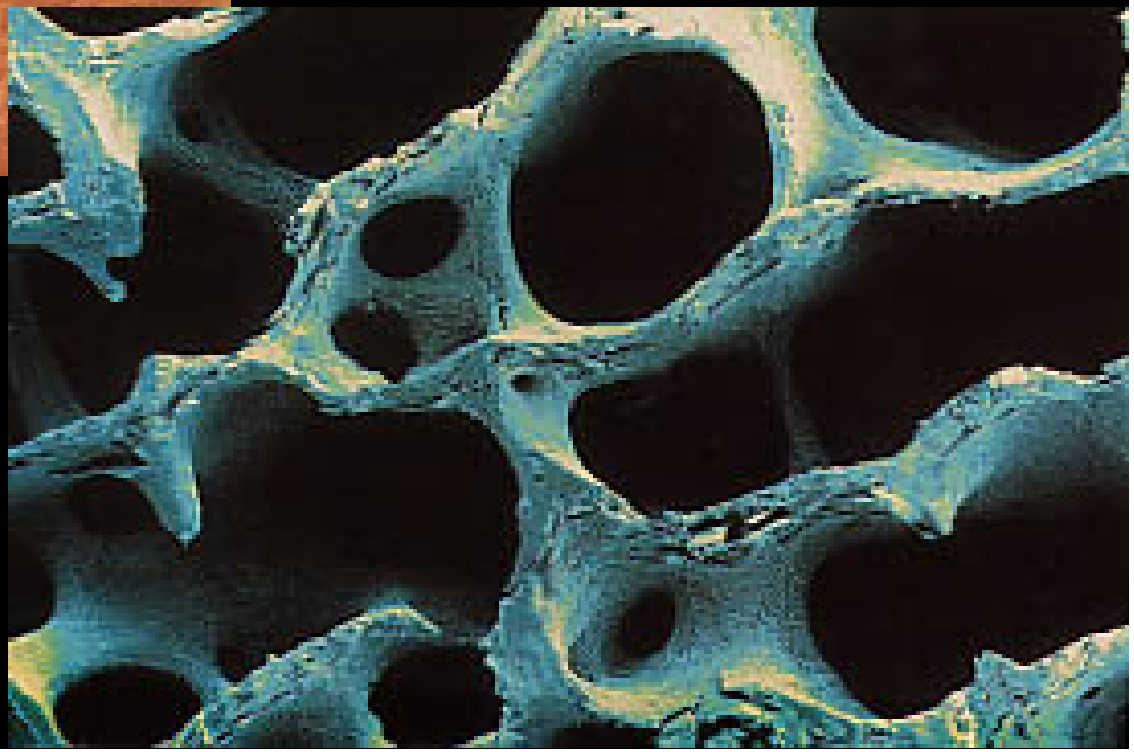
Osso Spugnoso o Trabecolare

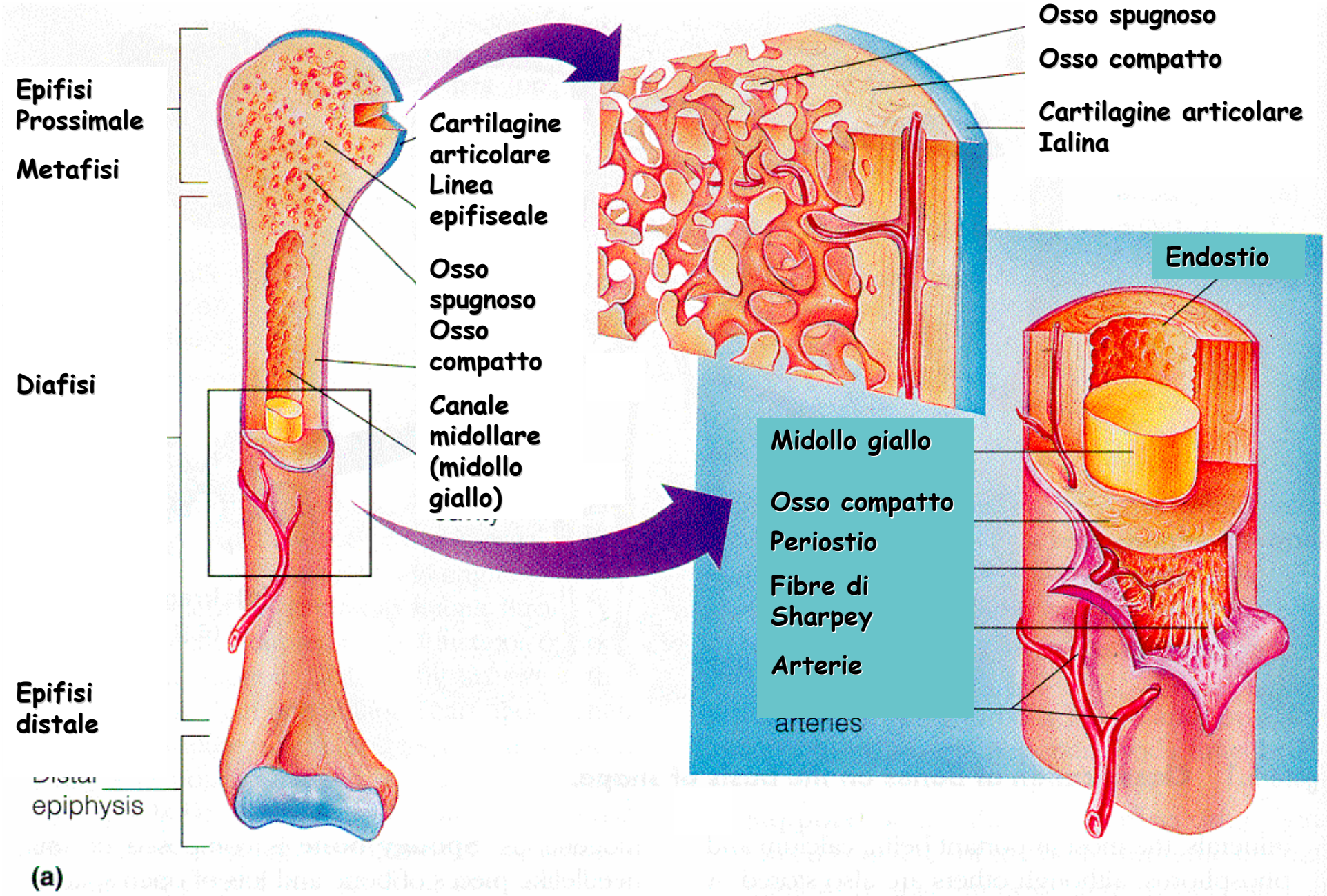
- Solitamente parte più interna delle ossa.
- Molti spazi tra le specole (o trabecole) dell'osso.
- Midollo all'interno degli spazi.
  - *Rosso*, ematopoietico
  - *Giallo*, grasso
- Colonna vertebrale, costole, mascella, polso.



Osso Compatto

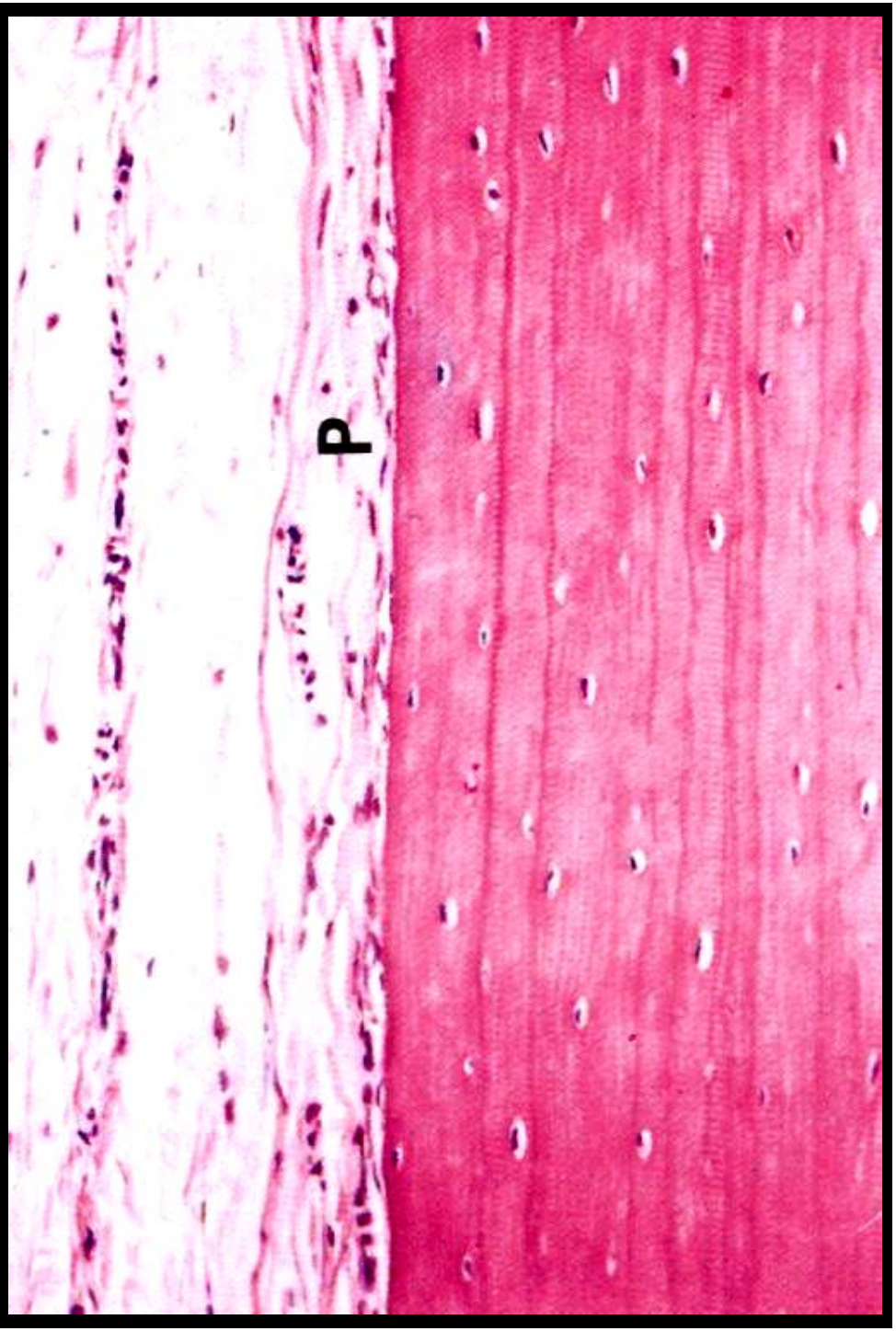
Osso Spugnoso




Epifisi Prossimale
Metafisi
Diafisi
Epifisi distale
epiphysis
(a)
Cartilagine articolare
Linea epifiseale
Osso spugnoso
Osso compatto
Canale midollare (midollo giallo)
Osso spugnoso
Osso compatto
Cartilagine articolare Ialina
Endostio
Midollo giallo
Osso compatto
Periostio
Fibre di Sharpey
Arterie
arteries

Periostio

- Sottile strato di connettivo denso irregolare, ricco di collagene, circonda l'osso
- Si inserisce sull'osso tramite *Fibre di Sharpey*.
- Strato fibroso esterno:
  - Veicola vasi e nervi
- Strato cellulare interno:
  - Contiene le cellule osteoprogenitrici



Ossa piatte

- Ossa piatte del cranio si sviluppano con modalità diverse dalle lunghe. *Tavolato interno* e *Tavolato esterno* di osso compatto, racchiudono uno strato di osso spugnoso centrale, *Diploe*.
- *Pericranio*, ricopre tavolato esterno.
- *Dura madre*, ricopre tavolato interno, periostio e protezione del cervello.

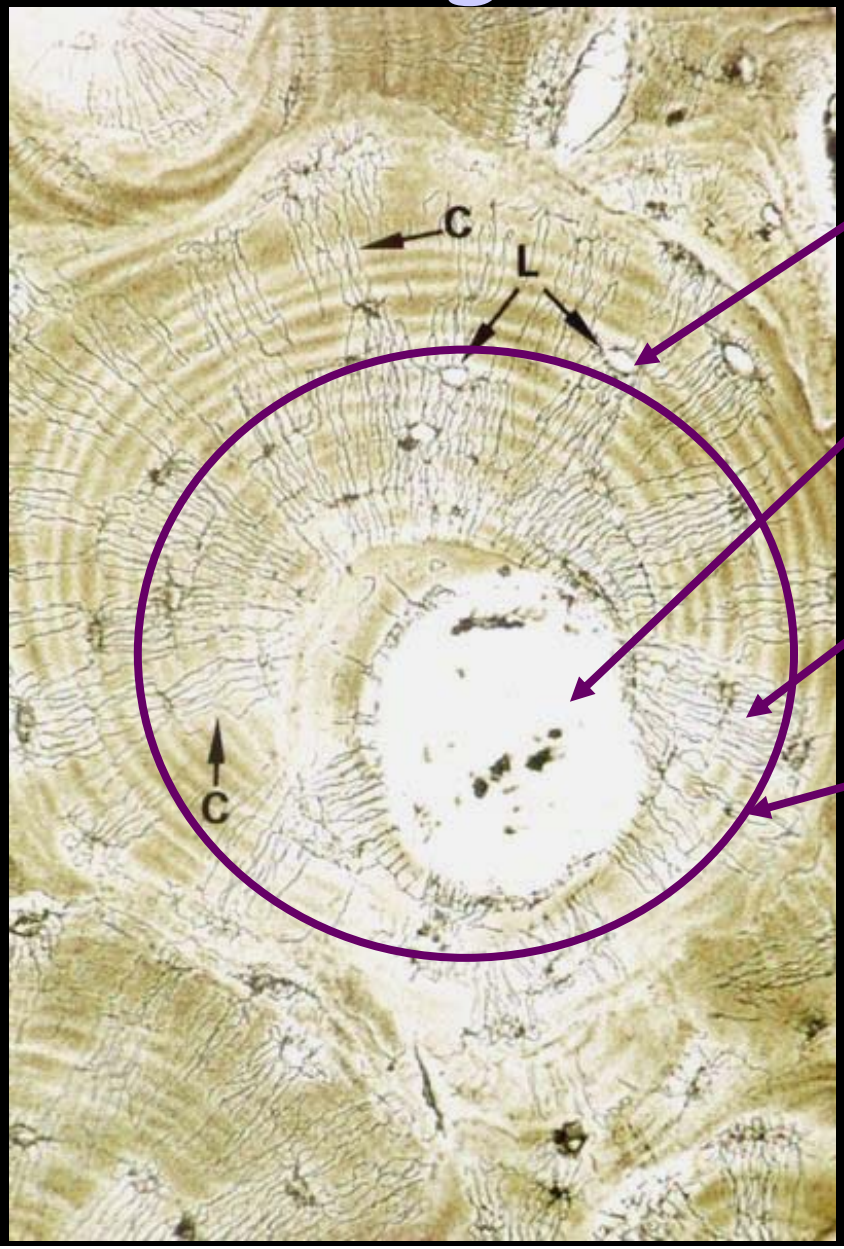
Classificazione microscopica

- *Osso primario*
  - Immaturo o a fibre intrecciate.
  - Sviluppo embrionale e processi riparativi.
  - Molti *osteociti* e *fasci irregolari di collagene*, vengono sostituiti ed organizzati in osso lamellare.

Classificazione microscopica

- *Osso secondario*,
  - Maturo o lamellare.
  - Lamelle parallele e concentriche, 3-7 μm.
  - *Osteociti* sparsi tra le lamelle, *microcanalicoli* formano rete per la diffusione sostanze nutritive, ormoni e prodotti catabolismo degli osteociti. Più mineralizzato del primario e collagene ordinate e parallele nella singola lamella.

Morfologia dell'Osso Compatto



- Lacuna
  - Osteociti
- Canale di Havers
  - Canale centrale per vasi sanguigni, etc
- Canalicoli
  - Processi degli Osteociti
- Lamelle
  - Cerchi concentrici originati dalla deposizione apposizionale dell'osso.

Lamelle

si dispongono a formare 4 diversi sistemi

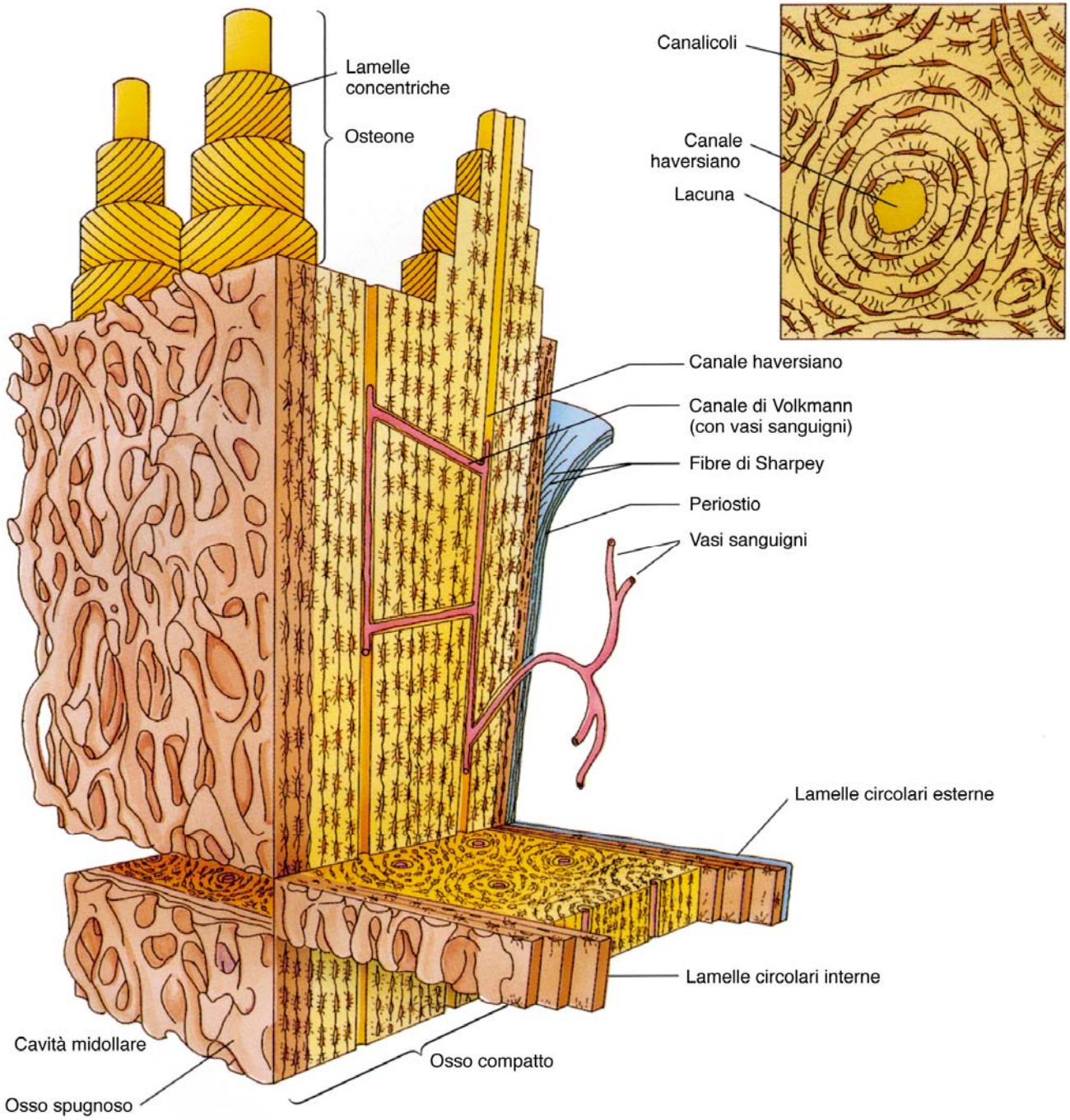
- *Lamelle circonferenziali esterne*
  - Subito sotto il periostio, parte più periferica della diafisi, con le *fibre di Sharpey* ancorano periostio all'osso.
- *Lamelle circonferenziali interne*
  - Delimitano la cavità midollare. Trabecole di osso spugnoso si dipartono da queste verso la cavità midollare.

- *Sistemi Haversiani (Osteoni)*, costituiscono la maggior parte dell'osso compatto.
  - *Osteone* è un cilindro di lamelle concentriche che circonda un canale centrale, *Canale di Havers*. Ogni osteone delimitato da *linea cementante*
    - Sostanza amorfa calcificata con scarse *fibrille di collagene*. Fibrille di collagene sono parallele nella singola lamella e formano un angolo di 90° rispetto a quelle della lamella adiacente
  - *Canale di Havers*, diametro 20-100 μm, delimitato da uno strato di osteoblasti e di osteoprogenitrici, contiene fasci neurovascolari associati a connettivo. Canali di osteoni adiacenti sono collegati da canali trasversali od obliqui, detti *Canali di Volkmann*.

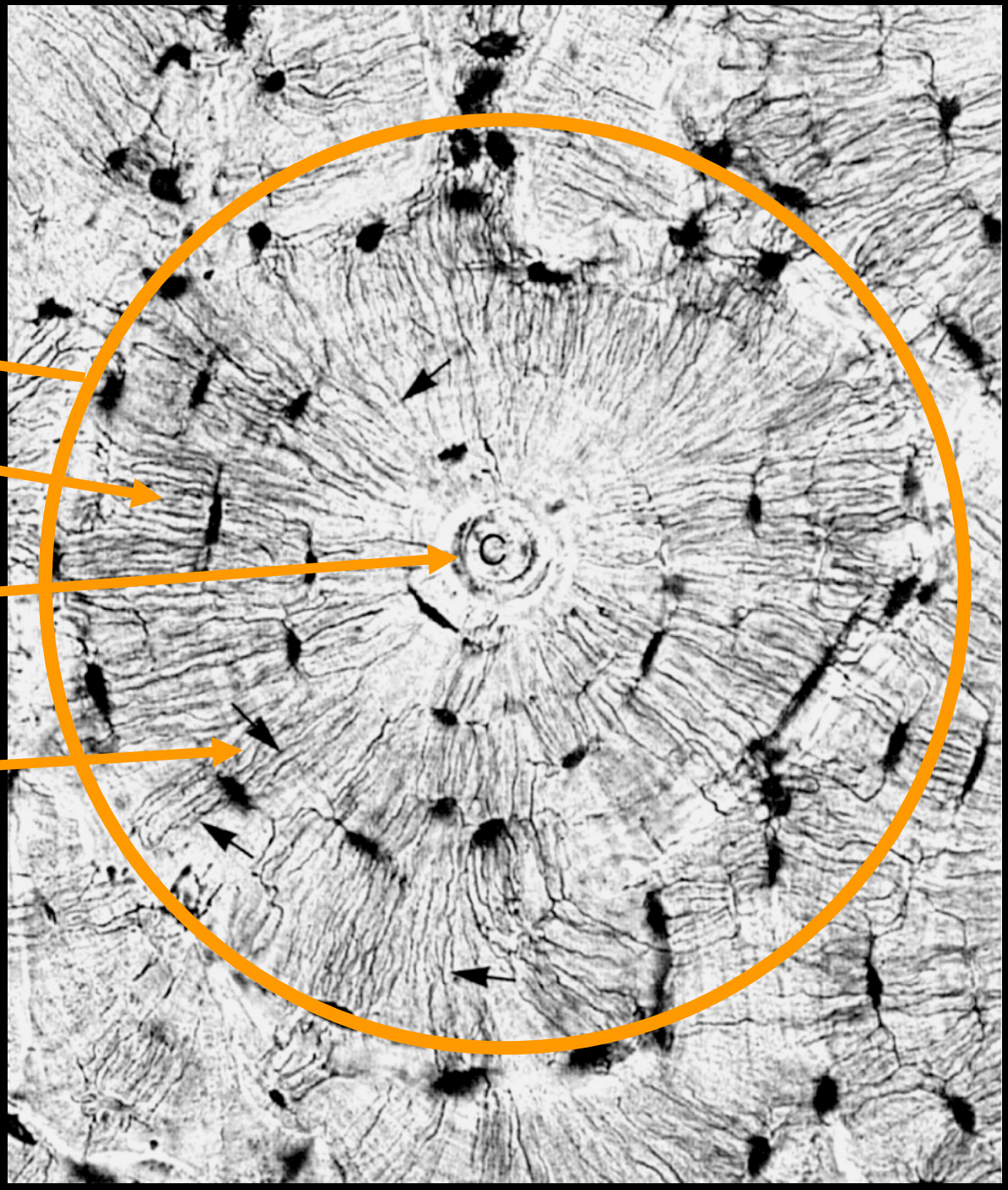
Formazione degli osteoni.

- La prima lamella che si forma è quella vicino alla linea cementante, e man mano che vengono deposte le altre si inspessisce l'osteone e si riduce il lume del canale.
- Singolo osteone da 4 a 20 lamelle.
- Nutrimento degli osteociti per diffusione dai vasi nei microcanalicoli.

- *Lamelle interstiziali*, situate intorno agli osteoni, presentano linea cementante. Derivano da rimodellamento dell'osso, gli osteoclasti riassorbono gli osteoni, mentre gli osteoblasti ne formano di nuovi. I residui di questo processo formano le lamelle interstiziali.


Lamelle concentriche
Osteone
Canalicoli
Canale haversiano
Lacuna
Canale haversiano
Canale di Volkmann (con vasi sanguigni)
Fibre di Sharpey
Periostio
Vasi sanguigni
Lamelle circolari esterne
Lamelle circolari interne
Cavità midollare
Osso spugnoso
Osso compatto

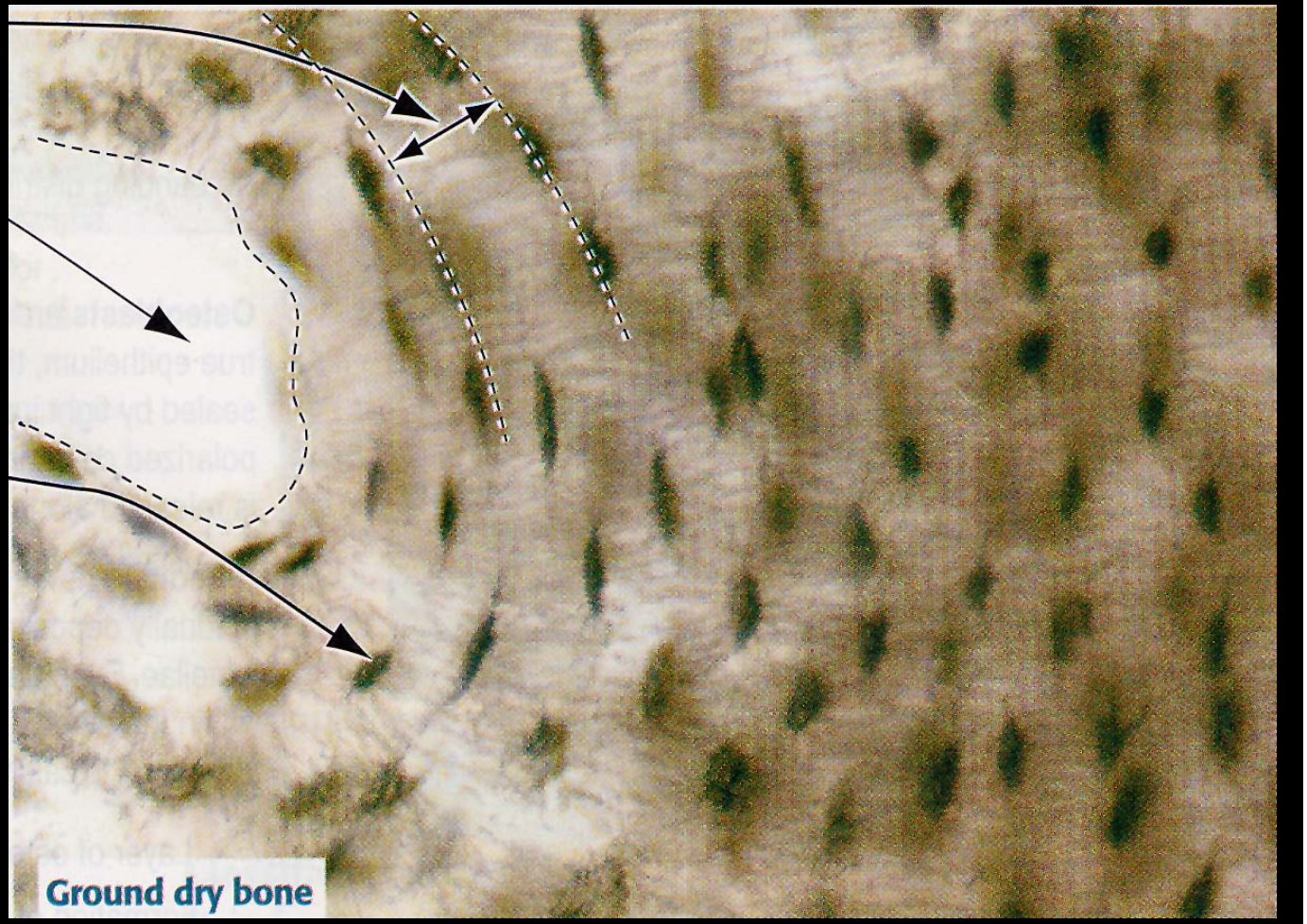
Osso non decalcificato (270X)



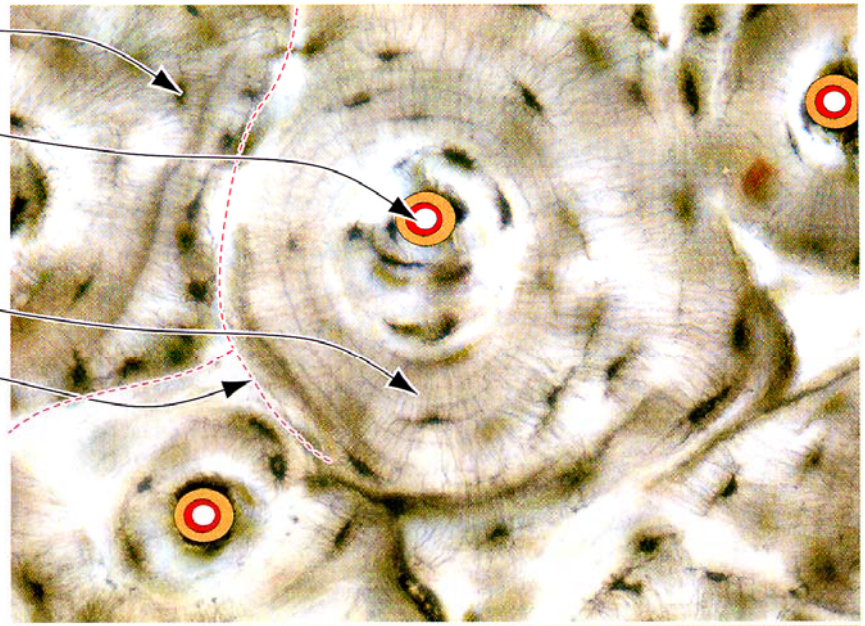
Lamelle

Canale Haversiano

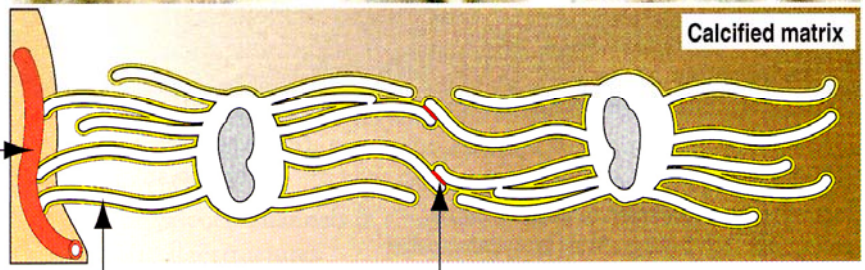
Lacuna con osteocita



Osso decalcificato
(162X)



A **blood vessel** within the haversian canal provides nutrients to osteocytes. Nutrients are transported through a chain of cell processes away from the haversian canal, toward osteocytes located far from the canal. The transport of the canalicular system is limited to a distance of about 100 μm.

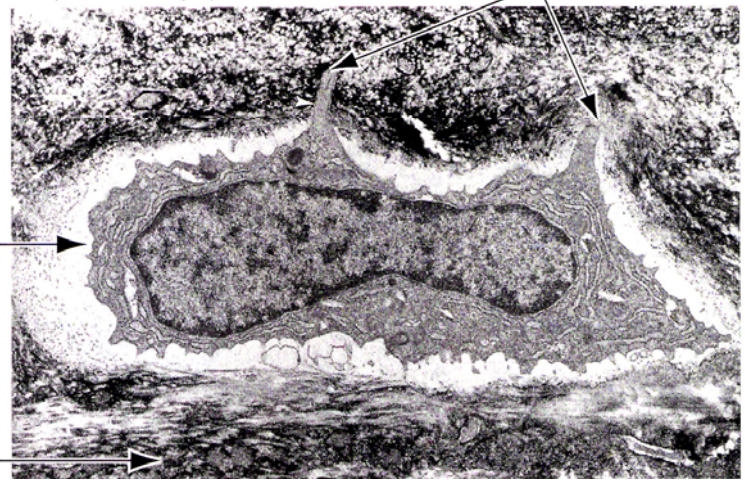


Cell processes are embedded within canaliculi, spaces surrounded by mineralized bone. Extracellular fluid within the lumen of the canaliculi transports molecules by passive diffusion.

Gap junctions are present at the contact points of osteocyte processes

Cell processes entering canaliculi

An **osteocyte**, trapped in the calcified matrix, occupies a space or lacuna. Osteocytes are responsible for maintenance and turnover of the bone matrix.



Calcified matrix

Osso Spugnoso

- Dalle lamelle circonferenziali interne, verso la cavità midollare, dipartono delle *Trabecole* di osso spugnoso.
- *Trabecole*
  - Sottili, composte da lamelle ossee irregolari con lacune contenenti osteociti.
  - Non ci sono sistemi di Havers, osteociti scambiano metaboliti con i sinusoidi del midollo, tramite canalicoli.
- *Endostio*
  - Sottile strato di connettivo che ricopre le trabecole. Osteoprogenitrici, Osteoblasti ed Osteoclasti.

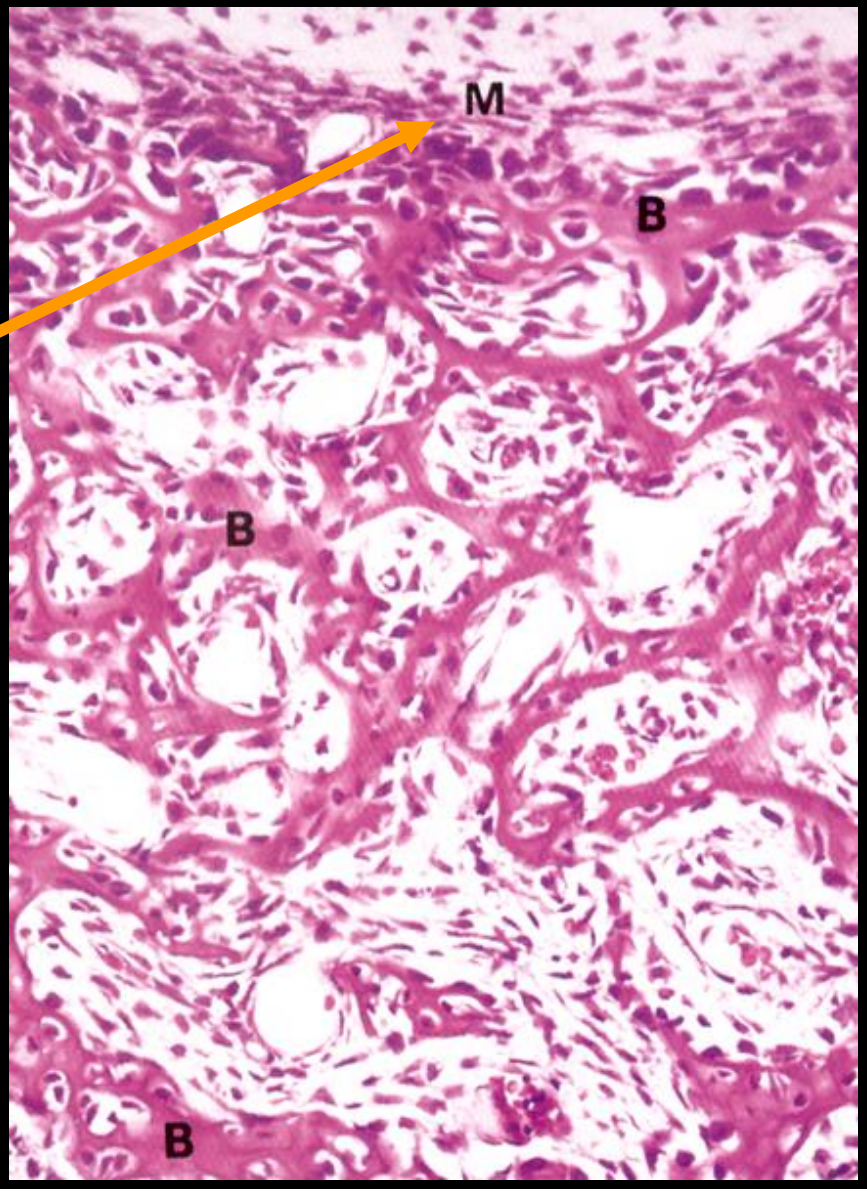
Osso Spugnoso

Ossificazione

- Processo che prevede sia la produzione della matrice ossea organica sia la calcificazione
- Questo processo NON è CRESCITA!!!
  - L'osso cresce *apposizionalmente* (come cartilagine)
- Due tipi di ossificazione:
  - *Intramembranosa*
  - *Endocondrale*

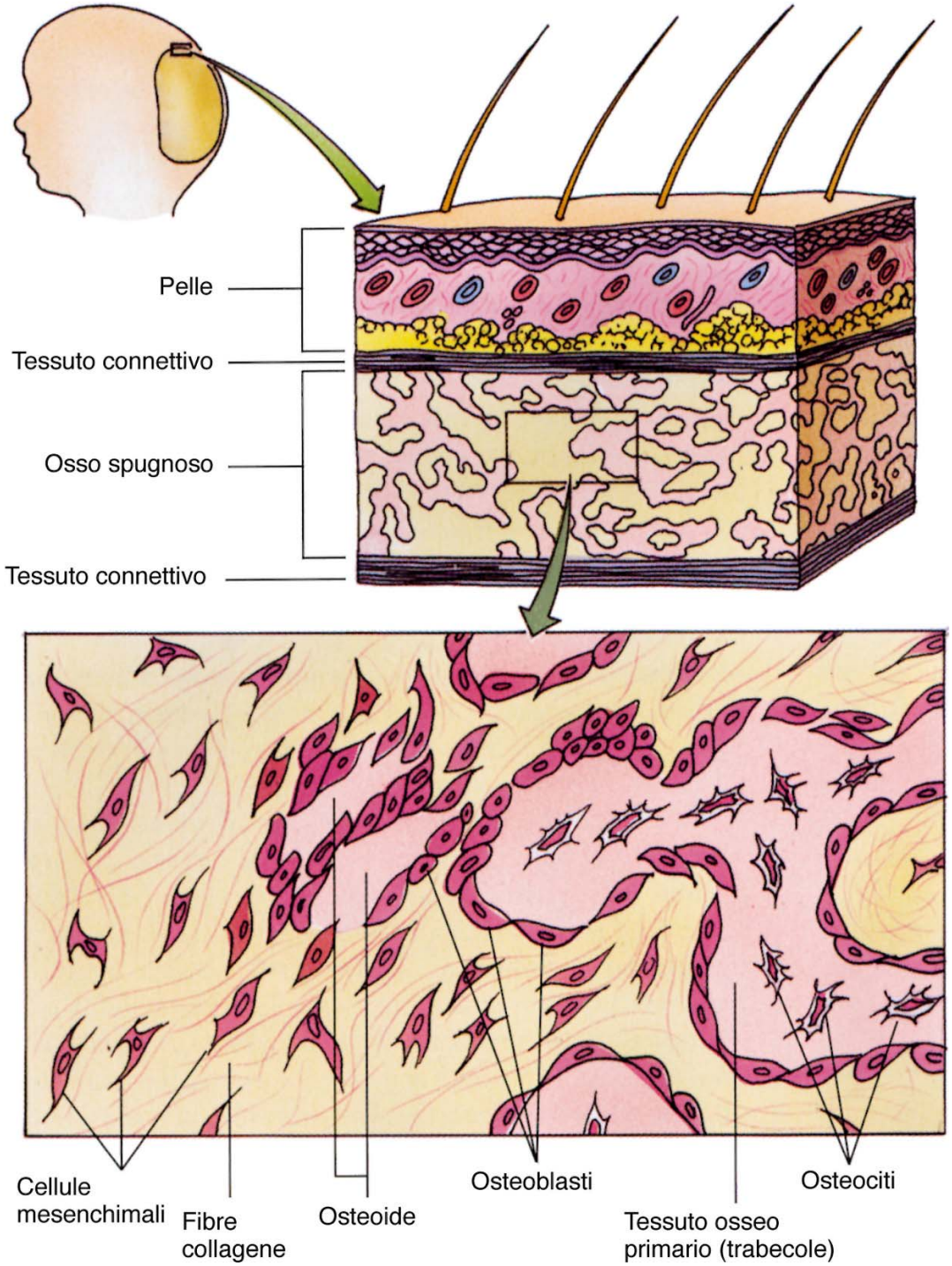
Ossificazione Intramembranosa

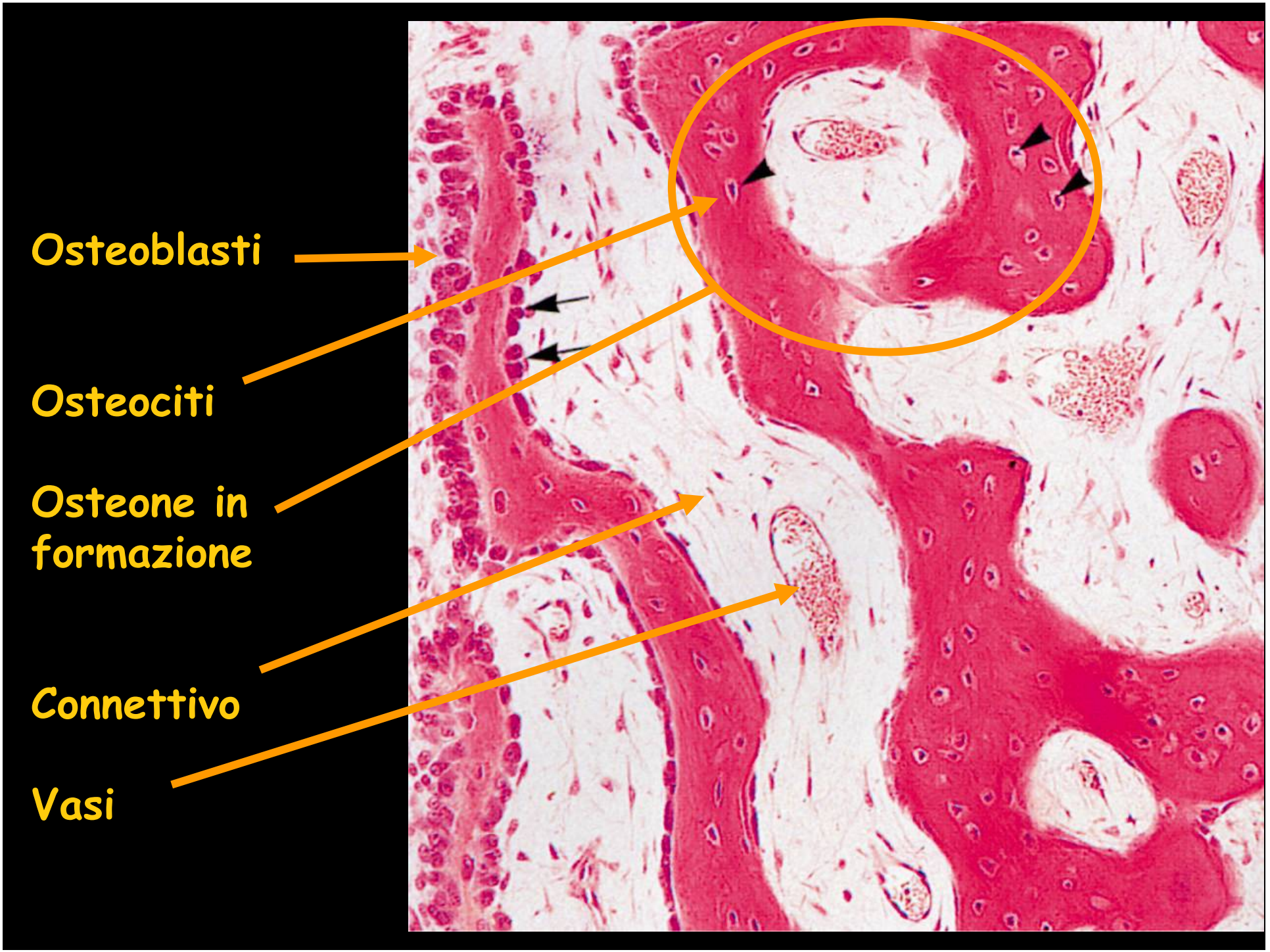
- Da cellule indifferenziate del tessuto connettivo
  - Cellule mesenchimali
- Aree vascolarizzate delle ossa del cranio e della faccia
- Osteoblasti differenziano in Osteociti



Ossificazione Intramembranosa

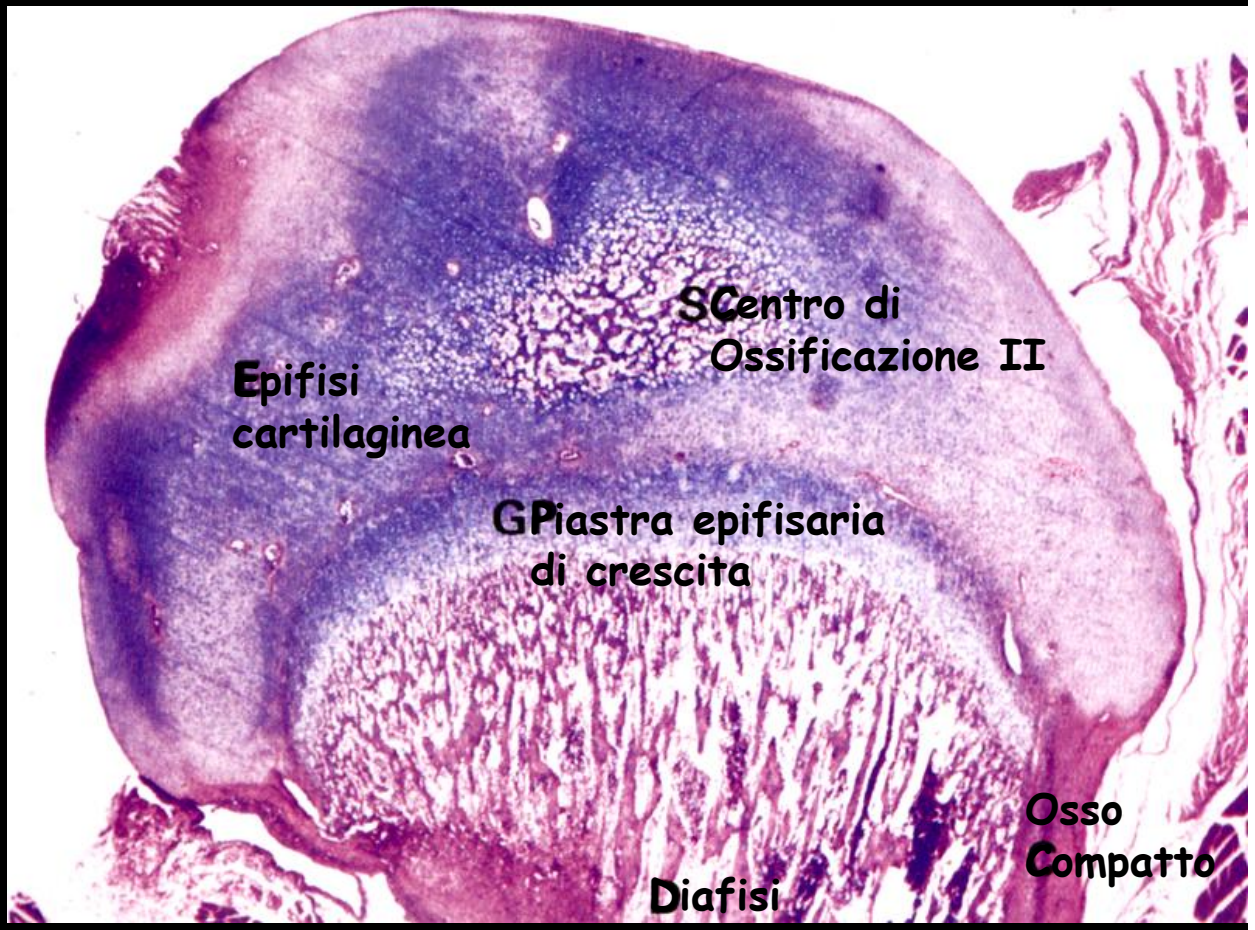
- *Cellule mesenchimali* differenziano in *Osteoblasti*, i quali cominciano a produrre matrice ossea e formano spicole e trabecole.
- *Centri di ossificazione primaria* zone dove inizia l'ossificazione.
- Fibre di collagene a disposizione casuale, poi deposizione di sali di calcio sull'osteoide e gli osteoblasti divengono osteociti.
- Man mano che si forma rete spongiforme di trabecole il connettivo vascolare si trasforma in midollo.
- Ossa grandi del cranio, diversi centri ossificazione che poi si fondono. Fontanelle dei neonati.
- *Periostio* ed *Endostio* da mesenchimale non calcificato.


Pelle
Tessuto connettivo
Osso spugnoso
Tessuto connettivo
Cellule mesenchimali
Fibre collagene
Osteoide
Osteoblasti
Tessuto osseo primario (trabecole)
Osteociti


Osteoblasti
Osteociti
Osteone in formazione
Connettivo
Vasi

Ossificazione Endocondrale

- Interessa ossa lunghe e corte, richiede la presenza di un abbozzo cartilagineo. Processo in due fasi:
  - Abbozzo cartilagine ialina.
  - Accrescimento e sostituzione.
- *Condrociti* e *Condroblasti* differenziano in osteoblasti.
- Vascolarizzazione è necessaria.



Ossificazione Endocondrale

- *Centro primario di ossificazione.*
  - Nell'embrione , dove si formerà l'osso, è presente un abbozzo cartilagineo.
  - La cartilagine si sviluppa per accrescimento sia interstiziale sia apposizionale.
  - *Condrociti* regione centrale si ipertrofizzano, accumulano glicogeno nel citoplasma e si vacuolizzano. Ipertrofia porta ad aumento del volume della lacuna con riduzione della matrice che incomincia a calcificare.

Centro di ossificazione primario

Nell'embrione , dove si formerà l'osso, è presente un abbozzo cartilagineo. La cartilagine si sviluppa per accrescimento sia interstiziale sia apposizionale.

Condrociti regione centrale si ipertrofizzano, accumulano glicogeno nel citoplasma e si vacuolizzano. Ipertrofia porta ad aumento del volume della lacuna con riduzione della matrice che incomincia a calcificare.

- Pericondrio a ridosso della *parte centrale della diafisi* si *vascolarizza*. Differenziazione *cellule condrogeniche* (cartilagine) in *osteoprogenitrici* e poi osteoblasti. *Pericondrio* diviene *periostio*.
- *Osteoblasti* neoformati secernono *matrice ossea* e formano manicotto di tessuto subperiostale (ossificazione intramembranosa). Manicotto impedisce diffusione sostanze nutritive verso condrociti ipertrofici che muoiono.

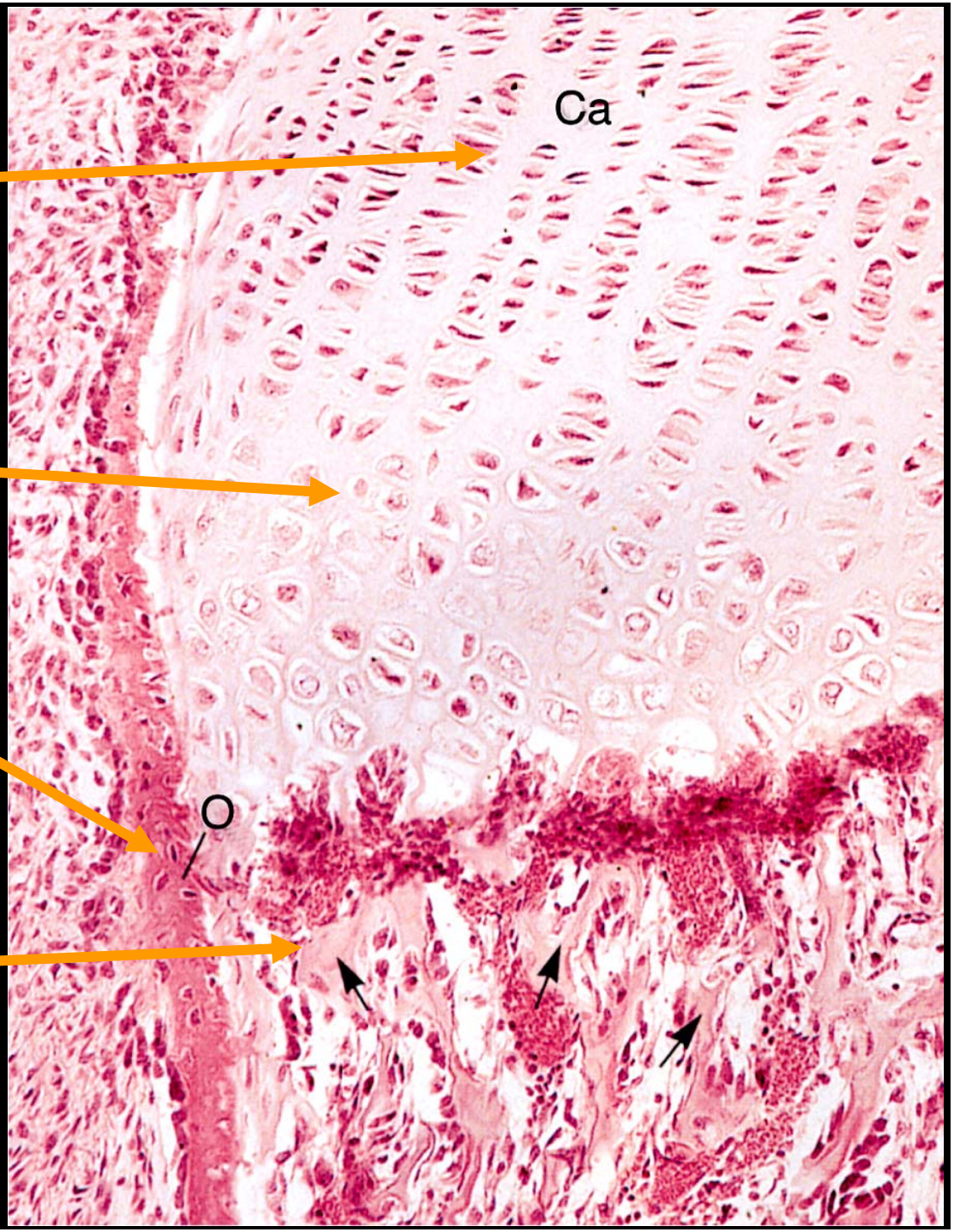
- *Gemmazioni del periostio*, cellule osteoprogenitrici, cellule ematopoietiche e vasi sanguigni, entrano nelle lacune dell'abbozzo cartilagineo.
- *Osteoprogenitrici*, danno origine agli osteoblasti, i quali incominciano a secernere la matrice. Matrice si deposita a ridosso della cartilagine calcificata. Complesso cartilagine calcificata/osso calcificato.

Cartilagine con condrociti

Condrociti ipertrofici e calcificati

Tessuto osseo

Riassorbimento complessi calcificati cartilagine/osso

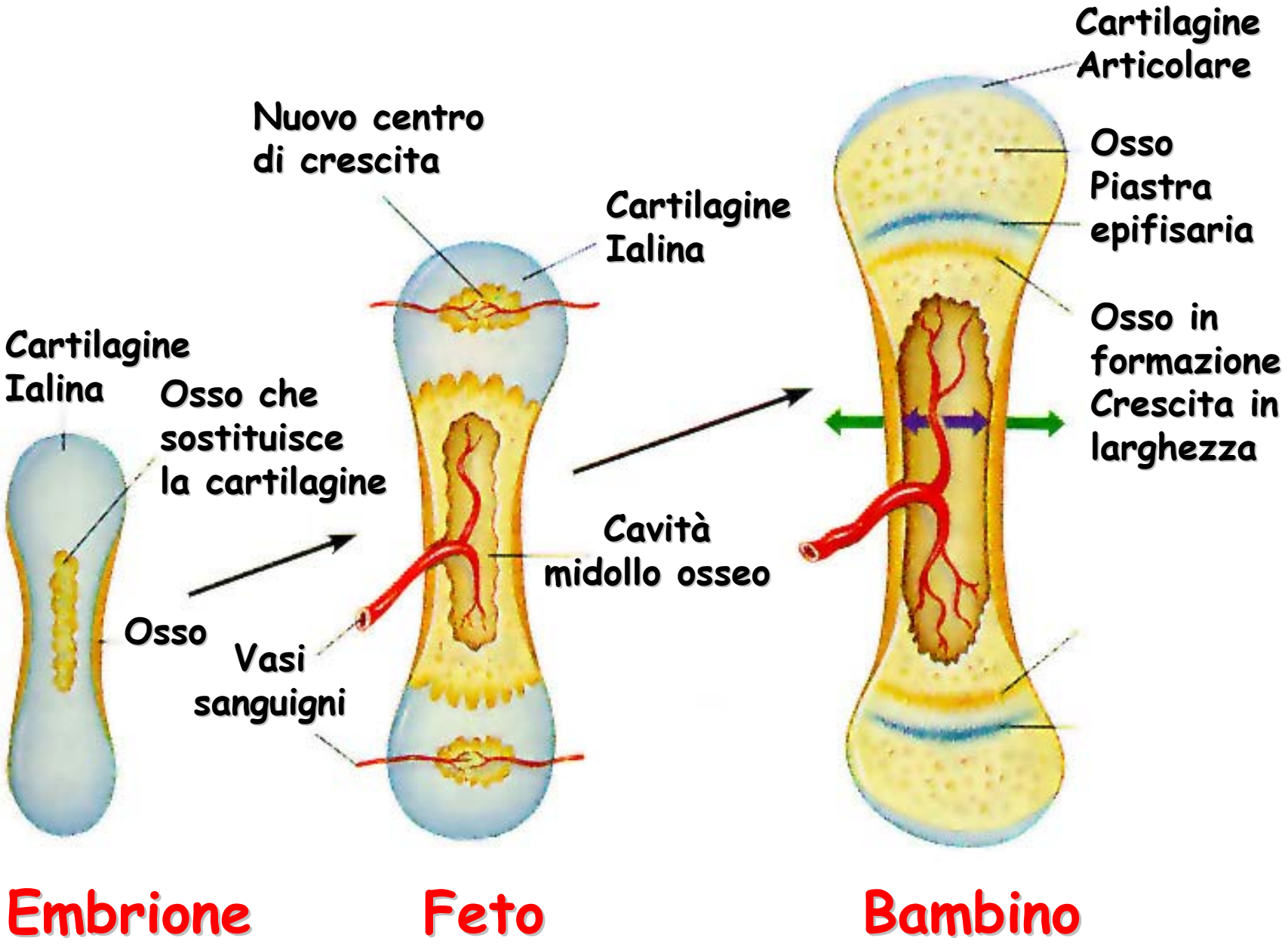


- Manicotto si ingrossa e si sposta verso le epifisi, osteoclasti incominciano a riassorbire complessi calcificati. Si allunga così la cavità midollare.

- Ossificazione delle epifisi, tranne la piastra epifisaria che rimane tale fino 18-20 anni.

Centro di ossificazione secondario

- Compaiono nelle epifisi con modalità simile alle diafisi. Non c'è manicotto.
- Cellule osteoprogenitrici invadono la cartilagine epifisaria, si differenziano in osteoblasti e cominciano a secernere la matrice.
- Ossificazione procede insieme a quella diafisaria, ma non coinvolge superfici articolari e piastre epifisarie.

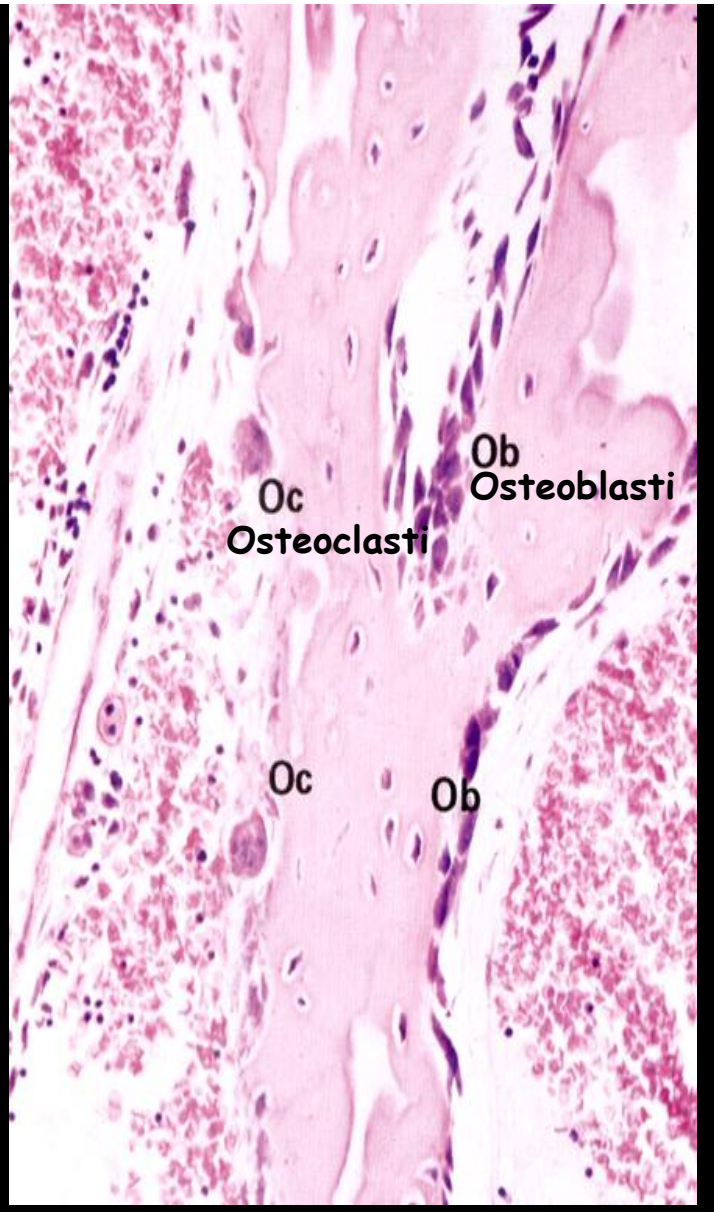

Cartilagine
Articolare
Nuovo centro
di crescita
Cartilagine
Ialina
Osso
Piastra
epifisaria
Cartilagine
Ialina
Osso che
sostituisce
la cartilagine
Osso in
formazione
Crescita in
larghezza
Cavità
midollo osseo
Osso
Vasi
sanguigni
Embrione
Feto
Bambino

Accrescimento in lunghezza

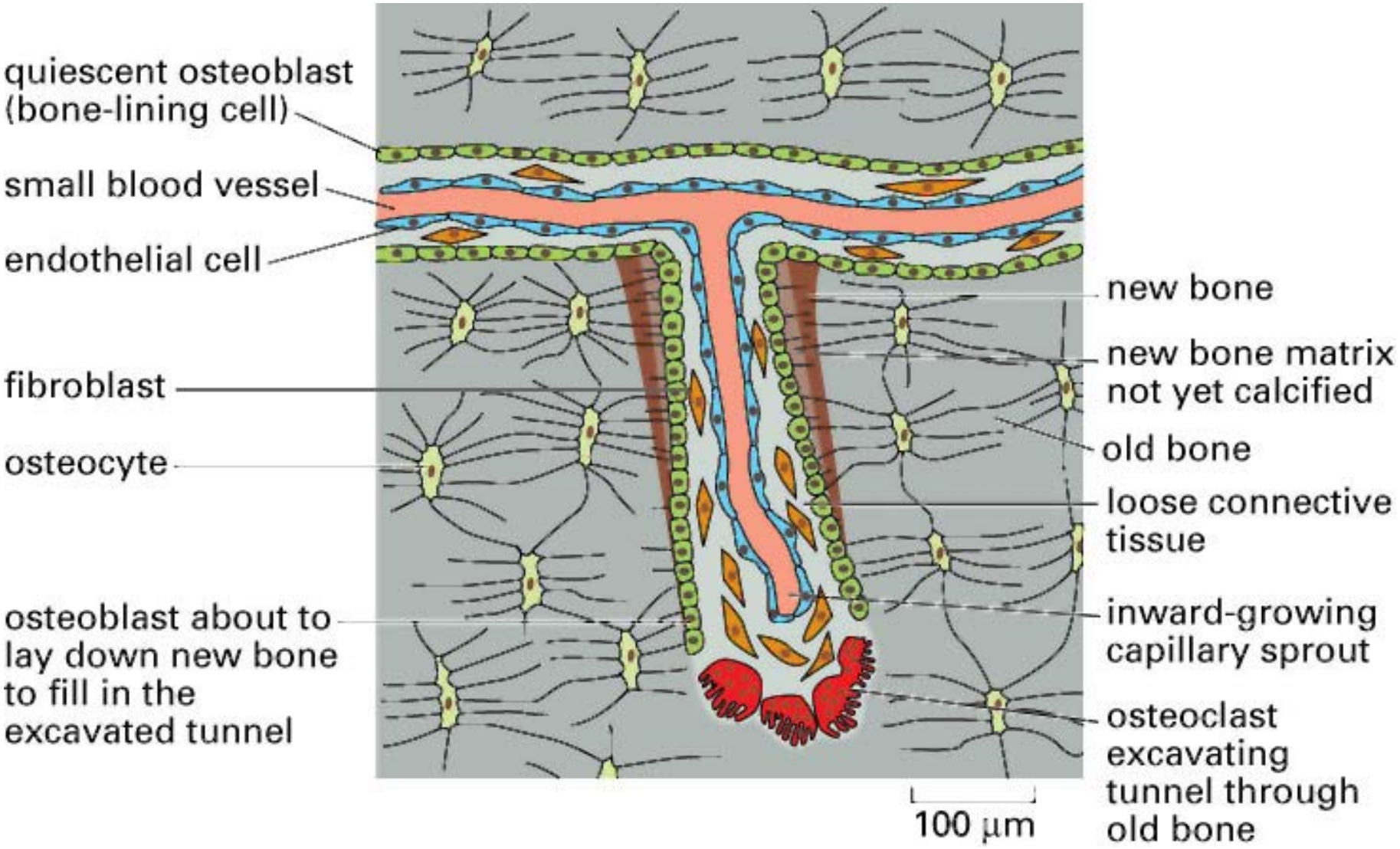
- Dipende dalla *Piastra Epifisaria*, dove condrociti proliferano durante l'ossificazione.
  - Proliferazione verso l'epifisi;
  - Ossificazione verso la diafisi.
- *Cartilagine di riserva*, condrociti mitotici.
- *Zona di proliferazione*
  - Colonne di condrociti paralleli all'asse dell'osso.
- *Zona di maturazione*
  - Condrociti maturano, si ipertrofizzano e accumulano glicogeno.
- *Zona di calcificazione*
  - Lacune confluiscono, condrociti muoiono e matrice si calcifica.
- *Zona di ossificazione*
  - Osteoprogenitrici invadono la cartilagine, differenziano in osteoblasti, secrezione matrice, calcificazione e riassorbimento.

Rimodellamento delle Ossa

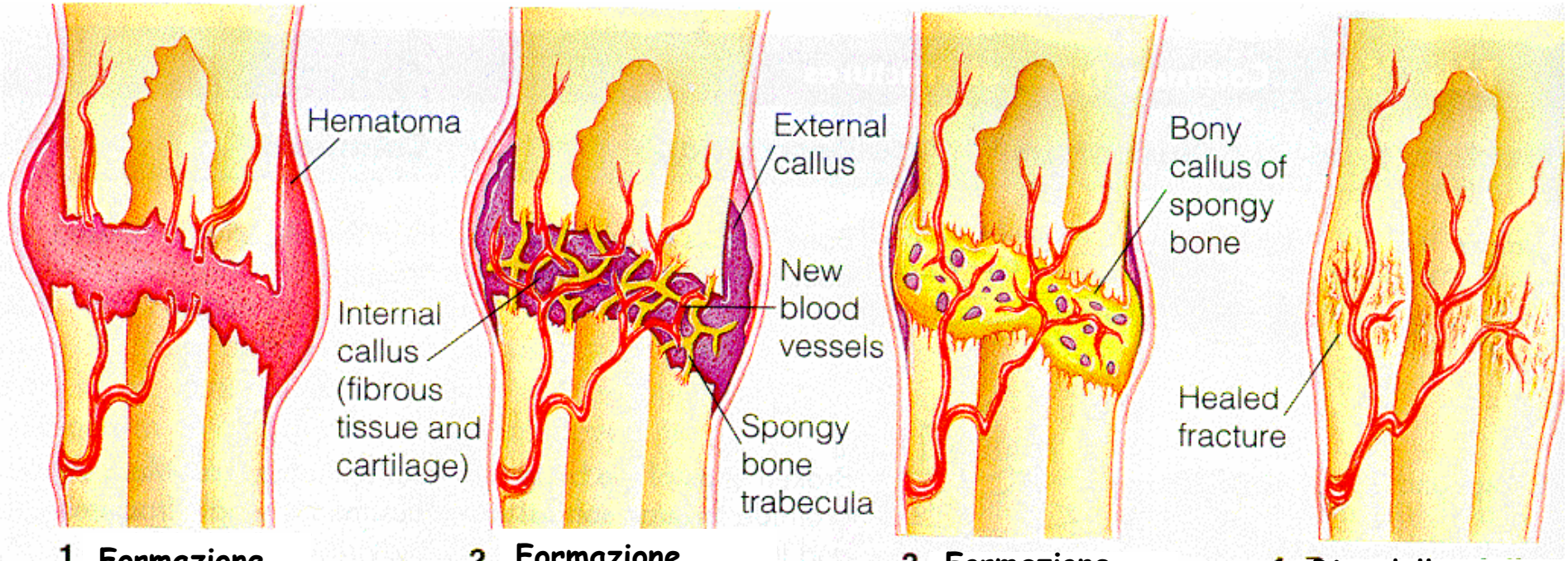
- Avviene durante tutta la vita, coinvolge gli osteoclasti e gli osteoblasti.
- Modalità differenti tra compatto (fattori sistemici, CT e PTH) e spugnoso (fattori secreti da cellule del midollo, IL1, TNF TGF-β).



Riassorbimento dell'osso compatto



Riparo delle Fratture
entrambi i tipi di ossificazione



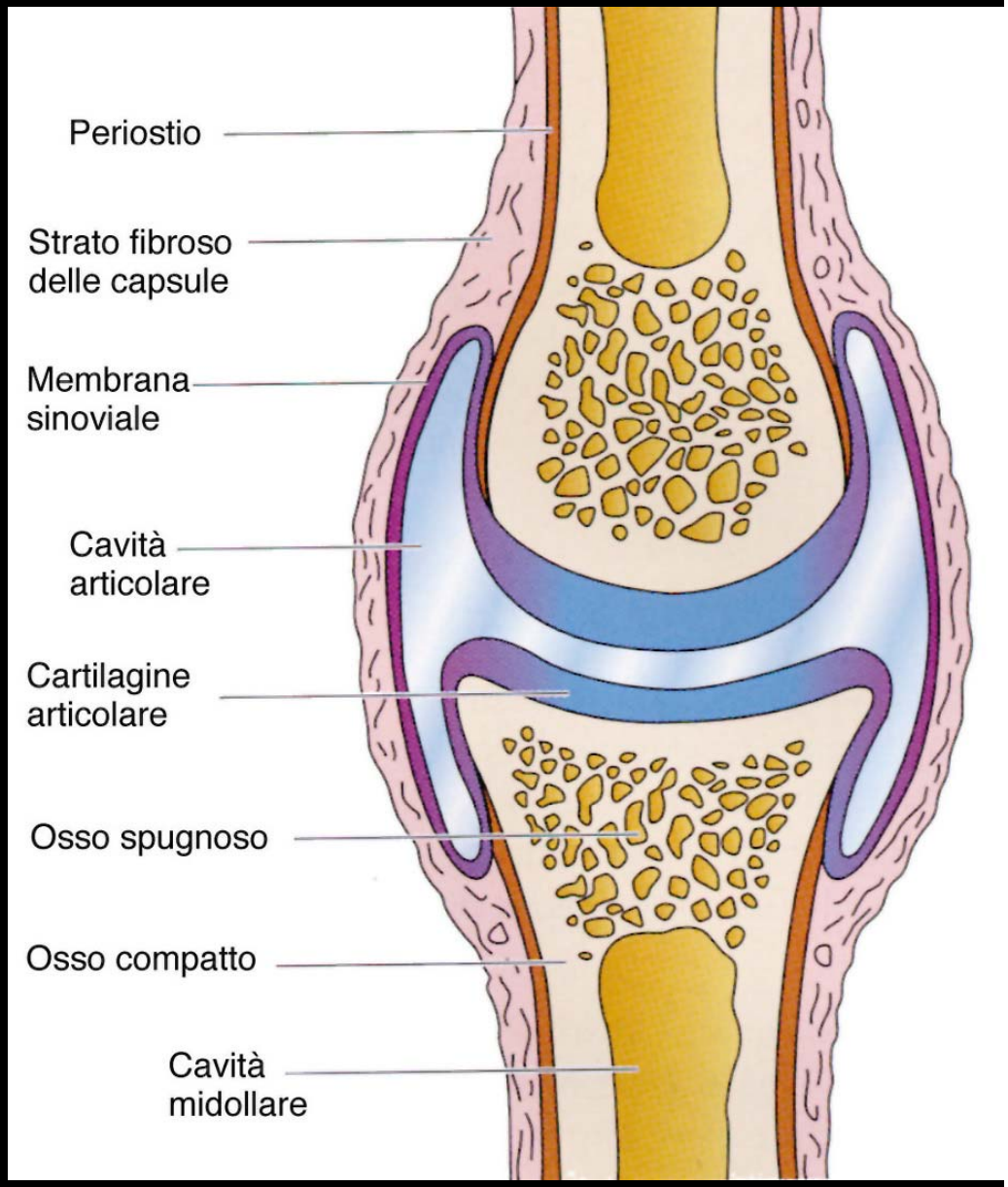
1. **Formazione dell'ematoma**
2. **Formazione del callo fibrocartilagineo**
3. **Formazione del callo osseo**
4. **Rimodellamento dell'osso**

Articolazioni

- Zone dove le ossa vengono a stretto contatto e si articolano.
- *Sinartrosi*, movimento dei capi articolari minimo.
- *Diartrosi*, ampia capacità di movimento dei capi articolari.

Sinartrosi

- *Sinostosi*
  - Movimento nullo, tessuto che unisce l'articolazione è osso (cranio dell'adulto).
- *Sincondrosi*
  - Movimento scarso, tessuto è cartilagine (prime costole dello sterno).
- *Sindesmosi*
  - Movimento limitato, tessuto è connettivo denso (sinfisi pubica).

Diartrosi

- Maggior parte delle articolazioni.
- Capi articolari sempre ricoperti da *Cartilagine Ialina*.
- *Capsula articolare:*
  - *Strato fibroso*, esterno di connettivo denso, continuo con periostio.
  - *Strato sinoviale*, cellulare interno, ricopre le superfici non cartilaginee. Detto anche *membrana sinoviale.*