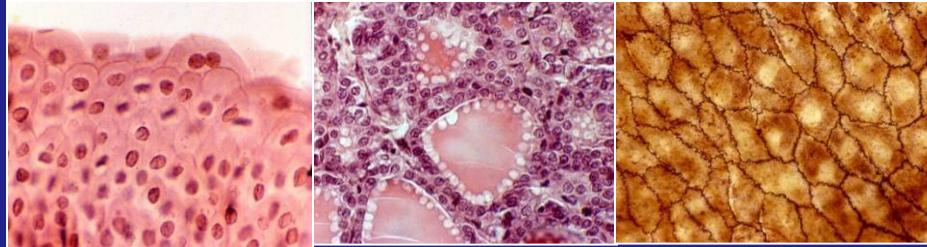




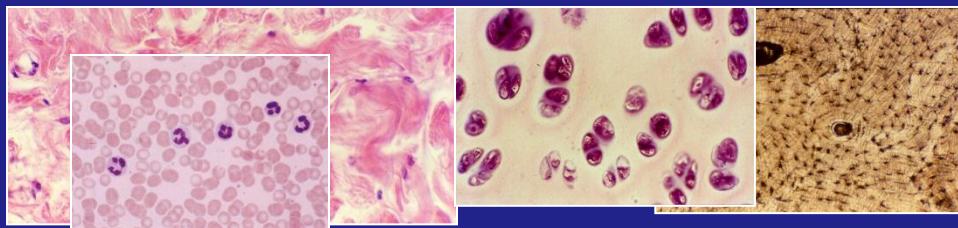
## Corso di Laurea in Biotecnologie AA 2025-2026

**Citologia e Istologia**  
Prof.ssa Mauro Annunziata

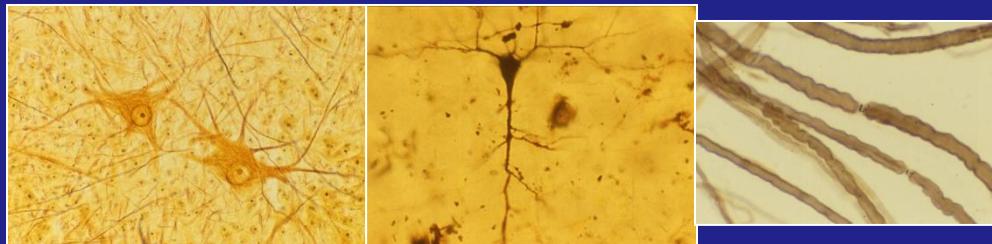
# I TESSUTI



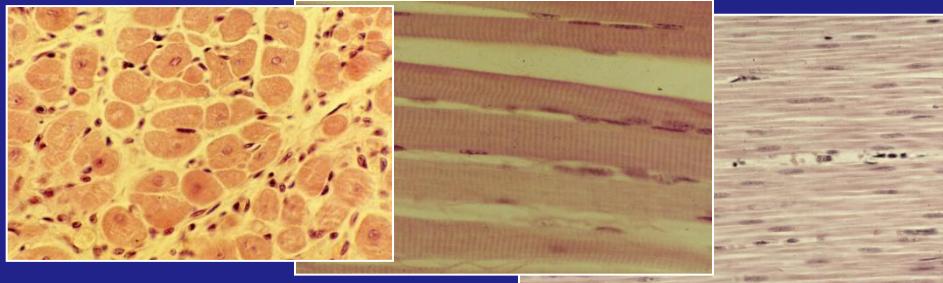
TESSUTO EPITELIALE



TESSUTO CONNETTIVO



TESSUTO NERVOSO



TESSUTO MUSCOLARE

# Componenti del tessuto connettivo

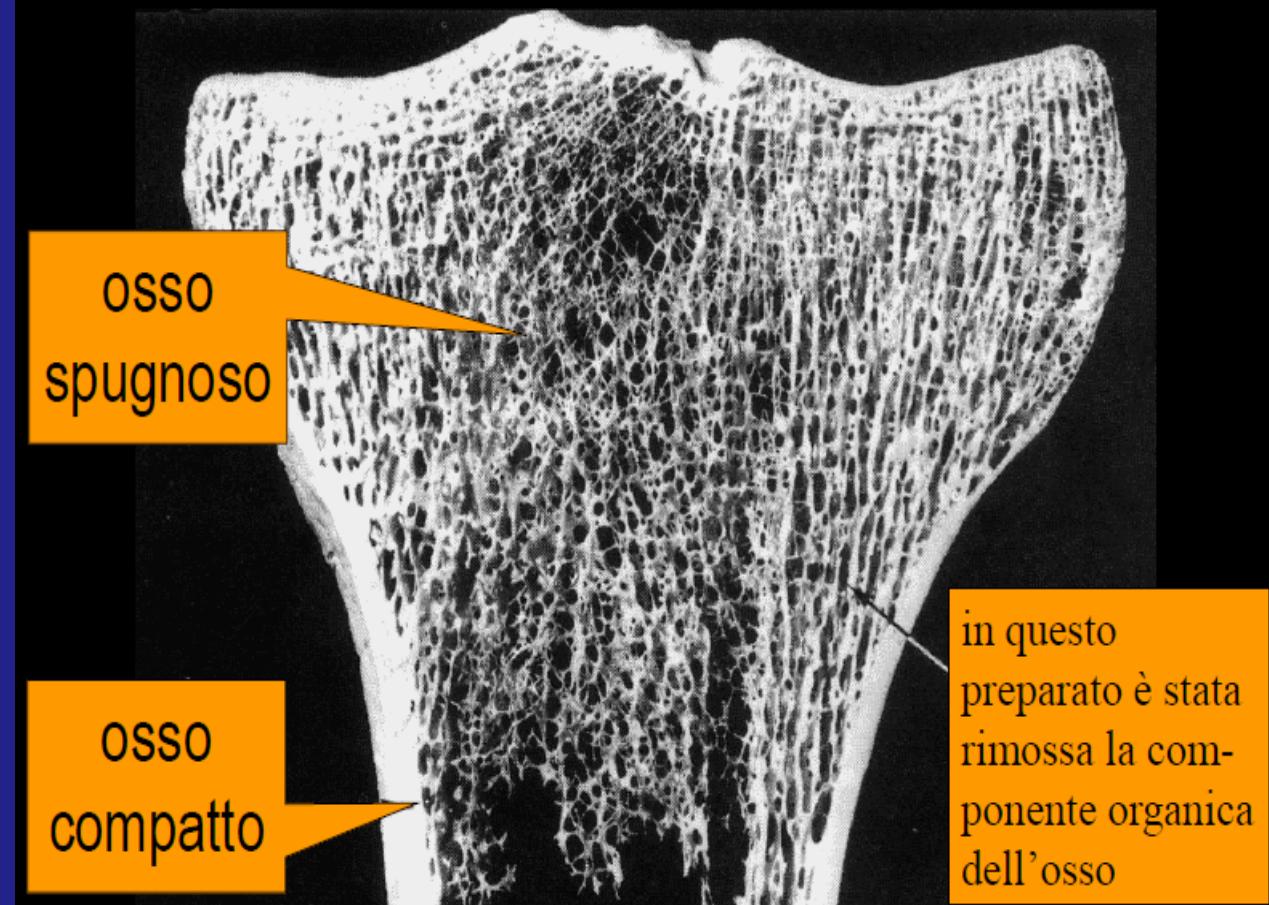
1. cellule
2. matrice extracellulare
  1. sostanza fondamentale amorfa
  2. fibre di natura proteica
    1. fibre collagene
    2. fibre elastiche

# Tessuto osseo

- Forma specializzata di connettivo caratterizzata dalla mineralizzazione della matrice extracellulare che conferisce al tessuto una notevole resistenza e durezza
- L'osso è al contempo resistente e leggero
- Non è un tessuto statico:  
è invece soggetto a rimodellamento e rinnovamento per l'intera durata della vita



## Organizzazione macroscopica

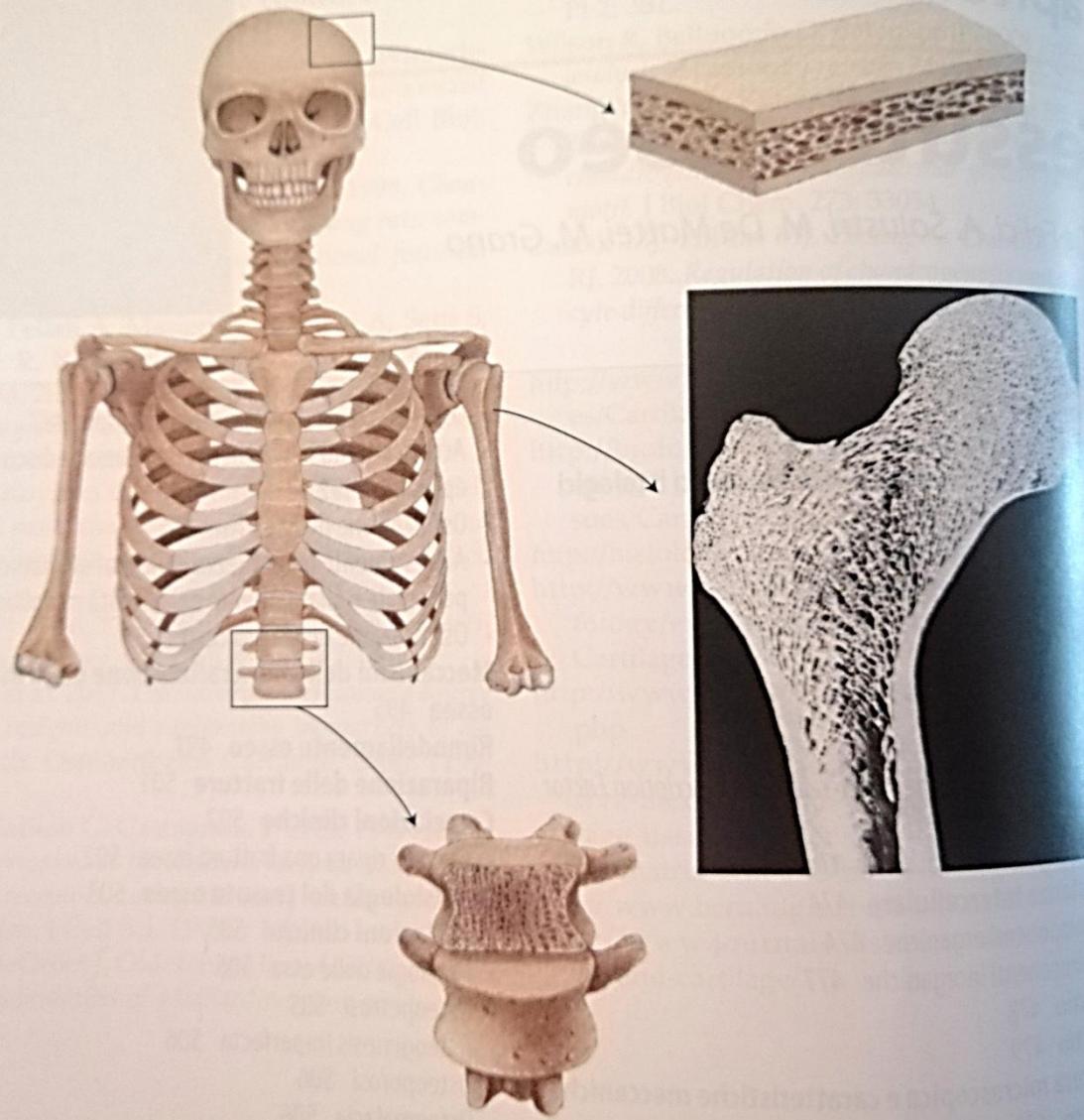


**Connettivo specializzato**, la cui matrice extracellulare è calcificata ed imprigiona le cellule che l'hanno prodotta.

Duro ma con capacità dinamiche ed è in grado di rinnovarsi, in relazione alle forze che agiscono su di esso.

Rivestito da **Periostio** (connettivo fibroso e cellule osteoprogenitrici)

Cavità centrale, contiene il midollo (ematopoiesi), delimitata da **Endostio** (cellule osteoprogenitrici e osteoblasti).



La forma delle ossa permette la suddivisione in

Corte  
Lunghe  
Piatte

Tale forma si adatta perfettamente alle funzioni che esse svolgono nei diversi distretti scheletrici.

# Funzioni dell'osso

- costituisce l'impalcatura interna del corpo
- protegge i visceri
- dà inserzione a muscoli e tendini
- accoglie gli elementi emopoietici del midollo
- è la principale sede di deposito del calcio

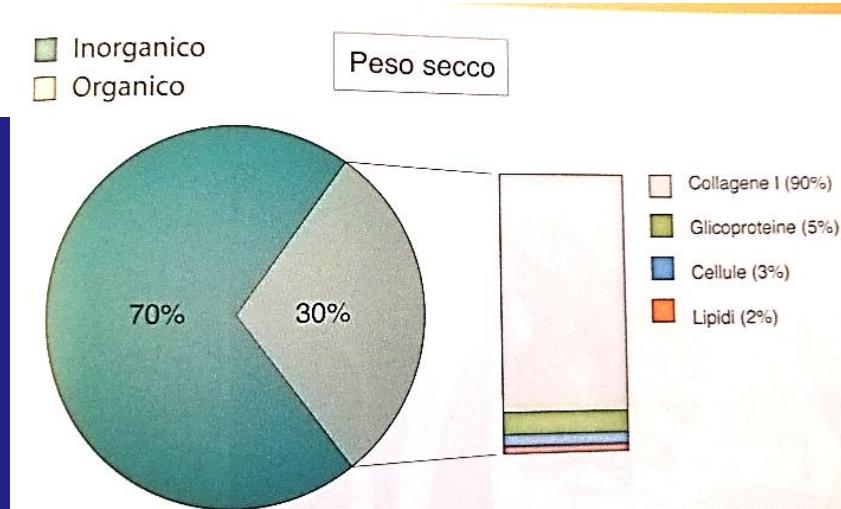
# Matrice dell'osso è costituita

## Struttura organica 30% peso secco

- cellule
- collagene tipo I
- altre molecole organiche: proteoglicani

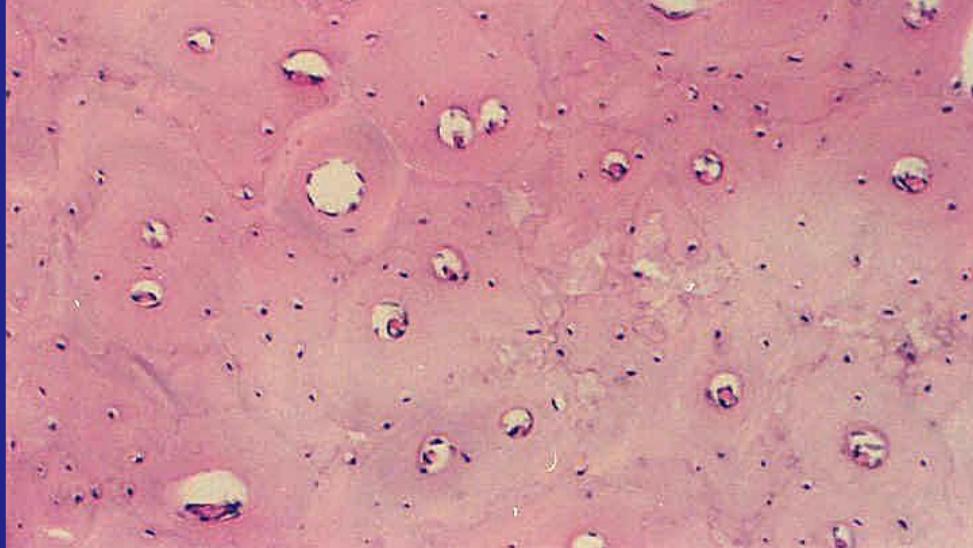
## • Struttura inorganica 70% peso secco

- Sali inorganici formano i cristalli di idrossiapatite (carbonati e fosfati di calcio) disposti lungo **fibrille di collagene** conferiscono la durezza dell'osso
- L'osso inoltre accumula minerali e ioni per le funzioni corporee.

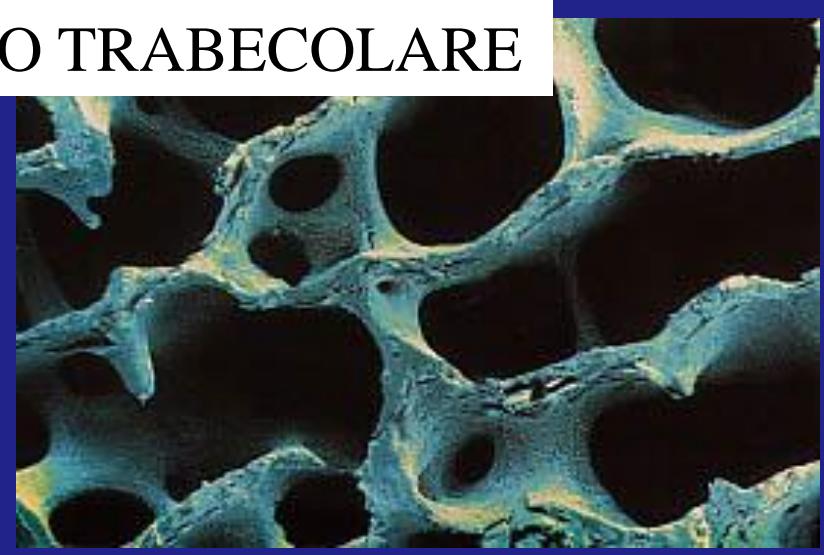
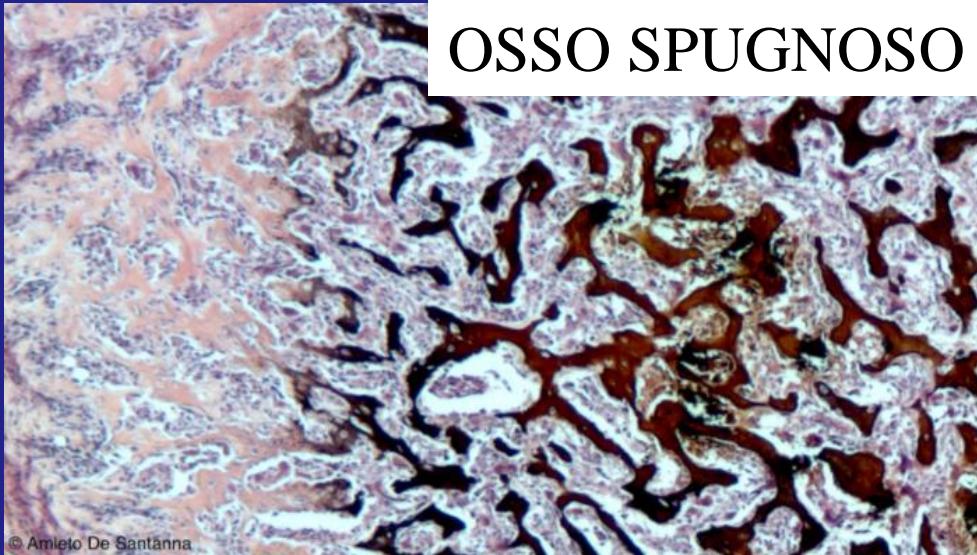


# TESSUTO OSSEO

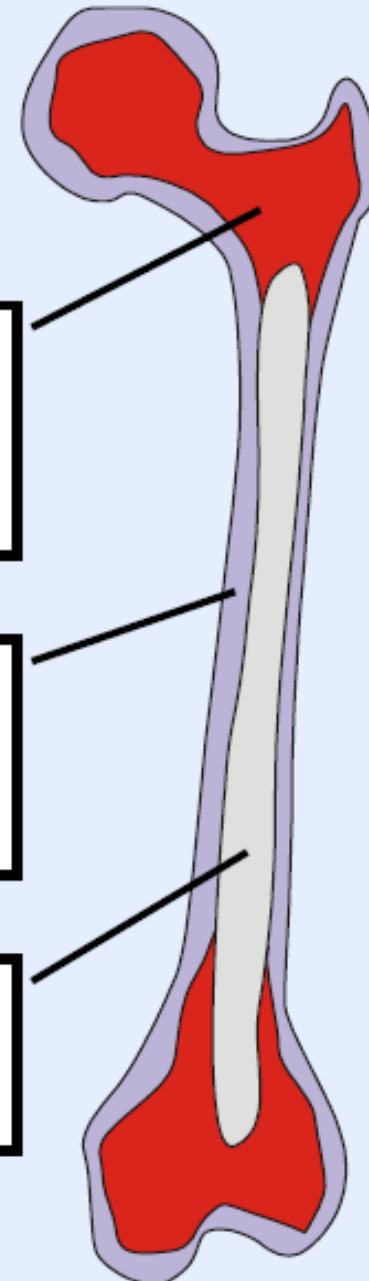
## OSSO LAMELLARE O COMPATTO



## OSSO SPUGNOSO O TRABECOLARE



# Un tipico osso lungo



## OSSO SPUGNOSO

- trabecole o spicole
- cavità midollari (midollo emopoietico)

## OSSO COMPATTO

- osteoni
- lamelle interstiziali e circonferenziali

## CAVITÀ MIDOLLARE CENTRALE

- tessuto adiposo

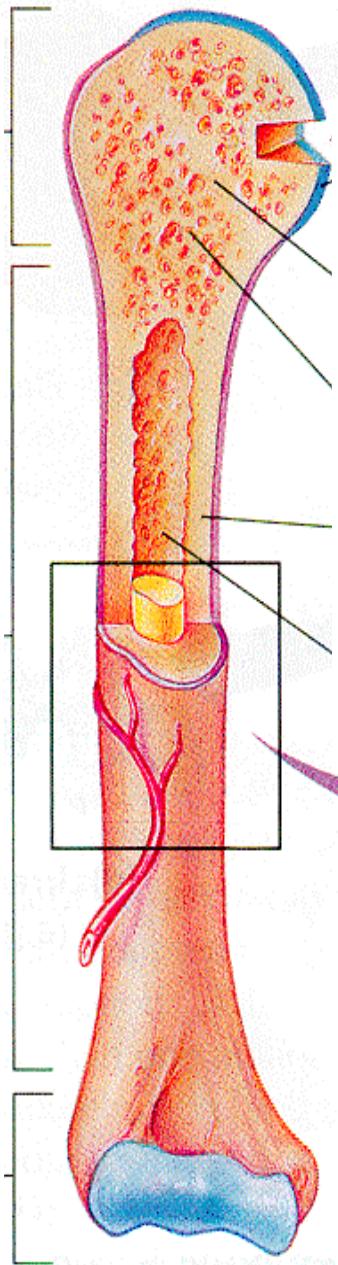
Epifisi  
Prossimale

Metafisi

Diaphisi

Metafisi

Epifisi  
distale

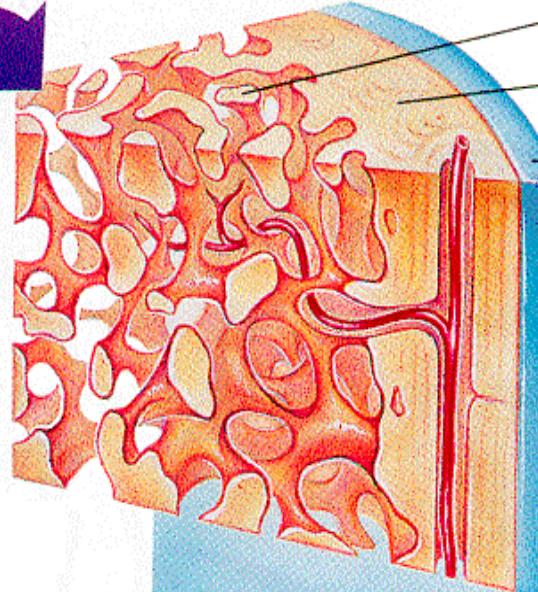


Cartilagine  
articolare  
Linea  
epifiseale

Osso  
spugnoso

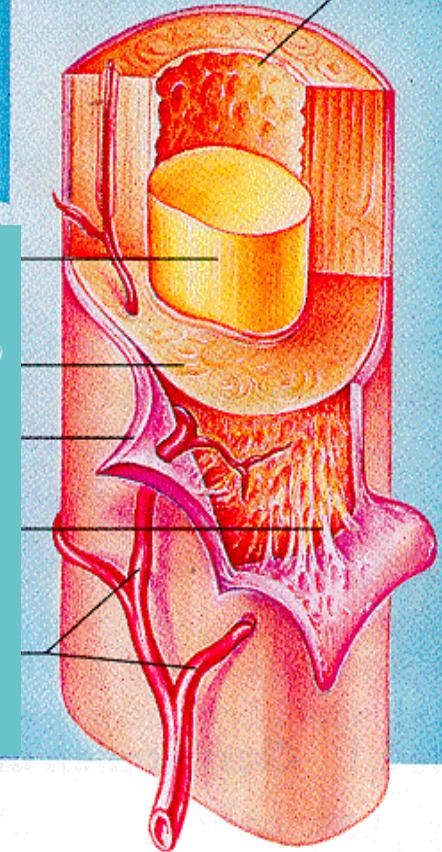
Osso  
compatto

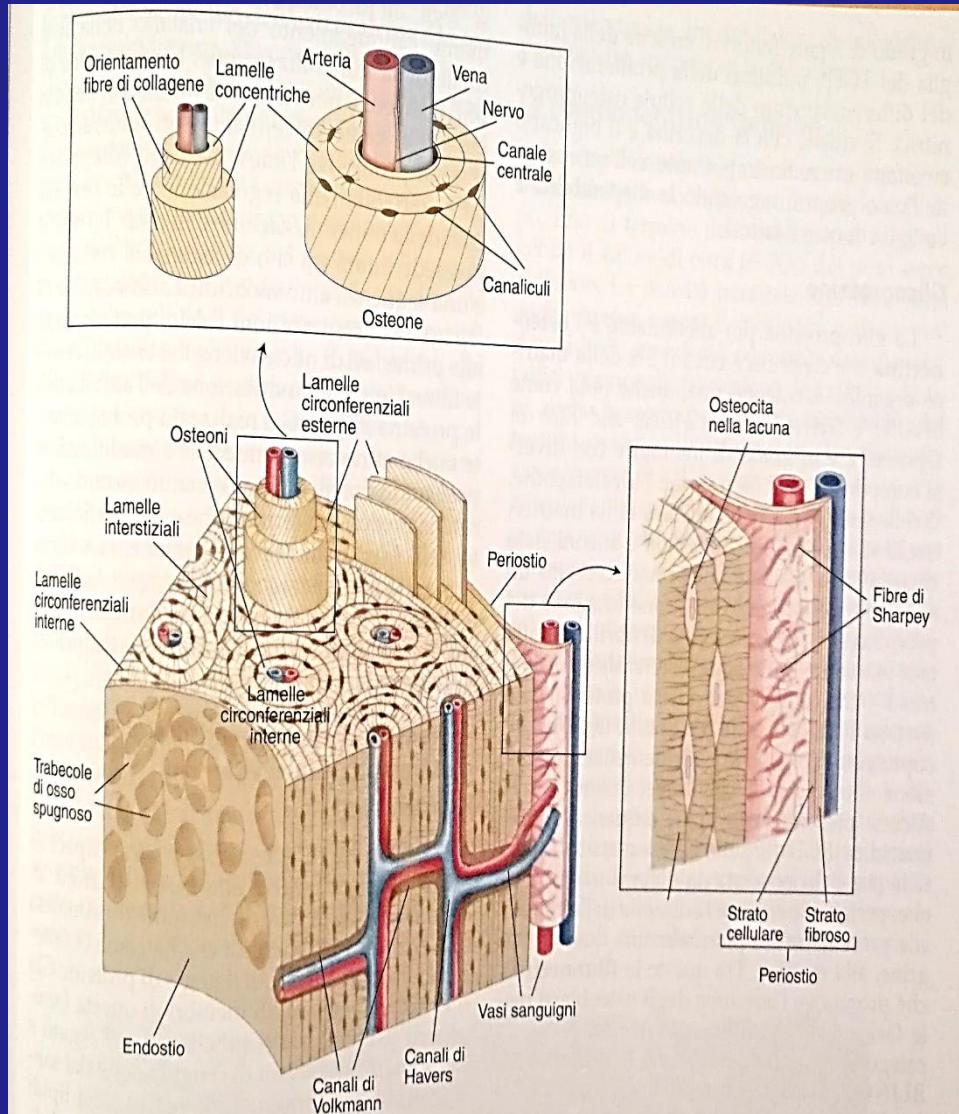
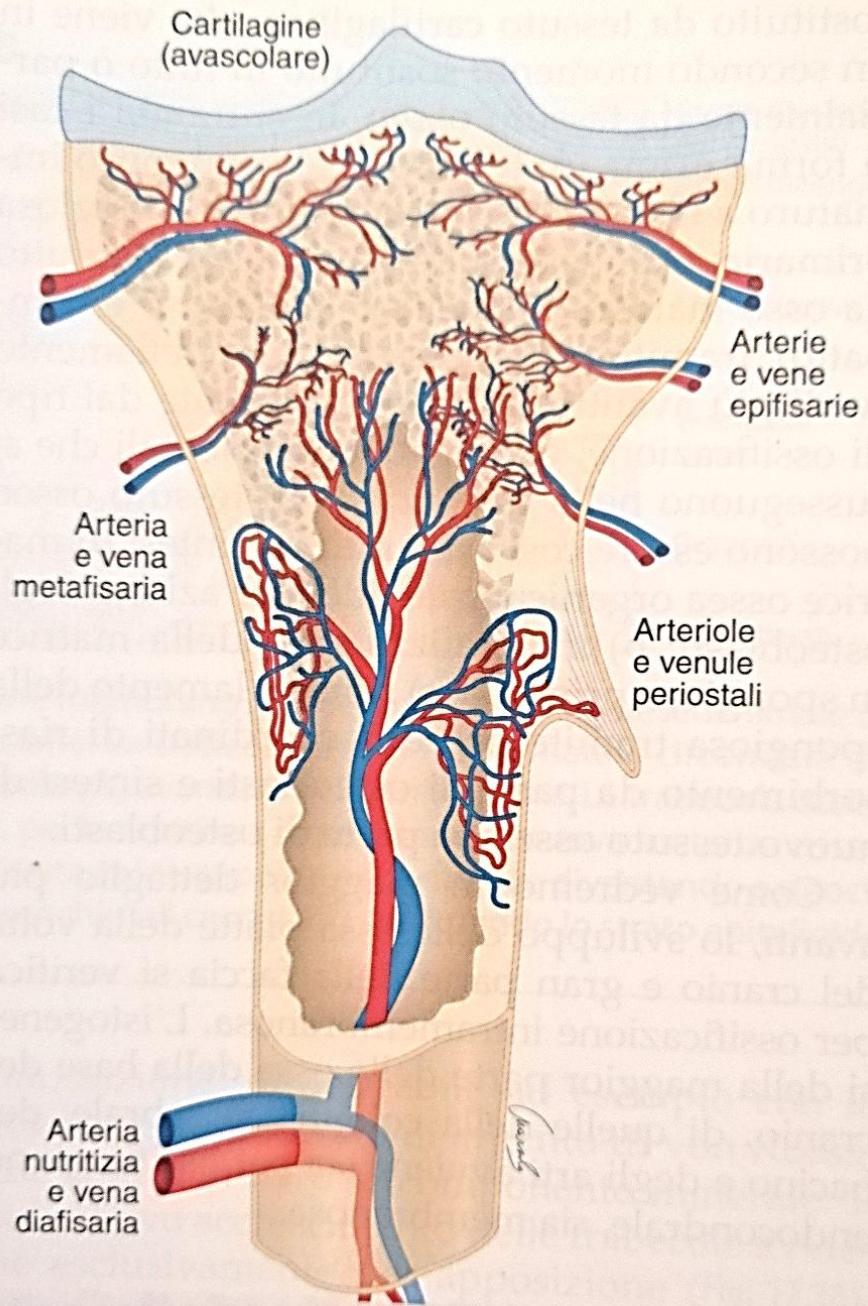
Canale  
midollare  
(midollo  
giallo)



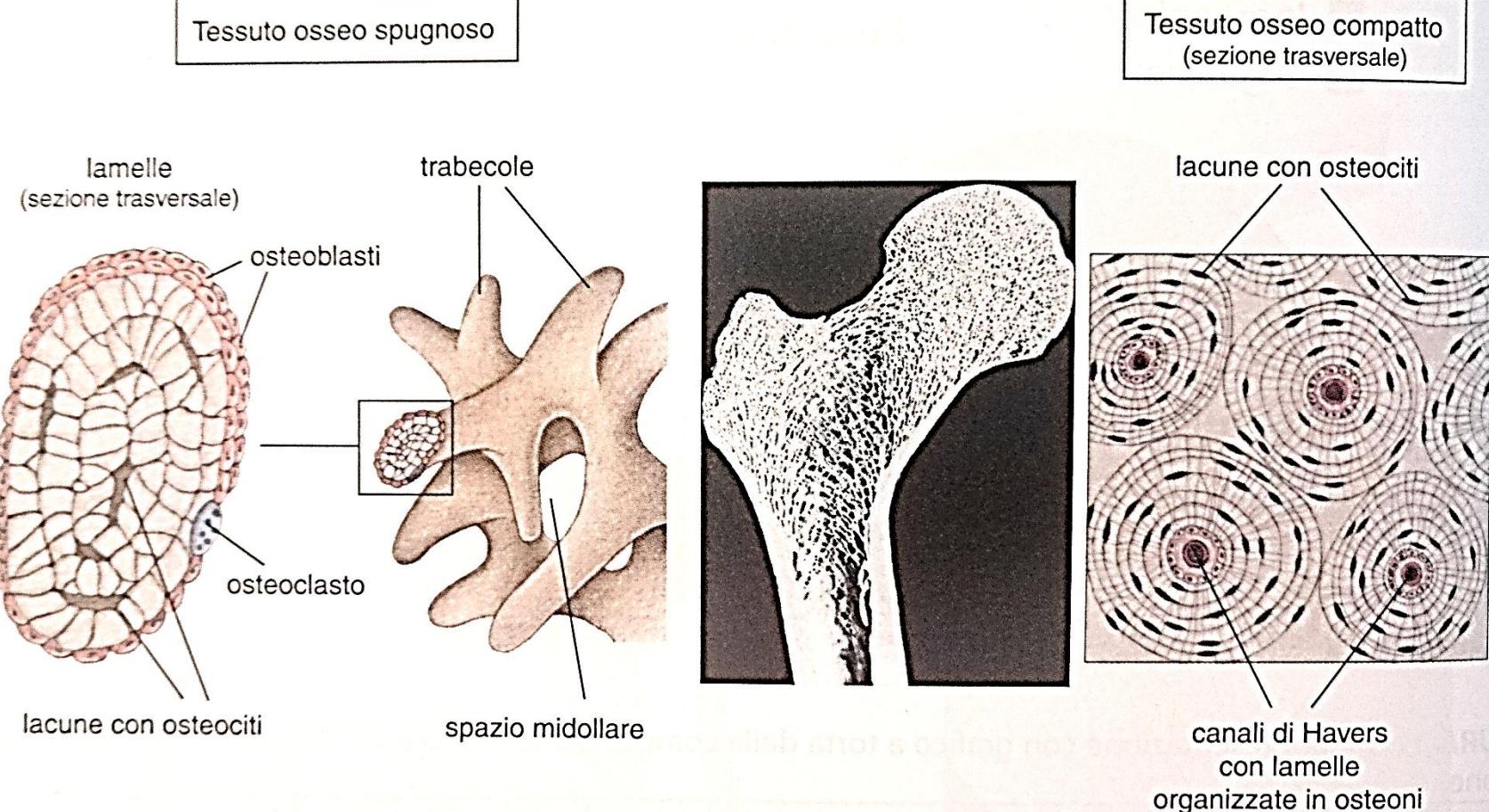
Osso spugnoso  
Osso compatto  
Cartilagine articolare  
Ialina

Endostio



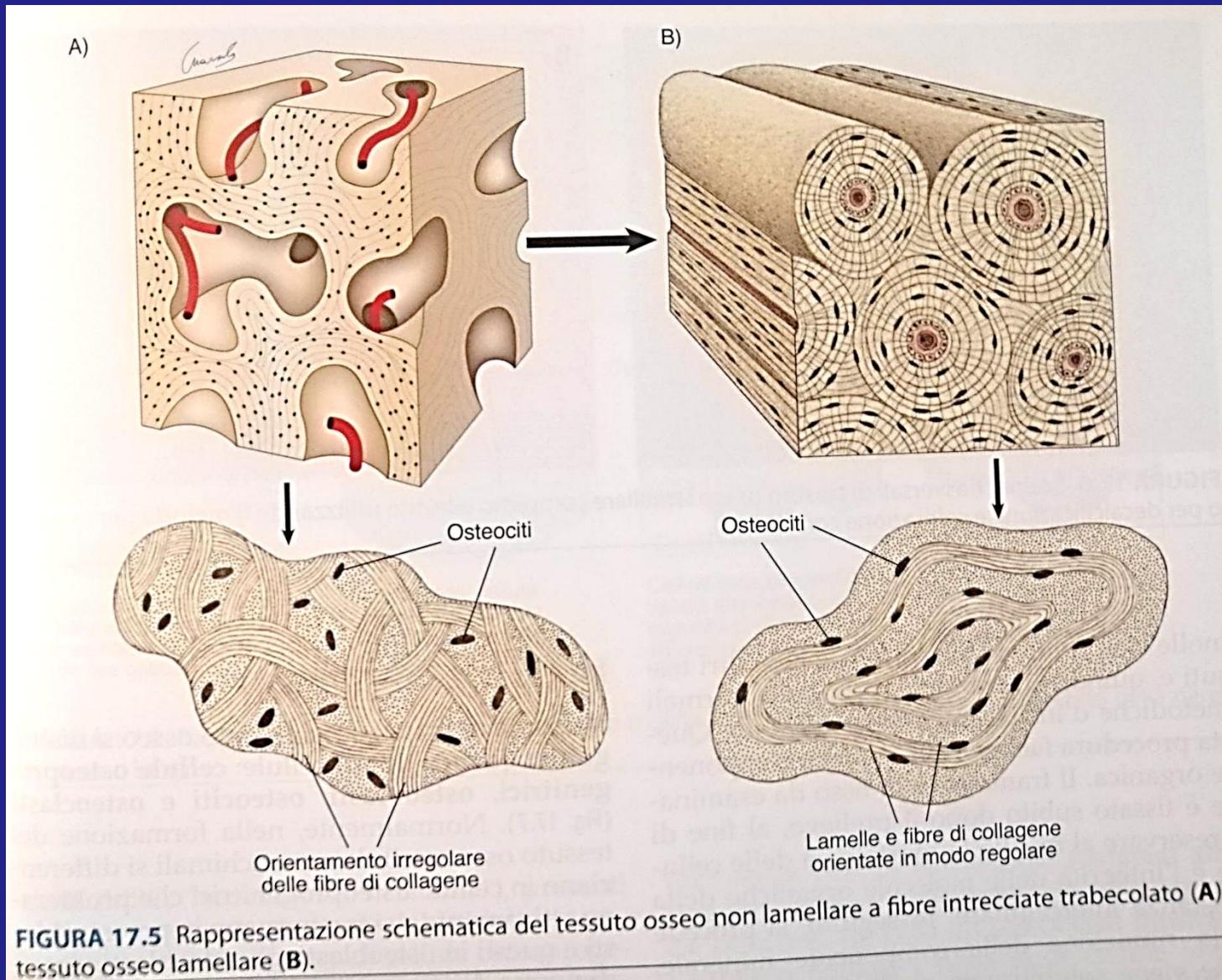


# ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE TESSUTO OSSEO



**FIGURA 17.4** Organizzazione istologica del tessuto osseo spugnoso e compatto rispettivamente in lamelle trabecolari e in sistemi haversiani.

# ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE TESSUTO OSSEO



# componenti del tessuto osseo

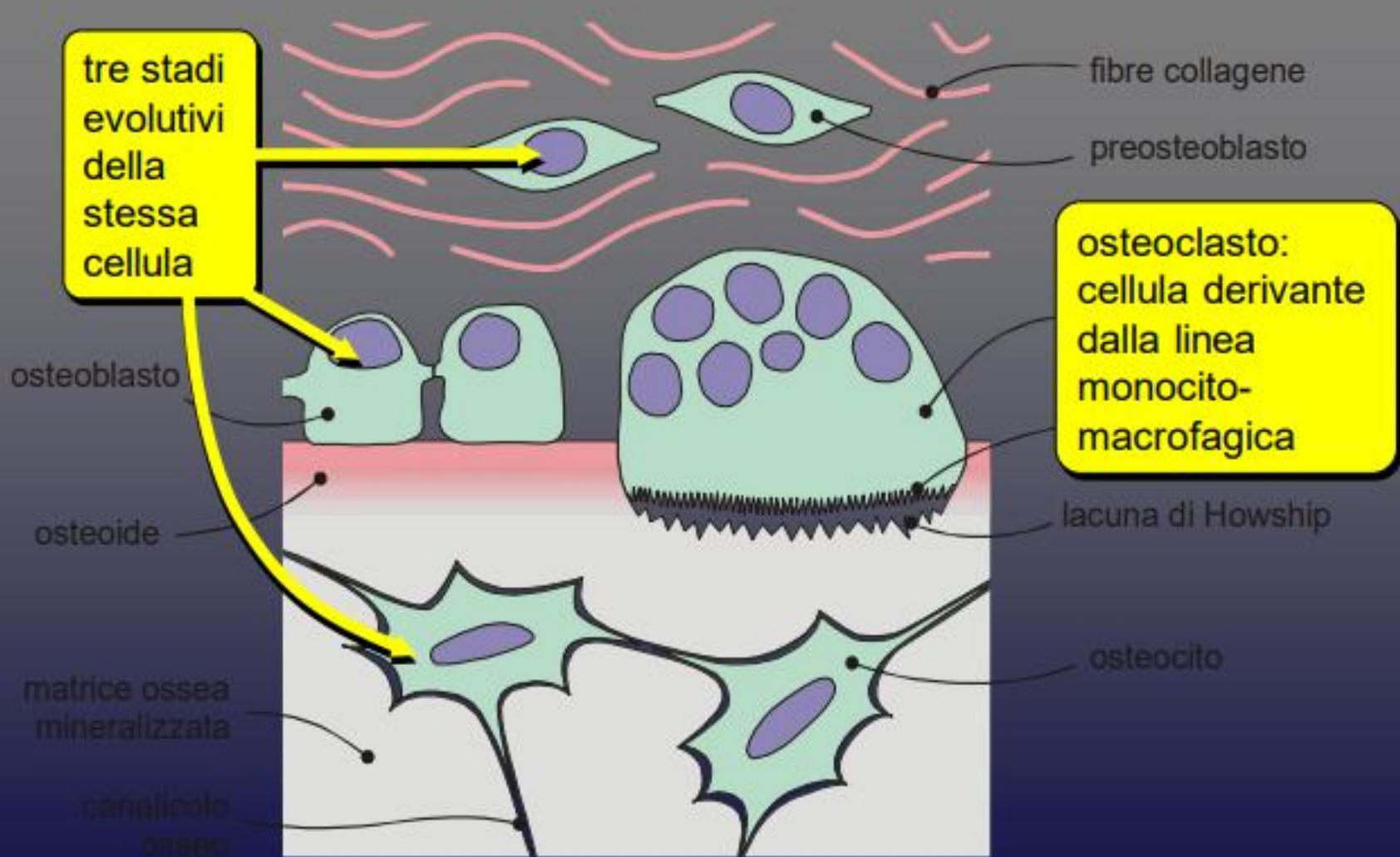
*come gli altri connettivi:*

- cellule specializzate  
(preosteoblasti, osteoblasti, osteociti, osteoclasti)
- fibre extracellulari  
(collagene)
- sostanza o matrice fondamentale  
(caratterizzata dal deposito di sali di calcio e dalla carenza di acqua)

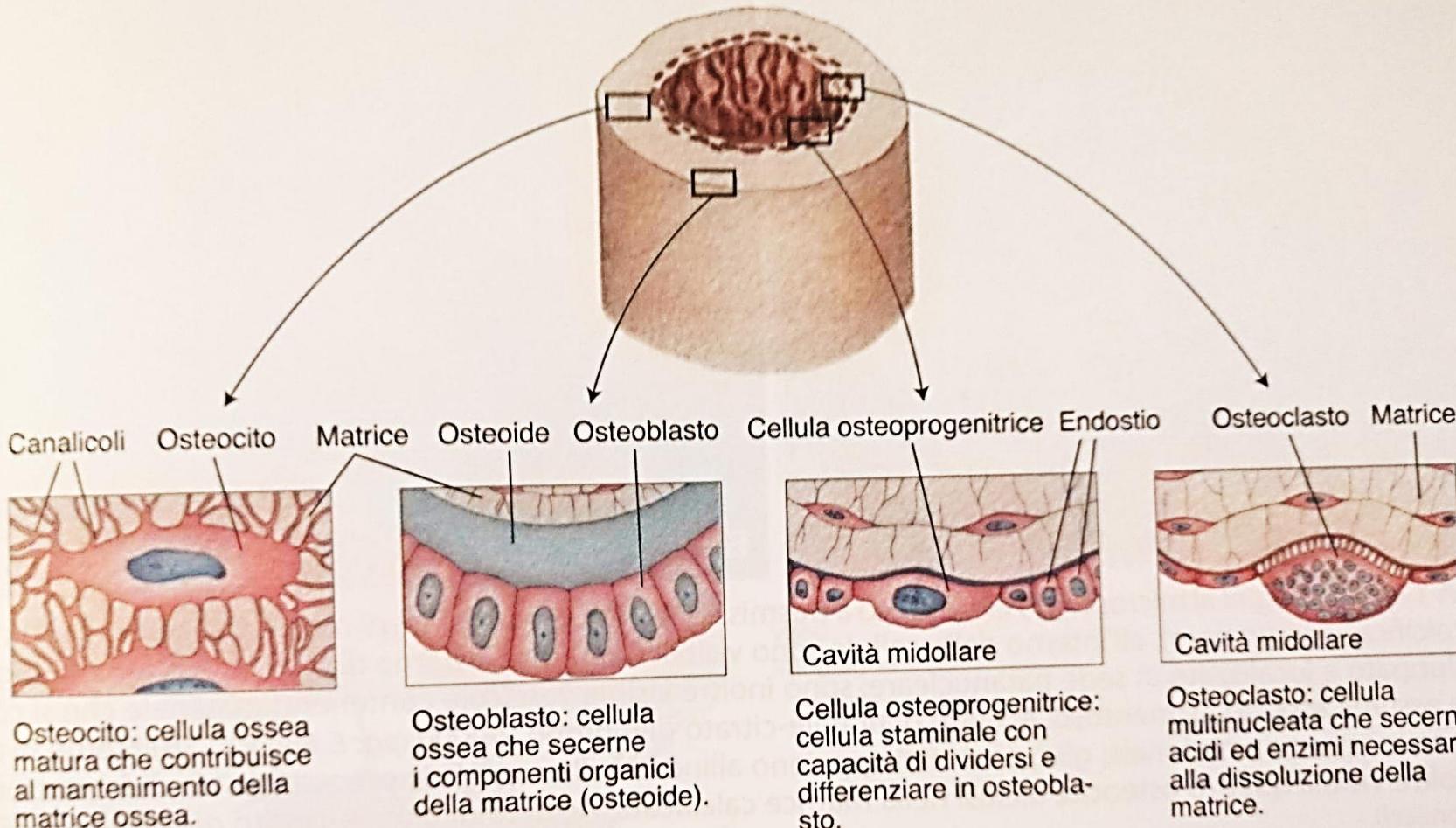
# Cellule dell'osso

- **Osteoprogenitici o Preosteoblasti**, derivano dalle mesenchimali embrionali e mantengono la capacità di dividersi;
- **Osteoblasti**, sintetizzano la matrice,
- **Osteociti**, cellule mature dell'osso, derivano dagli osteoblasti;
- **Osteoclasti**, multinucleati, derivano da macrofagi-granulociti, agiscono nel riassorbimento.

- cellule specializzate  
(preosteoblasti, osteoblasti, osteociti, osteoclasti)



# Cellule dell'Osso: localizzazione



**FIGURA 17.7** Rappresentazione delle cellule dell'osso e della loro prevalente posizione nell'ambito della pa  
di un osso lungo.

# Osteoprogenitrici

- Strato interno del **Periostio**, superficie interna **canale di Havers** e nell'**endostio**.
- Derivano dal mesenchima, vanno in mitosi e possono differenziare in osteoblasti.

- **Funzione:**
  - **Nelle regioni vascolarizzate danno origine agli osteoblasti.**
  - **Nelle regioni NON vascolarizzate danno origine ai condroblasti.**
  - **Molto attive nell'accrescimento.**

# Osteoblasti

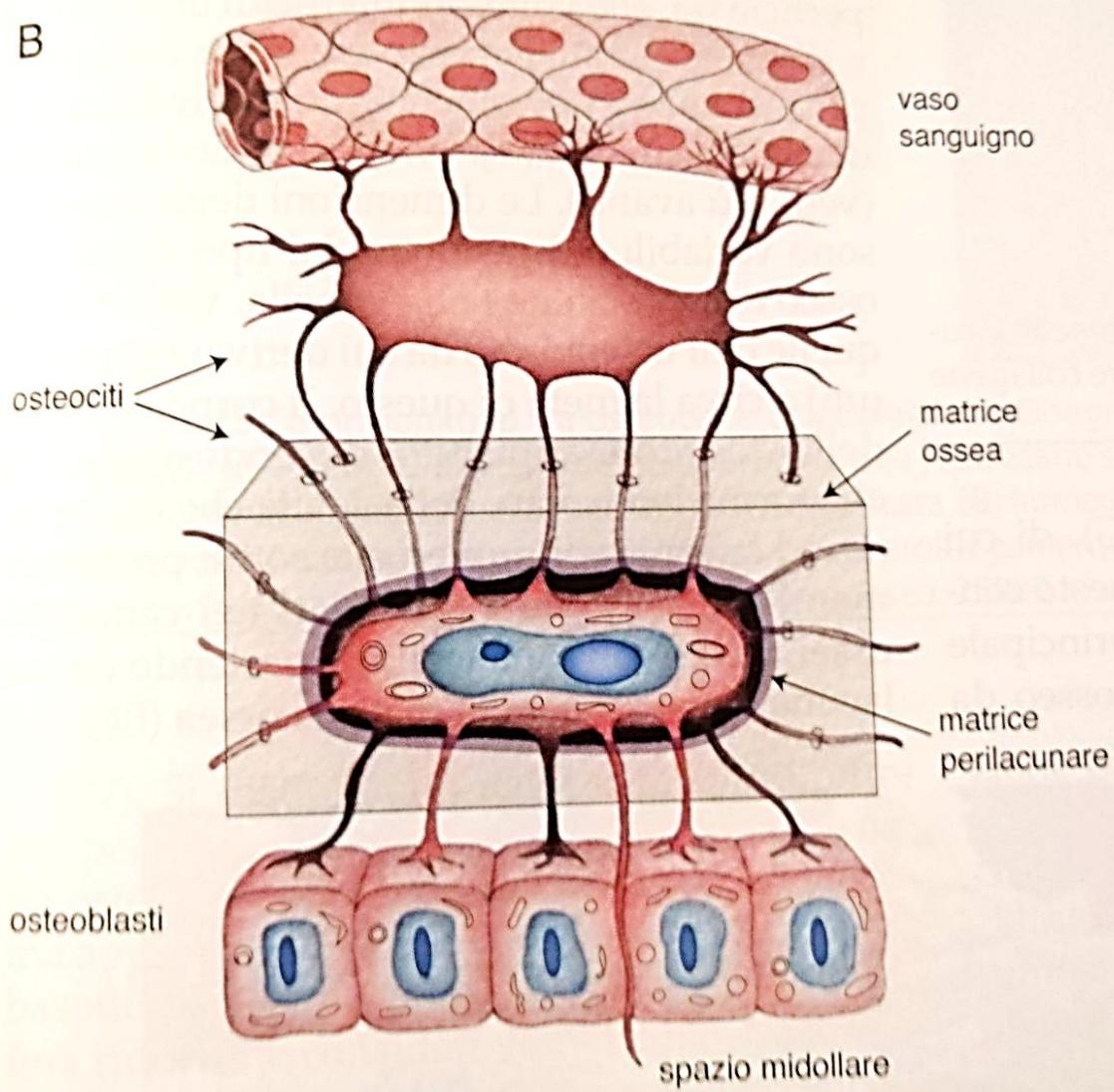
**Sintetizzano e secernono i costituenti organici della matrice ossea**

- Cellule larghe, derivano dalle osteoprogenitrici.
- Superficiali, lamine cubiche o cilindriche.
- Nucleo eccentrico, opposto ai granuli di secrezione.
- RER molto sviluppato, Golgi evidente e granuli secrezione.
- Processi citoplasmatici contatto cellule vicine (gap-junctions).



# Osteoblasti

B



- **Matrice ossea prodotta circonda le cellule (osteociti) che vengono inglobate in una lacuna**
- **Osteoblasti ed osteociti circondati da strato non calcificato, *osteoid*.**

# Deposizione di matrice ossea da parte degli osteoblasti

Cellula osteoprogenitrice  
(precursore dell'osteoblasto)

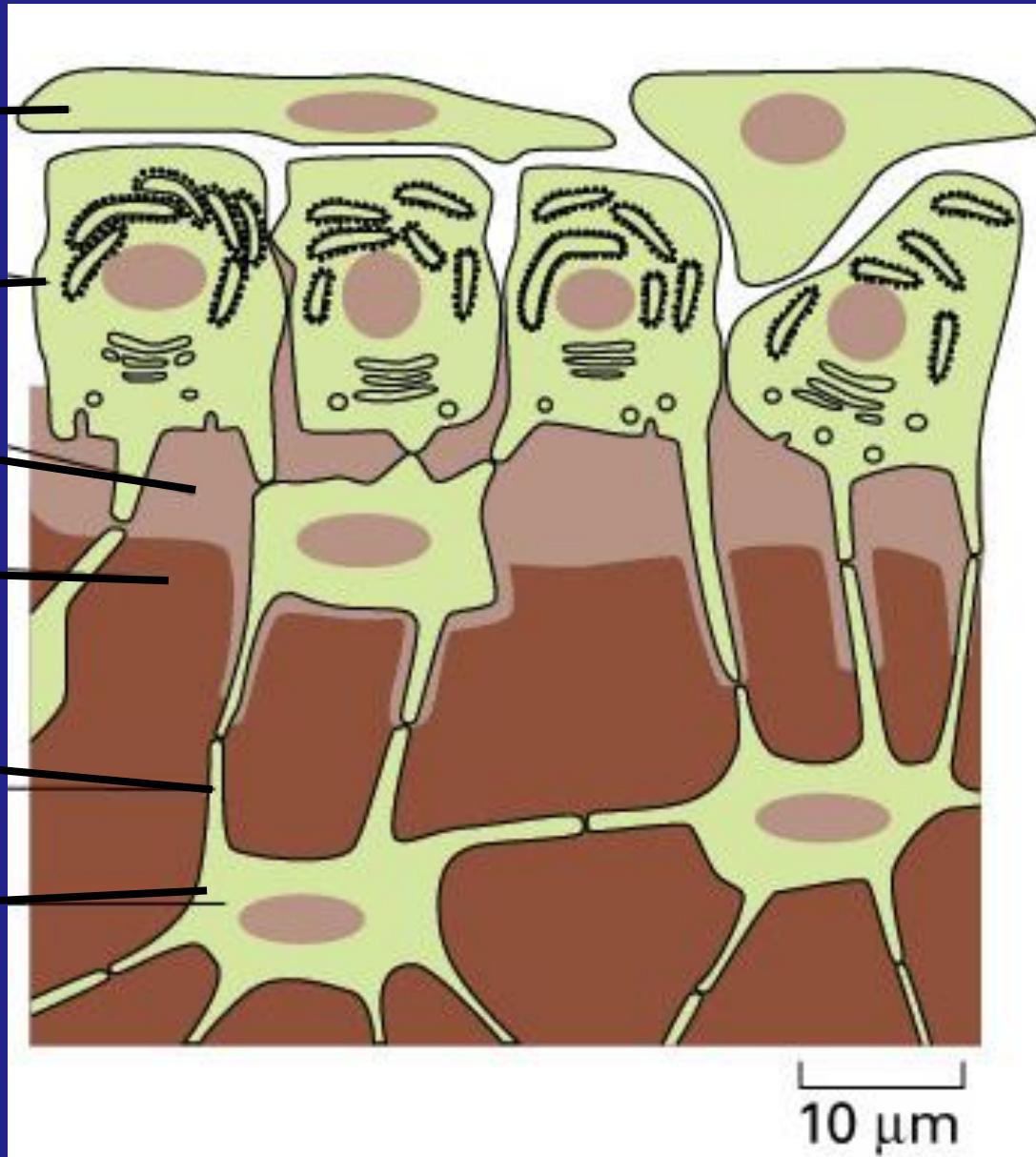
Osteoblasto

Osteoide (matrice ossea non calcificata)

Matrice ossea calcificata

Canalcoli con processi cellulari

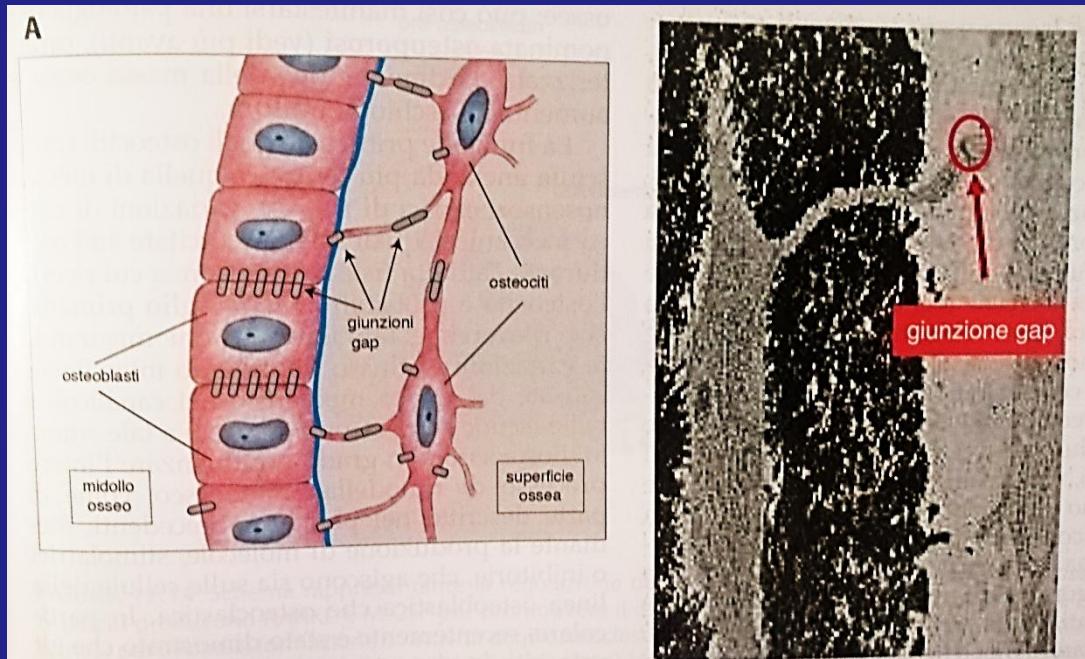
Osteocita



# Osteociti

cellule mature, 20-30.000 per mm<sup>3</sup>

- Più piccoli e meno basofili degli osteoblasti, adattano la forma alla lacuna.
- Nucleo appiattito, pochi organuli, scarso RER e Golgi piccolo.
- Possiedono processi citoplasmatici inter-connettenti nei *canalcoli*, gap-junction.



# Osteociti

- **Funzione:**
  - Appaiono cellule quiescenti ma possono secernere sostanze che mantengono la matrice ossea in buono stato.
  - Rilascio di ioni calcio dalla matrice ossea quando la richiesta corporea aumenta.
  - Facilitano attività di preosteoblasti nel rimodellamento dello scheletro

# Osteoclasti

- **Origine:**

- Derivano da progenitori macrofagici-monocitari nel midollo osseo, in seguito alla stimolazione di fattori specifici
- Cellule giganti di 20-100  $\mu\text{m}$ , polinucleate

- **Funzione:**

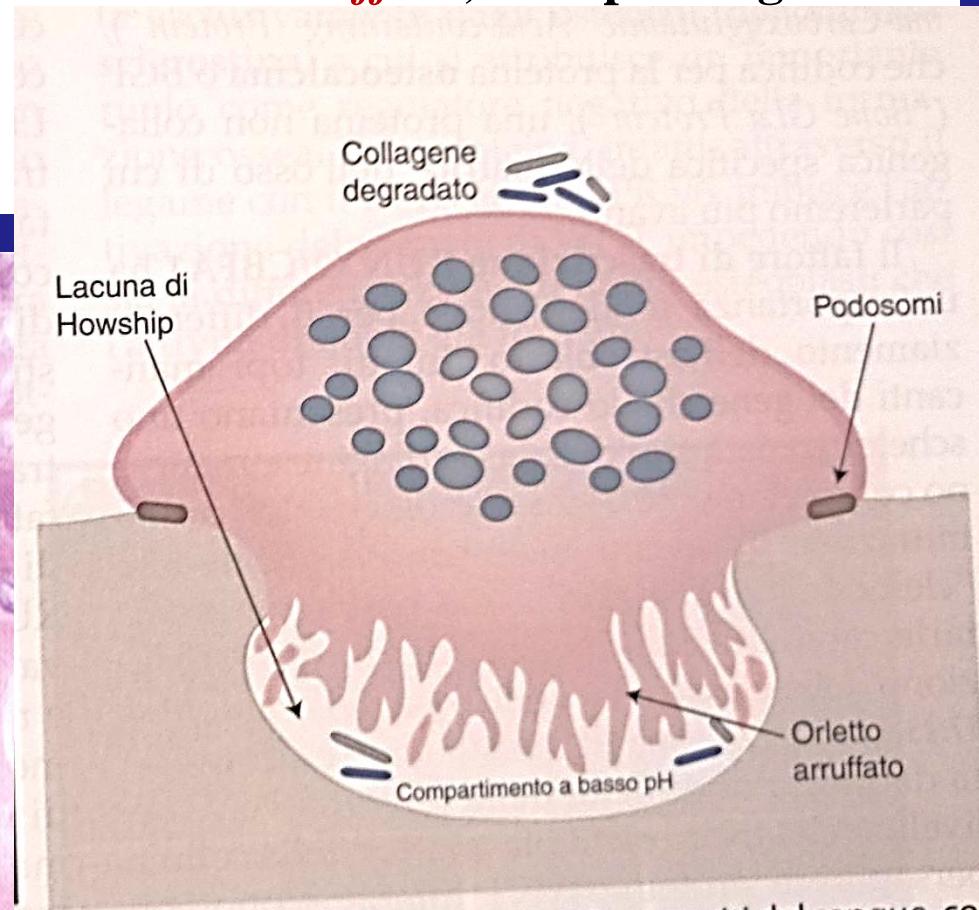
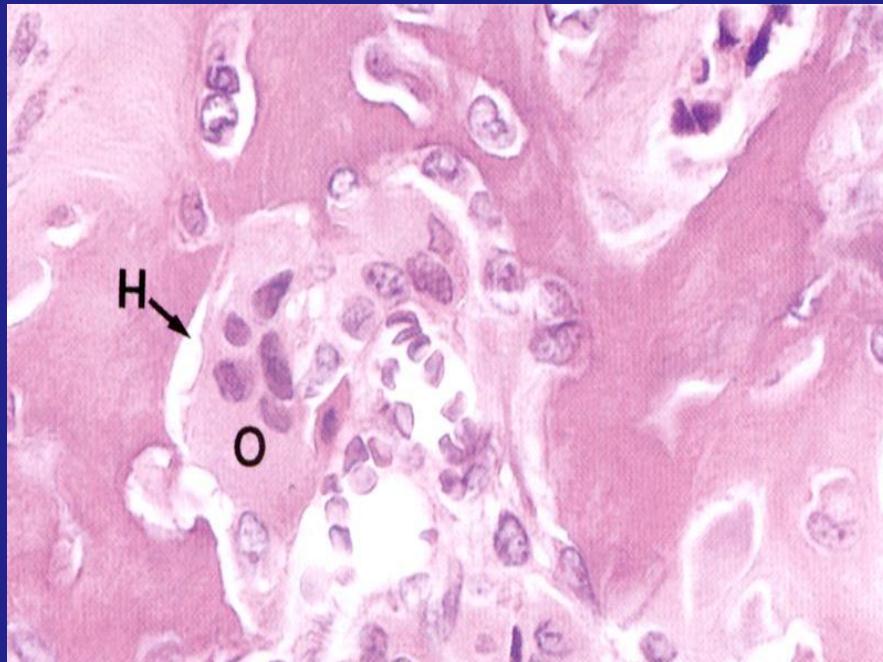
- Si muovono sulla superficie dell'osso.
- Riassorbono la matrice ossea, *ormone paratiroideo e calcitonina*.
- Decalcificazione, digestione, assorbimento dei materiali digeriti.

# Osteoclasti

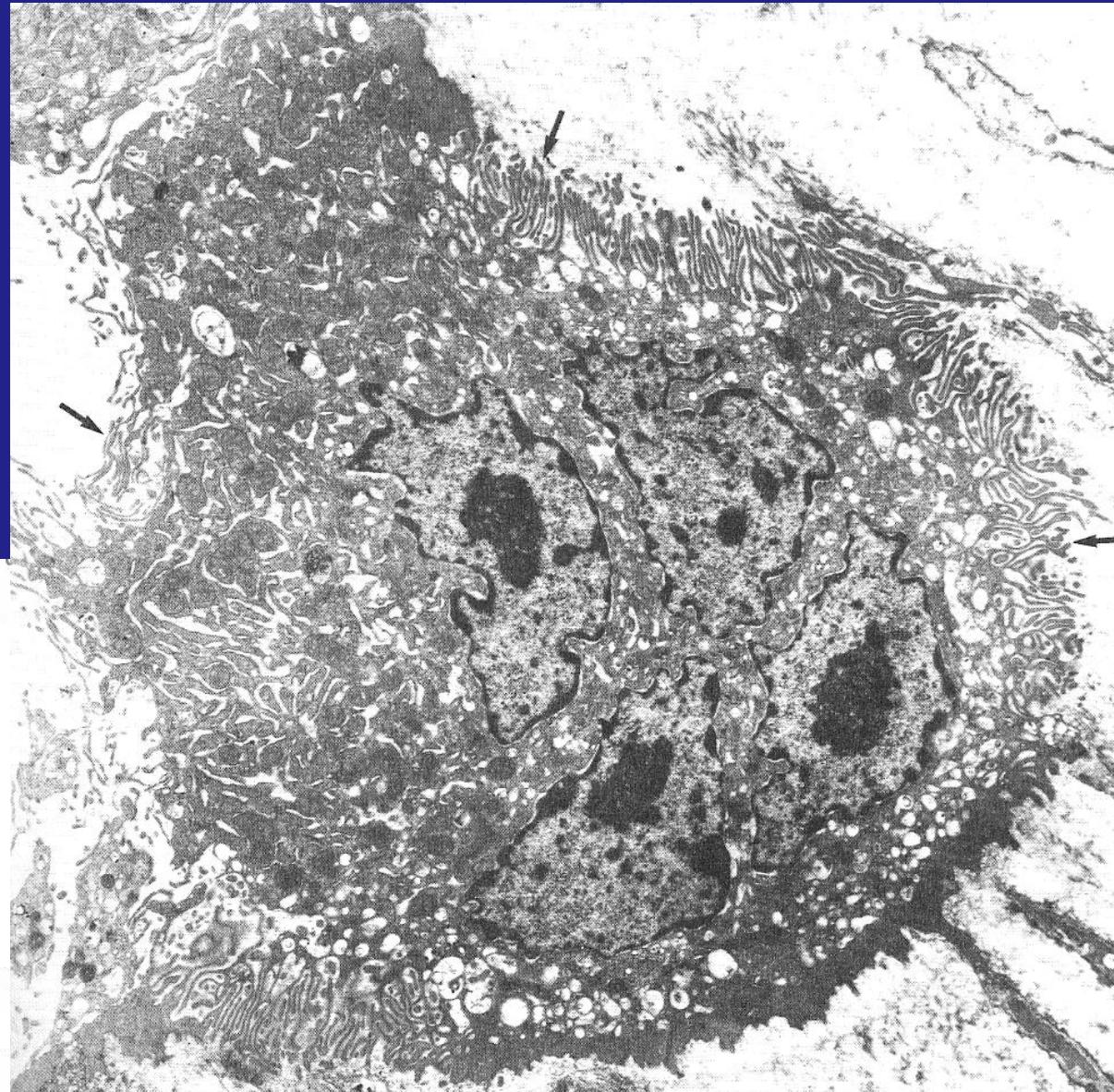
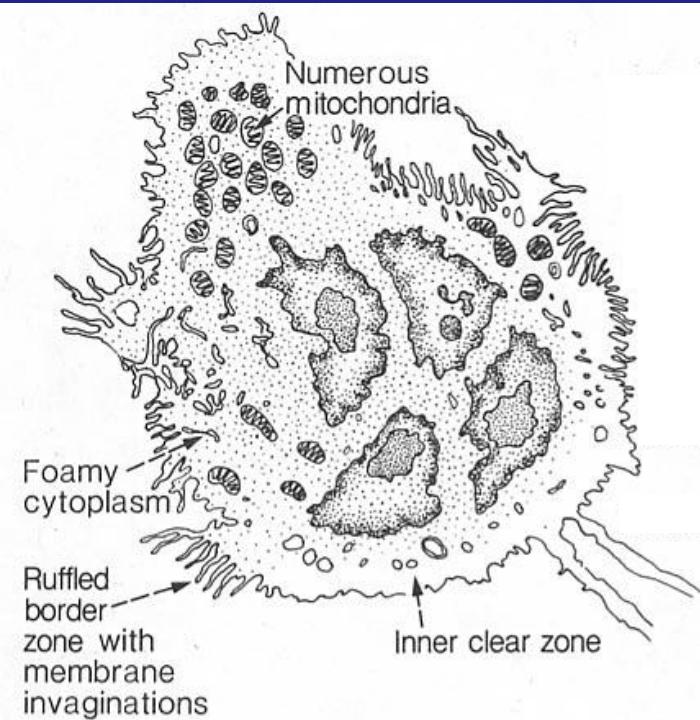
Accolti in fossette scavate sulla superficie della trabecola ossea o nella diafisi dette **Lacune di Howship** che si formano in seguito alla loro stessa attività erosiva dovuta alla presenza di enzimi lisosomiali fortemente acidi tra cui la fosfatasi acida tartrato resistente (TRAP).

La zona a contatto con l'osso presenta **l'orletto arruffato**, esili prolungamenti citoplasmatici di forma clavata

Loro azione anomala → Osteoporosi



# Osteoclasti al TEM



# Sostanza intercellulare o Matrice dell'Osso

## Componente organica

Tabella 17.1 Componenti della matrice extracellulare organica dell'osso

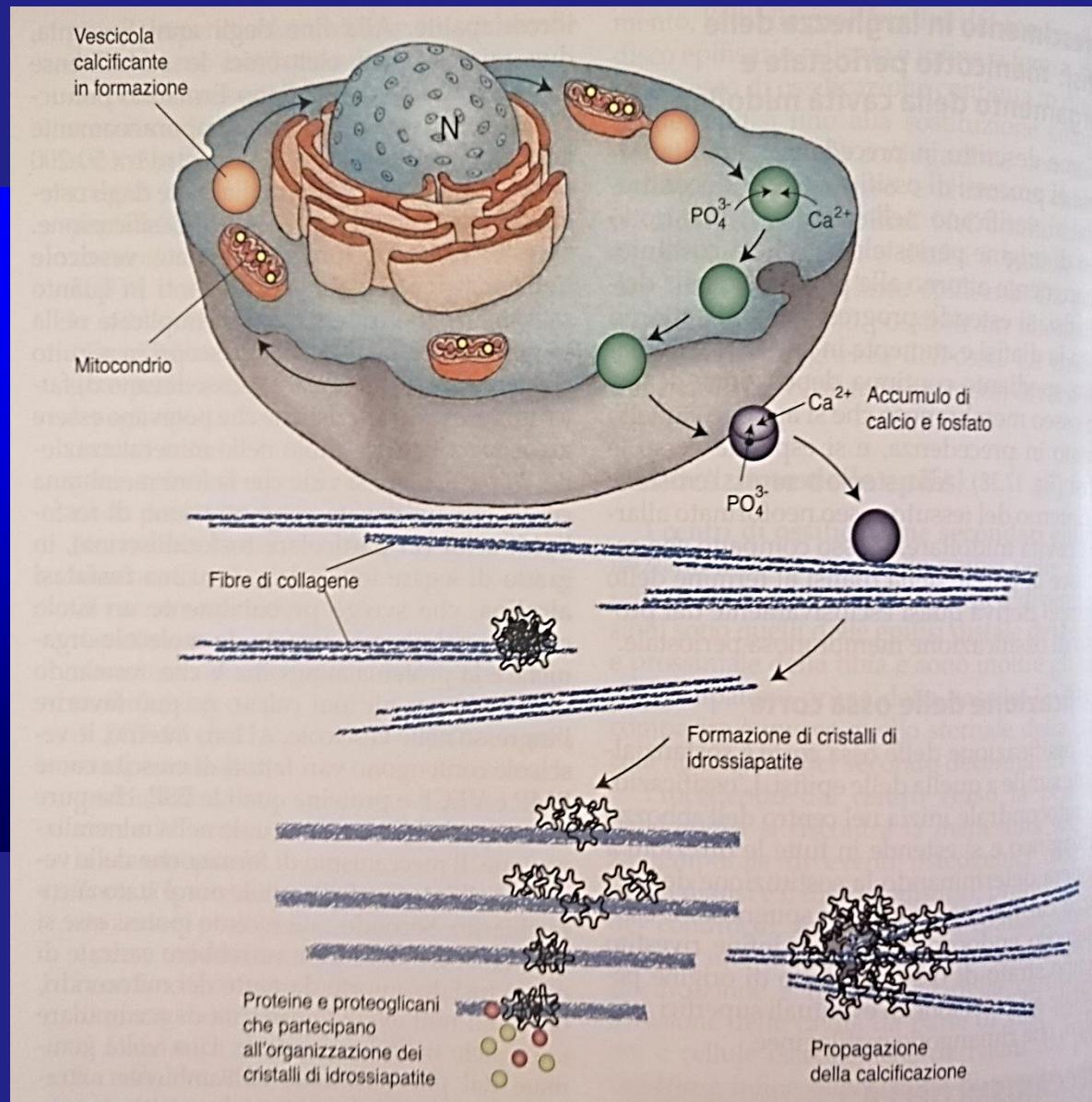
| Famiglia molecolare   | Proteina specifica         | Funzione  |
|-----------------------|----------------------------|---|
| Collageno             | Tipo I                     | Forma fibrille che danno flessibilità e resistenza all'osso e supporto ai cristalli |
|                       | Tipo V                     | Regola il diametro delle fibrille   |
|                       | FACIT                      | Legano le fibrille ad altre componenti di matrice                                   |
| Proteoglicani         | Decorina                   | Favorisce la fibrillogenesi   |
|                       |                            | Regola l'attività dei fattori di crescita della famiglia del TGF $\beta$            |
|                       | Biglicano                  | Regola l'attività dei fattori di crescita della famiglia del TGF $\beta$            |
| Glicoproteine         | Osteonectina               | Promuove la maturazione del procollageno e la formazione di fibrille                |
| Proteine di adesione  | Fibronectina               | Promuove l'adesione degli osteoblasti   |
|                       | BSP-2                      | Favorisce l'adesione degli osteoblasti  |
|                       |                            | Promuove la mineralizzazione  |
| Proteine carbossilate | Osteopontina (BSP-1)       | Favorisce l'adesione e la polarizzazione degli osteoclasti                          |
|                       |                            | Inibisce la mineralizzazione  |
|                       | Proteina Gla della matrice | Inibisce la mineralizzazione  |
|                       | Osteocalcina               | Inibisce la mineralizzazione  |
|                       |                            | Forma ponti molecolari tra i cristalli aumentando la resistenza alle microfratture  |
|                       |                            | Ha una funzione endocrina su diversi organi   |

# Sostanza intercellulare o Matrice dell'Osso

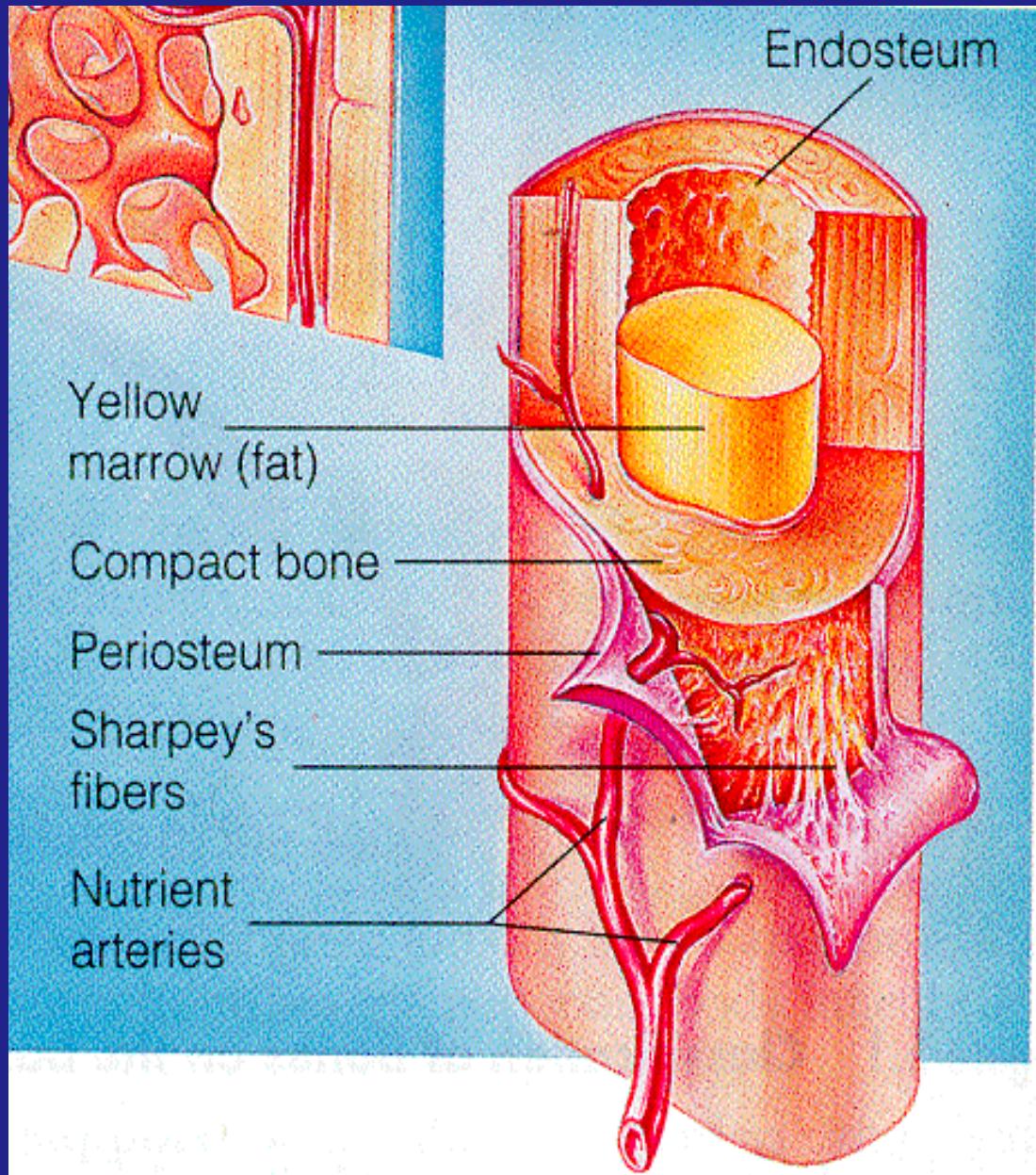
## Componenti inorganiche: mineralizzazione ossea

### mineralizzazione dell'osso

- in seguito alla secrezione di osteoide da parte degli osteoblasti ha luogo la deposizione di **cristalli di idrossiapatite**, regolarmente allineati fra le fibre collagene
- la matrice calcificata conferisce durezza all'osso



# Rivestimenti dell'Osso



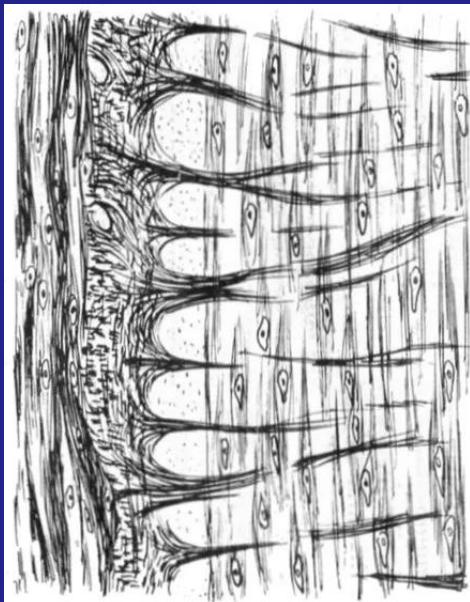
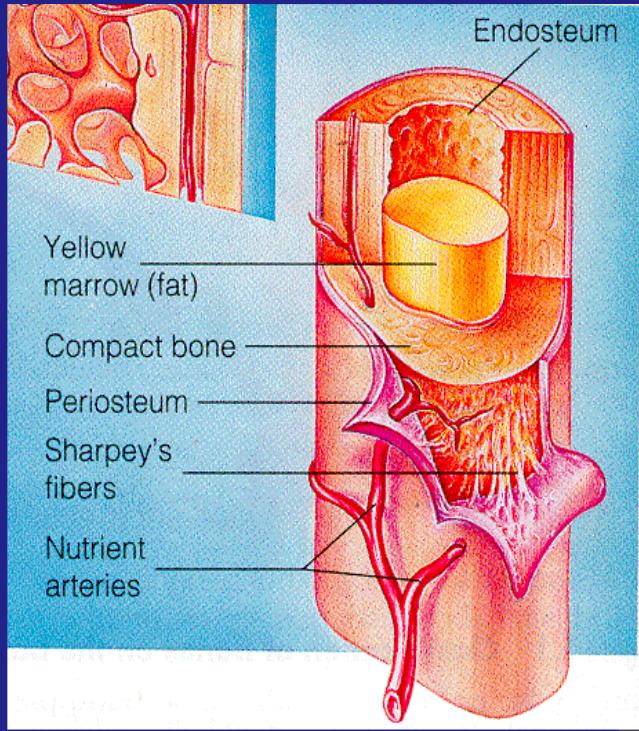
Endostio

Periostio

# Periostio

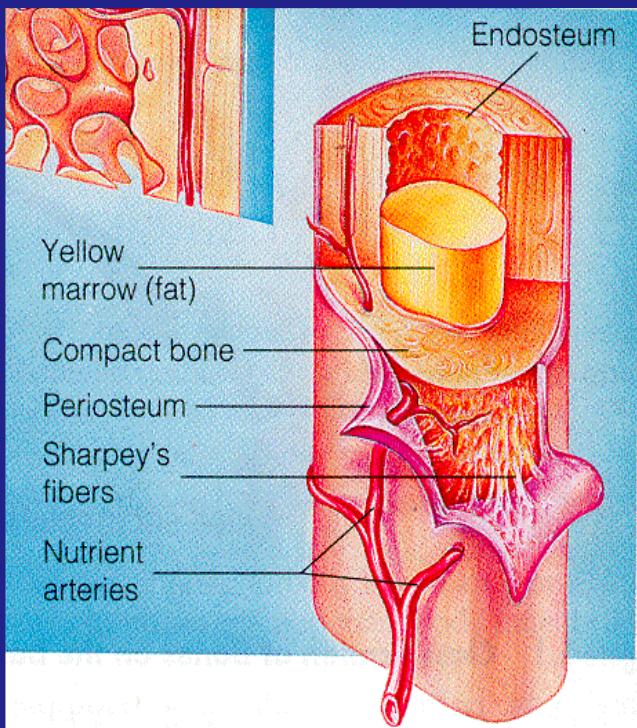
- le ossa sono rivestite da una membrana connettivale riccamente vascolarizzata
- assente sulle superfici articolari e sulle zone d'inserzione di tendini e legamenti
- durante lo sviluppo e nel corso della riparazione di fratture, la superficie interna, a contatto con l'osso, si riveste di uno **strato epitelioide** di **osteoblasti** proliferanti e con proprietà osteogeniche
- nell'adulto, e in assenza di lesioni, gli osteoblasti diventano quiescenti

**Fibre di Sharpey:** grosse fibre collagene che penetrano perpendicolarmente o obliquamente dal Periostio e assicurano l'ancoraggio all'Osso



# Endostio

- sottile strato cellulare
- contiene c. epiteliali, osteoblasti, preosteoblasti, osteoclasti
- riveste le trabecole dell'osso spugnoso, le cavità midollari, i canali di Havers e i canali di Volkmann



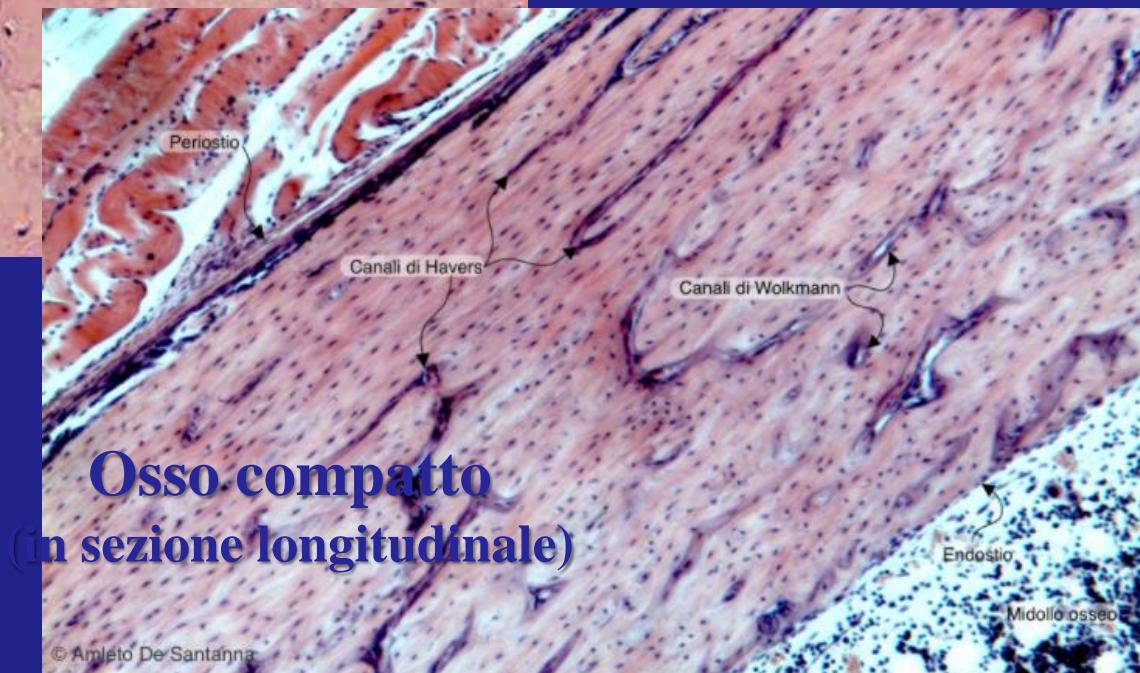
Per l'intero arco della vita le cellule dell'Endostio mantengono la capacità di contribuire ai processi riparativi dell'Osso

# OSSO LAMELLARE O COMPATTO

## osso compatto (in sezione trasversale)

il tessuto appare suddiviso in settori più o meno regolari caratterizzati dalla presenza di un ampio canale centrale

sono visibili:  
cellule dell'osso (osteociti)  
accolte all'interno di lacune  
scavate nell'abbondante  
matrice extracellulare solida

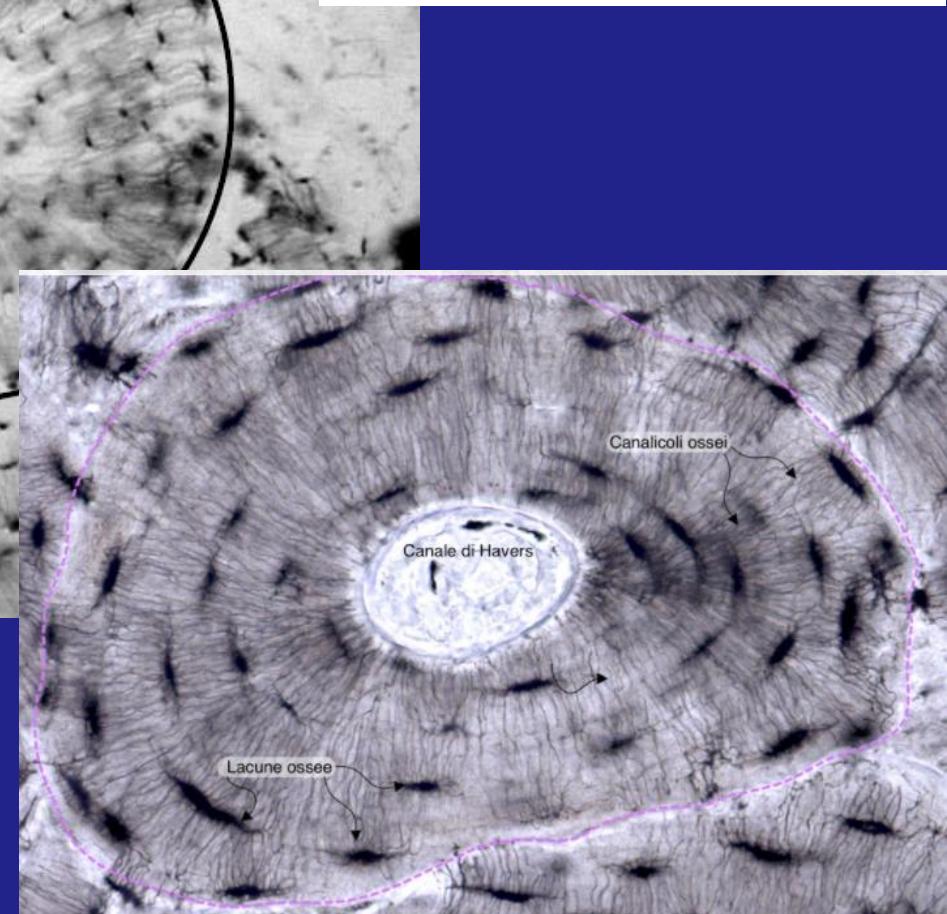


# OSTEONE = Unità strutturale del T. Osseo Compatto

## organizzazione dell'osso compatto

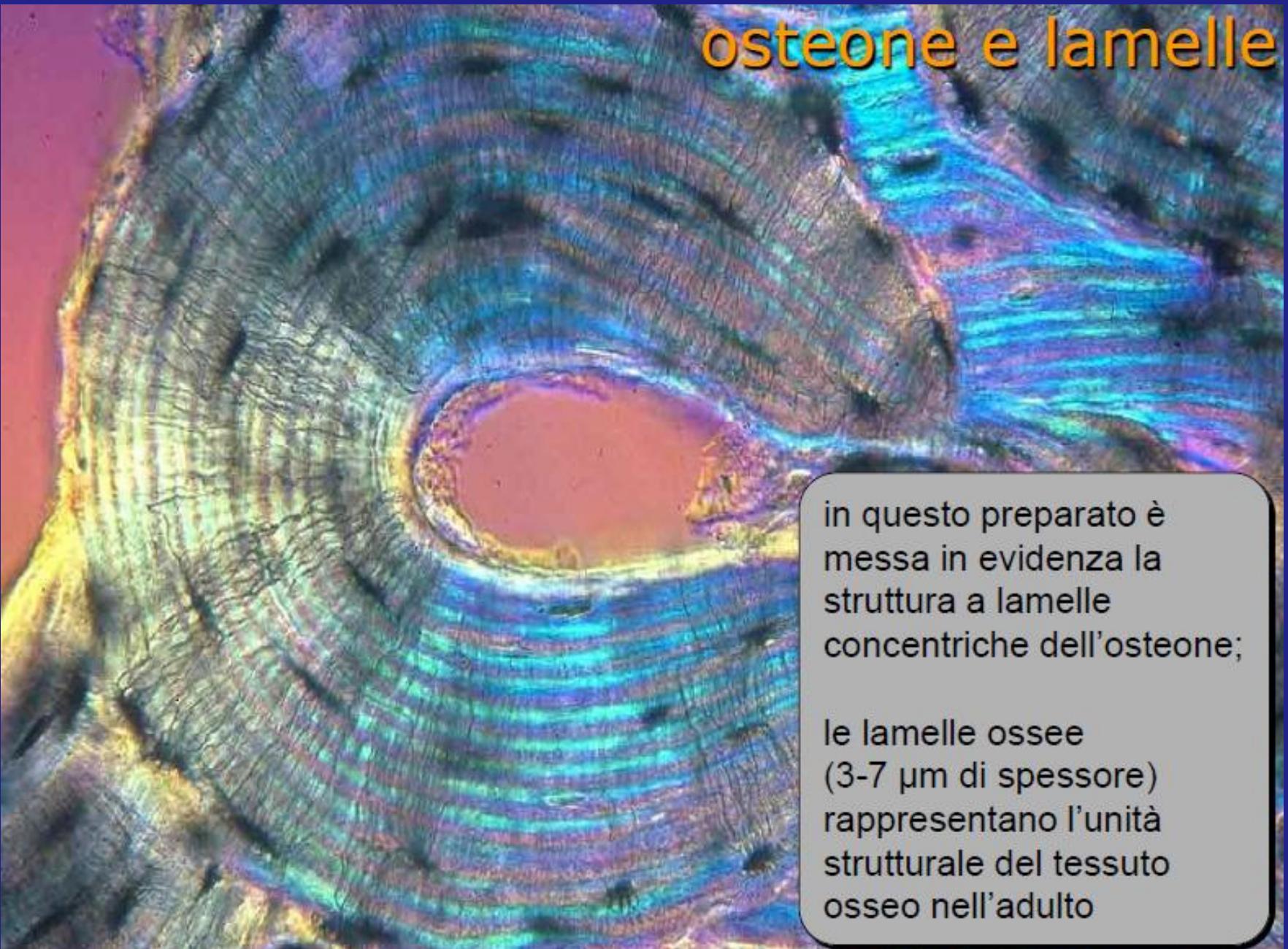


5-20 lamelle di matrice mineralizzata si dispongono concentricamente a formare delle strutture cilindriche, **OSTEONI**



**OSTEONE:** al centro si trova il *Canale di Havers* attraversato da vasi e nervi. Si dicono perciò anche **Sistemi Haversiani**

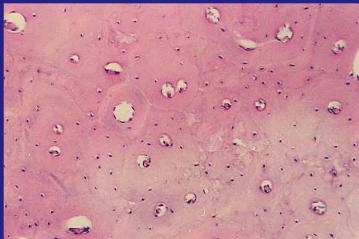
## osteone e lamelle



in questo preparato è messa in evidenza la struttura a lamelle concentriche dell'osteone;

le lamelle ossee (3-7  $\mu\text{m}$  di spessore) rappresentano l'unità strutturale del tessuto osseo nell'adulto

# OSTEONE e lamelle interstiziali

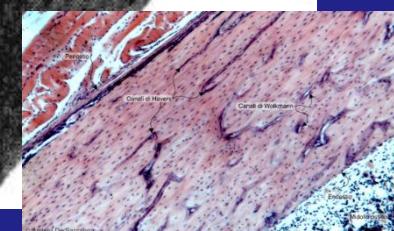
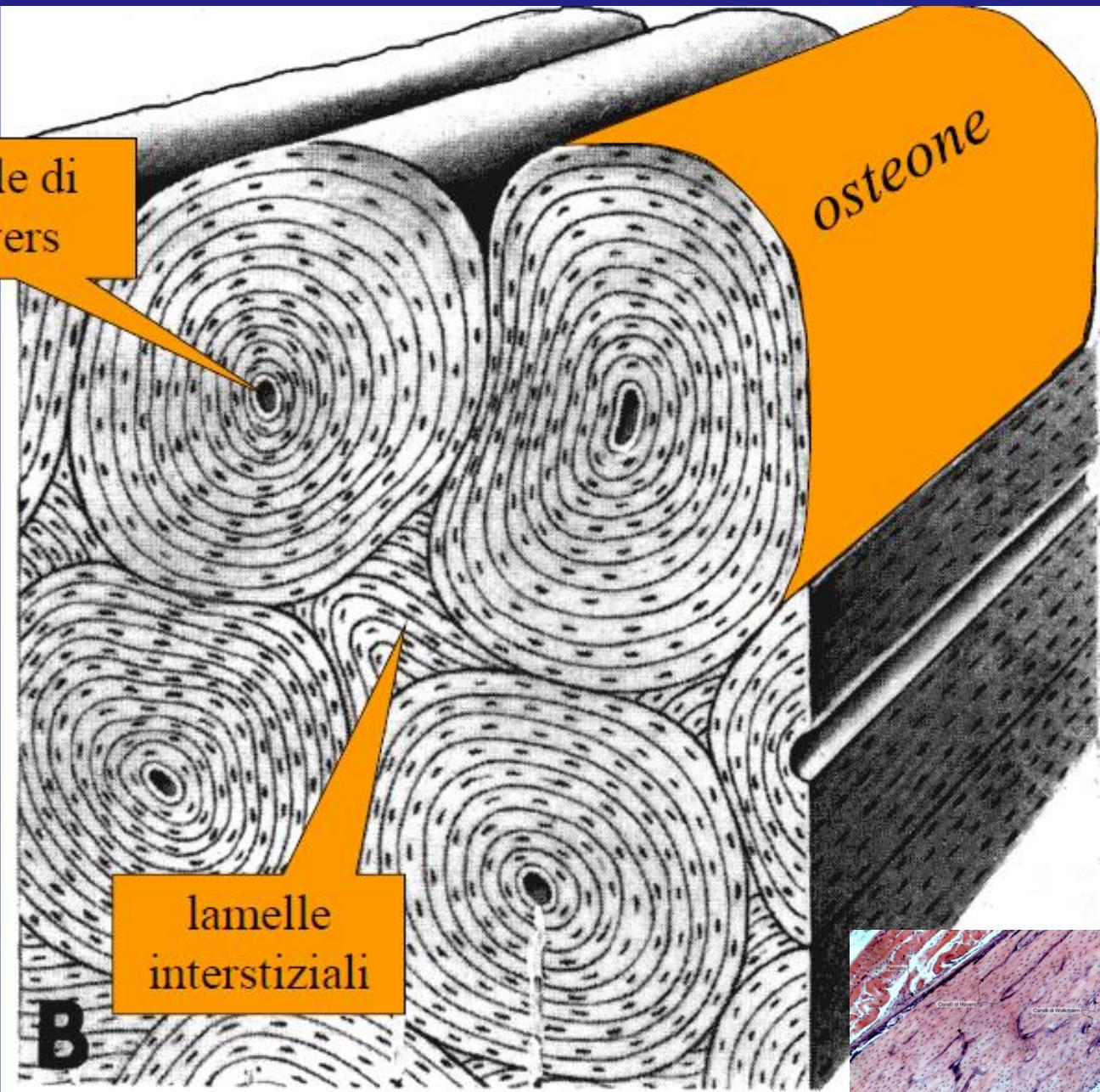


canale di  
Havers

lamelle  
interstiziali

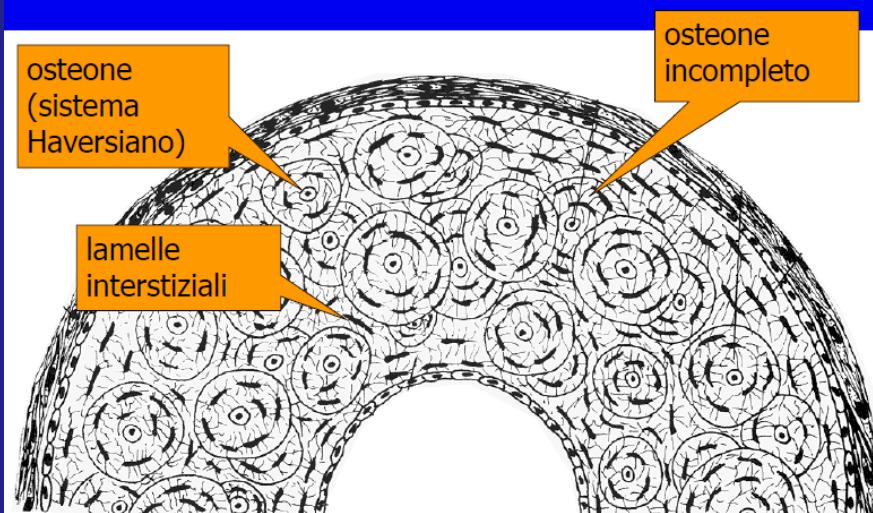
**B**

osteone

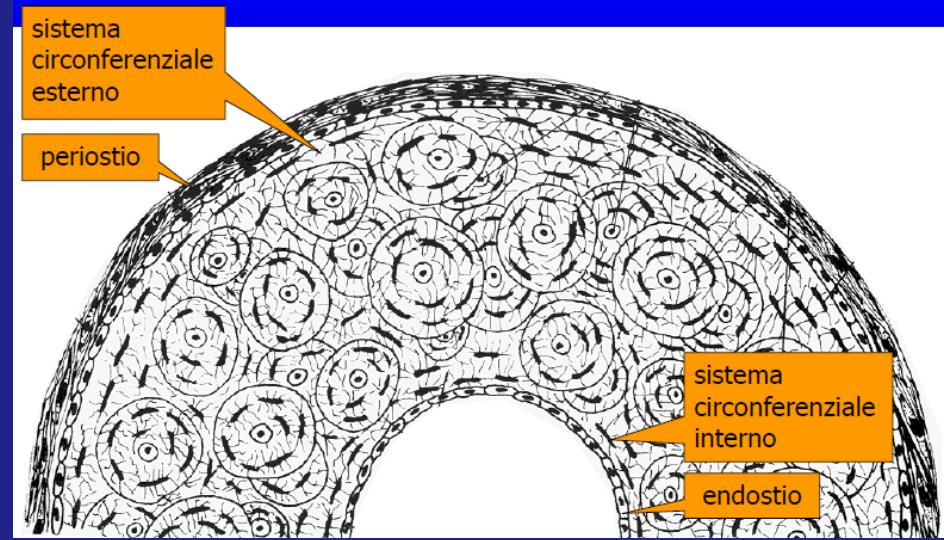


© Raffaele De Santis

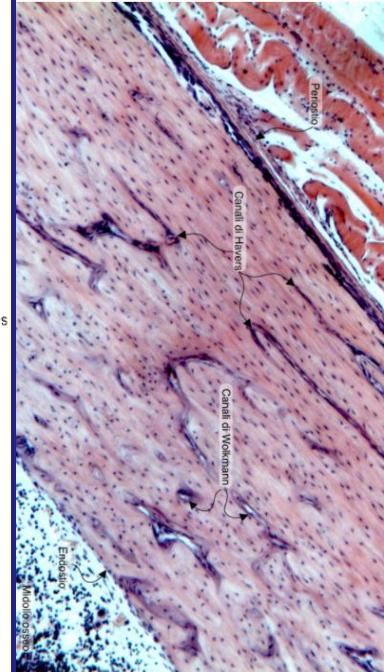
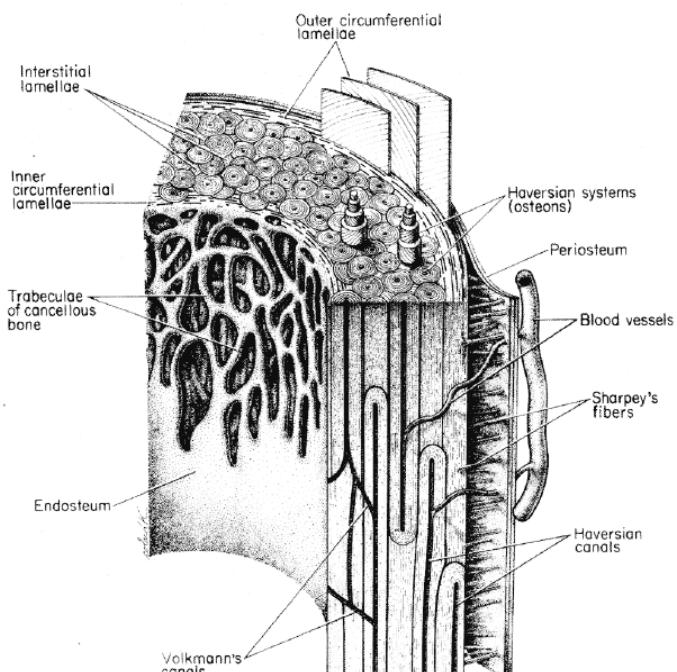
## sistemi Haversiani (osteoni) e lamelle interstiziali

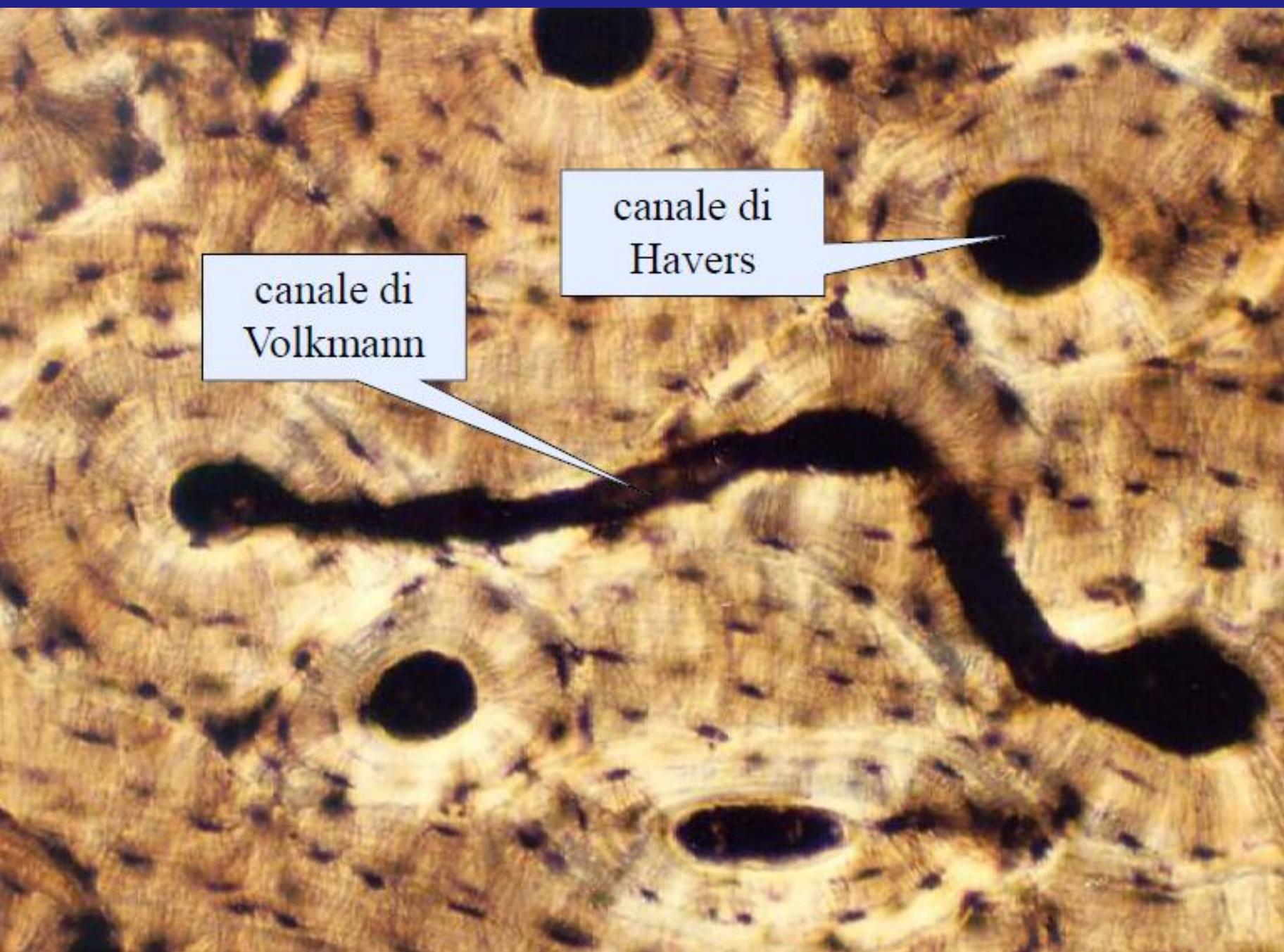


## sistemi circonferenziali; involucri dell'osso



osteoni,  
sistemi  
interstiziali,  
sistemi  
circonfe-  
renziali  
interno ed  
esterno



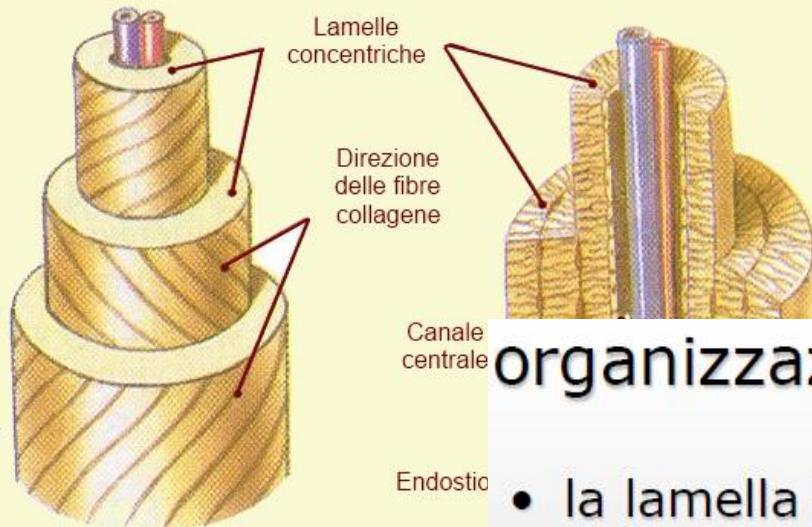


canale di  
Volkmann

This image is a micrograph of bone tissue, likely a histological section. It shows a complex network of channels within the bone matrix. Two specific types of canals are labeled: the 'canale di Volkmann' and the 'canale di Havers'. The 'canale di Volkmann' is a small, dark, irregularly shaped opening located in the lower-left quadrant. The 'canale di Havers' is a larger, more circular and centrally located opening. Both are surrounded by a dense, yellowish-brown matrix of bone tissue. The labels are enclosed in white boxes with black outlines, and white arrows point from the text to the respective structures.

canale di  
Havers

## OSTEONE

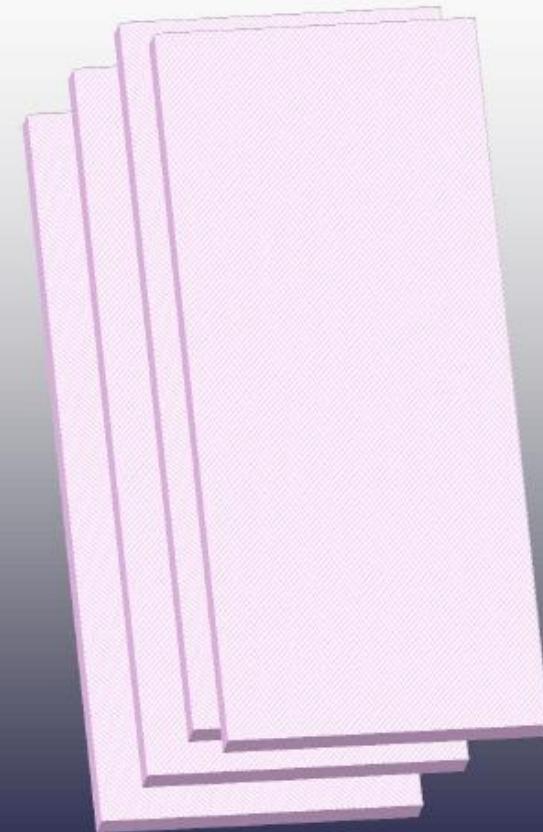


Fonte: Frederich H. Martini - Michael J. Timm  
Anatomia Umana

## OSTEONE

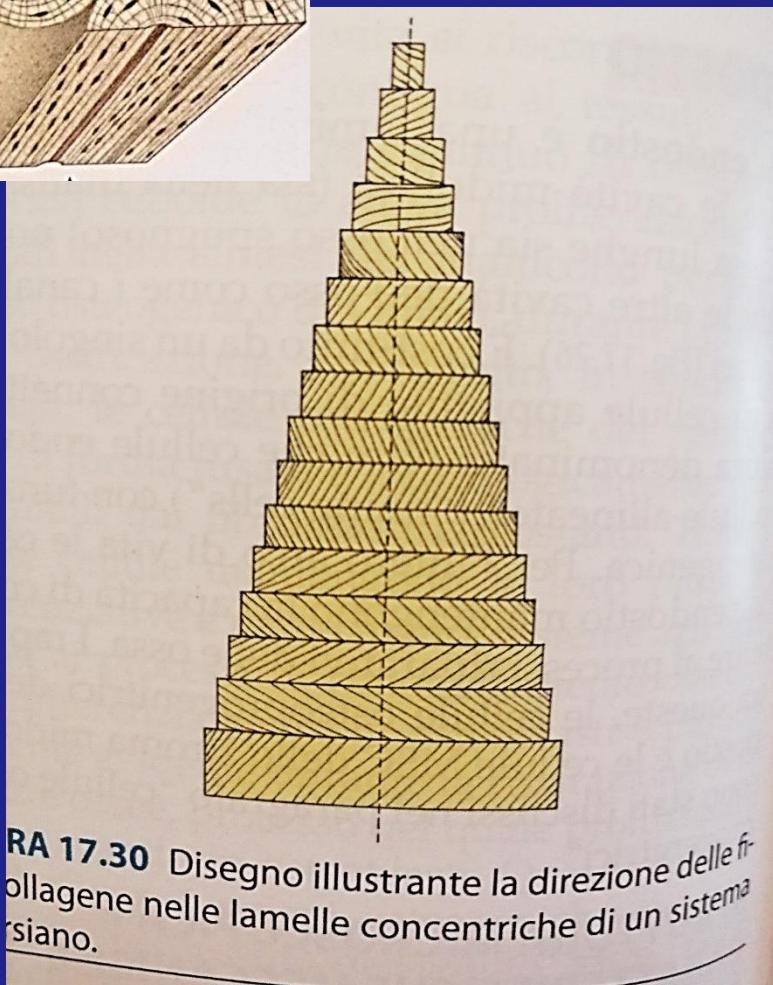
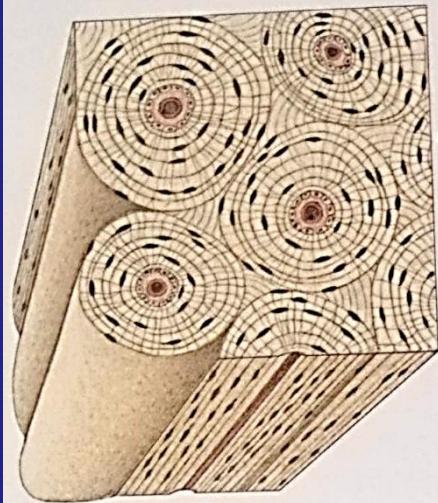
### organizzazione delle lamelle ossee

- la lamella è caratterizzata dalla presenza di fibre collagene ordinatamente orientate nella stessa direzione
- l'orientamento delle fibre varia fra lamelle contigue
- le proprietà del collagene e la particolare disposizione delle fibre conferiscono robustezza all'osso



# OSTEONE

## DISPOSIZIONE DELLE FIBRE E DEGLI OSTEOCITI



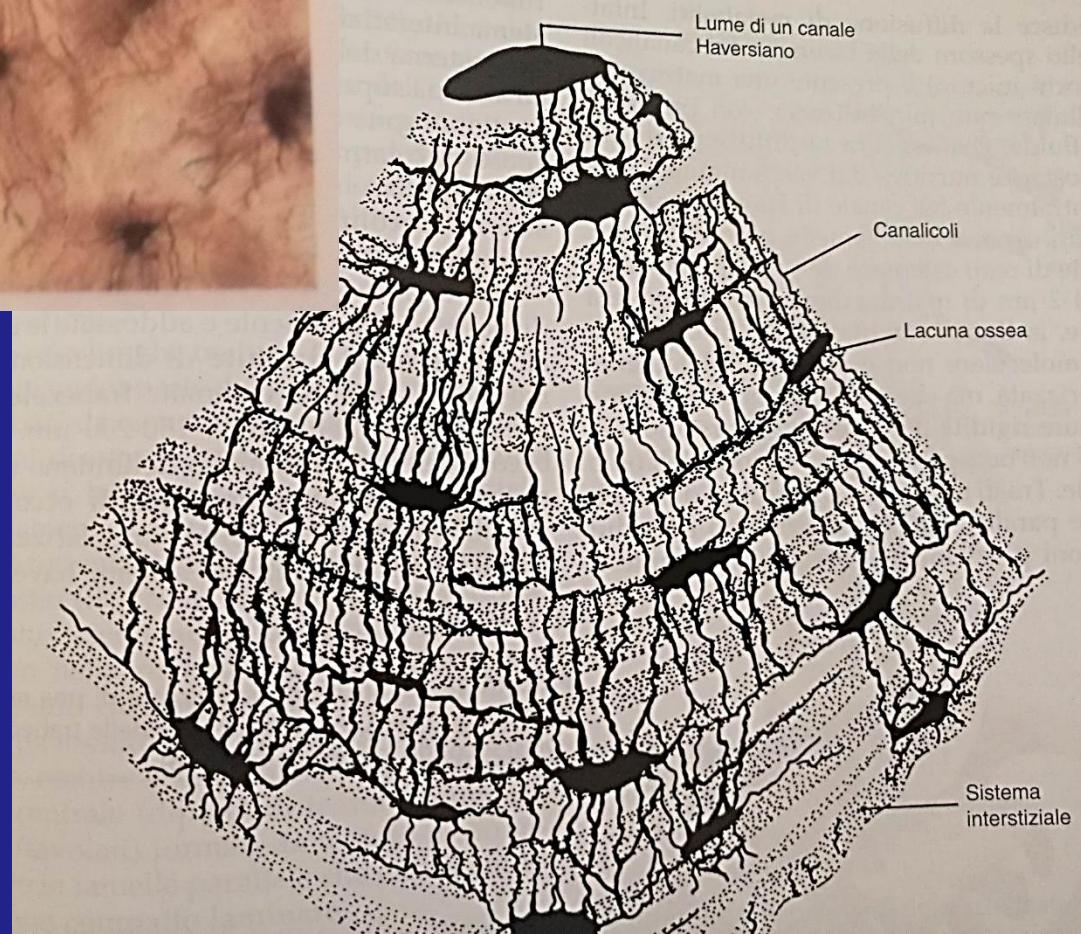
**FIGURA 17.30** Disegno illustrante la direzione delle fibre collagene nelle lamelle concentriche di un sistema osteonico.



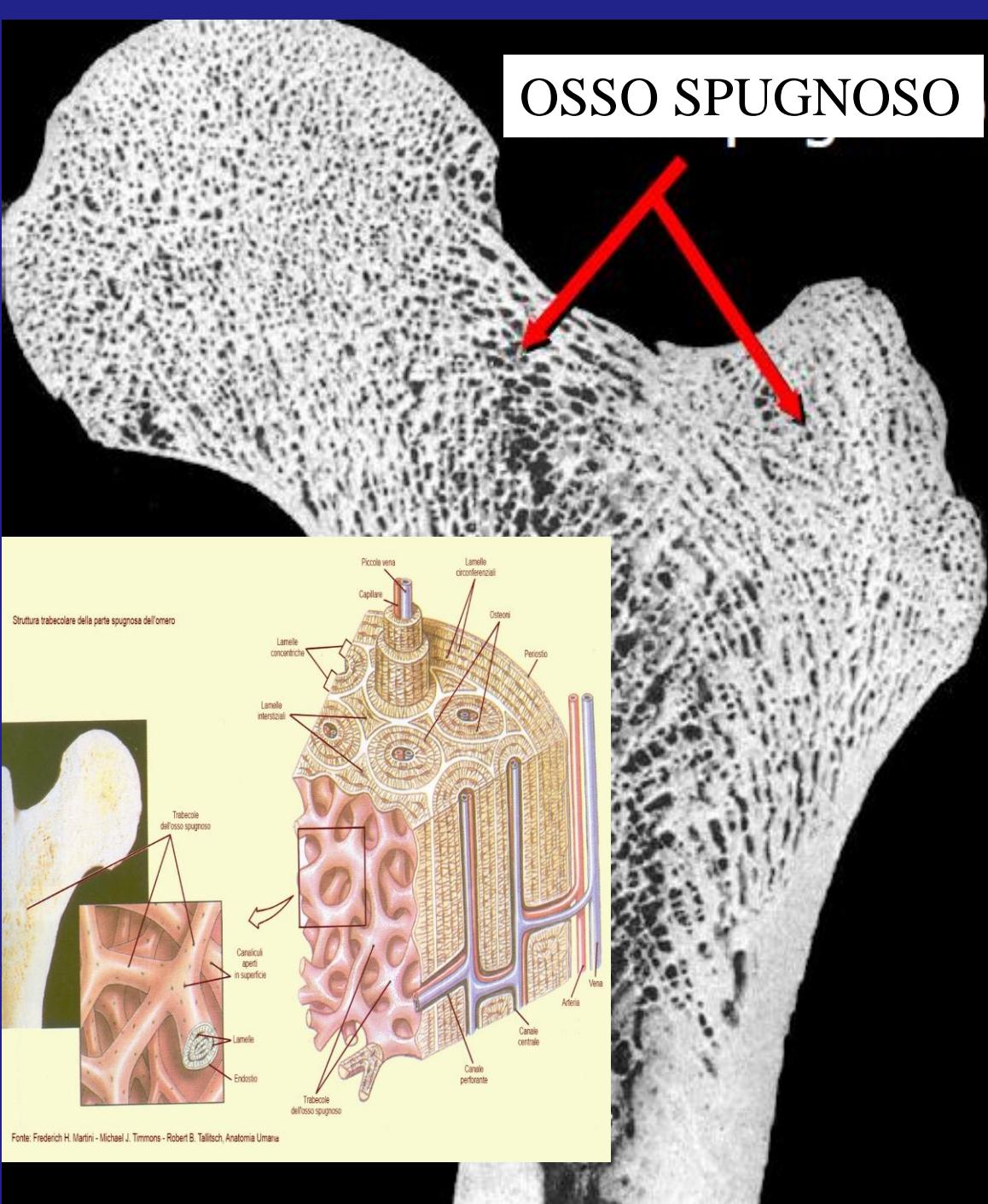
**FIGURA 17.11** Disposizione degli osteociti nelle lacune orientate secondo l'andamento delle fibre collagene nelle lamelle.



# OSTEONE



# OSSO SPUGNOSO



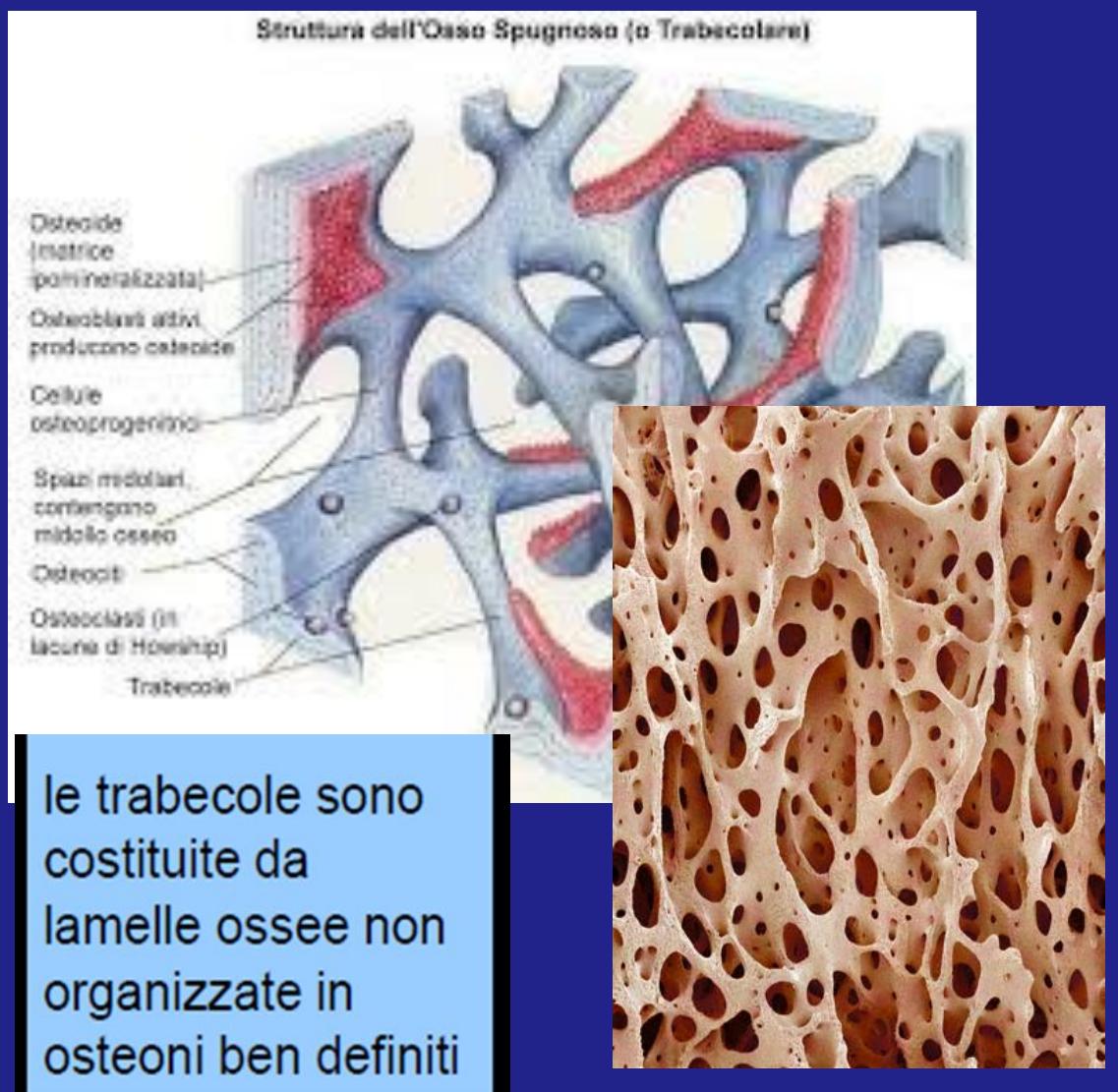
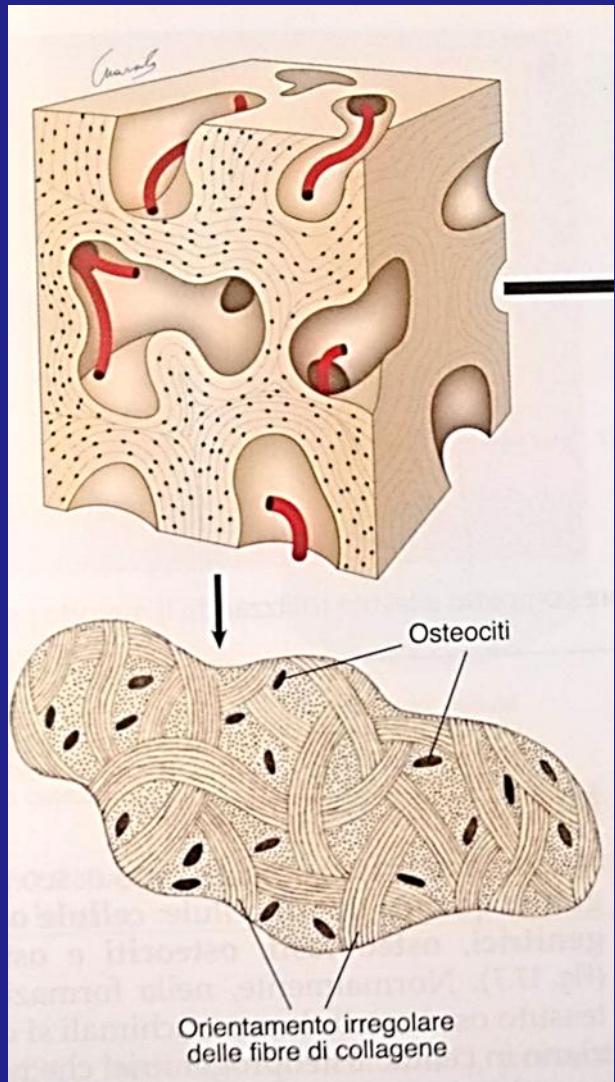
l'osso spugnoso è costituito da sottili *trabecole* o *spicole* disposte in modo apparentemente disordinato, che delimitano cavità intercomunicanti;

tali spazi sono riempiti dal midollo emopoietico;

le trabecole sono costituite da lamelle ossee non organizzate in osteoni ben definiti

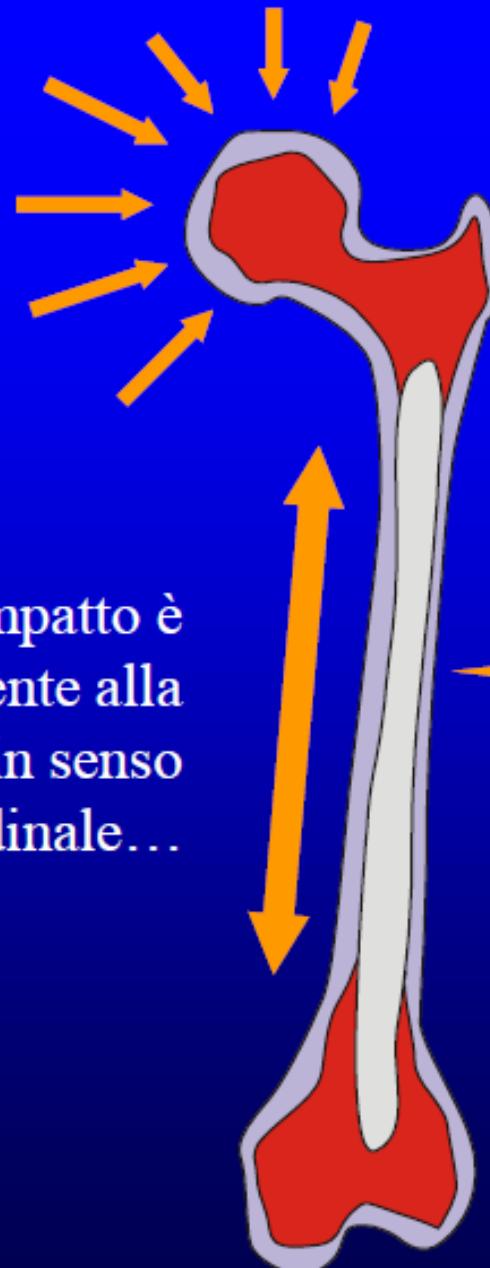
# OSSO SPUGNOSO

## DISPOSIZIONE DELLE FIBRE E DEGLI OSTEOCITI



# compatto vs. spugnoso

l'osso compatto è  
molto resistente alla  
compressione in senso  
longitudinale...



l'osso spugnoso è  
presente dove le forze  
vengono applicate da  
varie direzioni



...ma una pressione  
laterale può  
provocare fratture

# sviluppo dell'osso

## osteogenesi

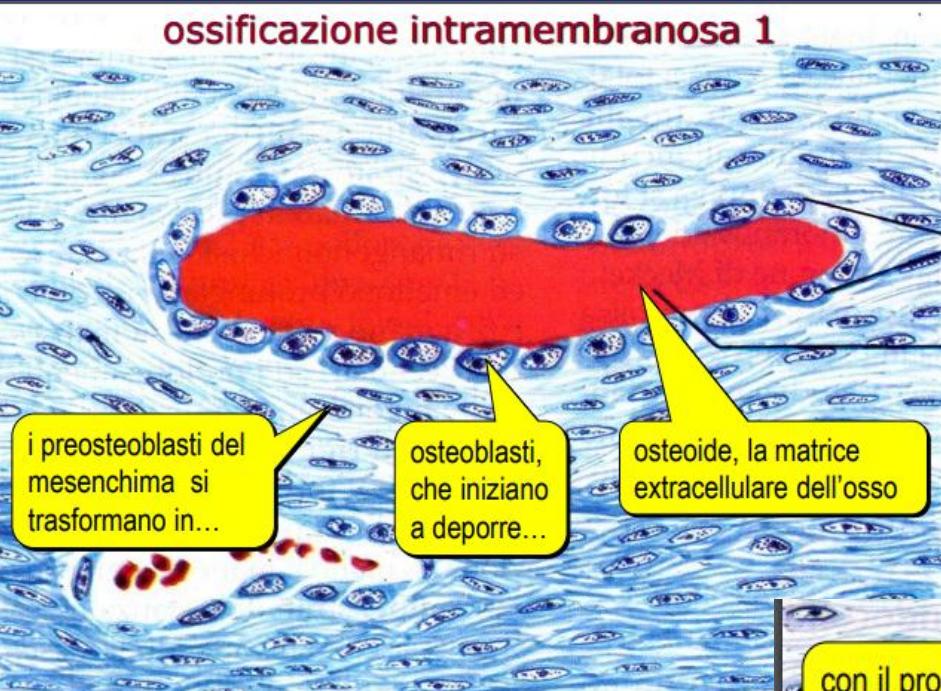
### Due modalità di ossificazione

- membranosa o intramembranosa
  - l'osso si sviluppa dal mesenchima o dal tessuto connettivo fibroso
- condrale o endocondrale
  - l'osso sostituisce un modello cartilagineo preesistente

volta del cranio,  
gran parte delle  
ossa della faccia

base del cranio,  
colonna vertebrale,  
bacino, arti

## ossificazione intramembranosa 1



con il procedere della deposizione di osteoide si forma un'impalcatura tridimensionale di nuovo osso; alcuni osteoblasti rimangono intrappolati nella matrice e si trasformano in cellule quiescenti dette osteociti; gli osteoblasti vengono rimpiazzati dal differenziamento di ulteriori preosteoblasti

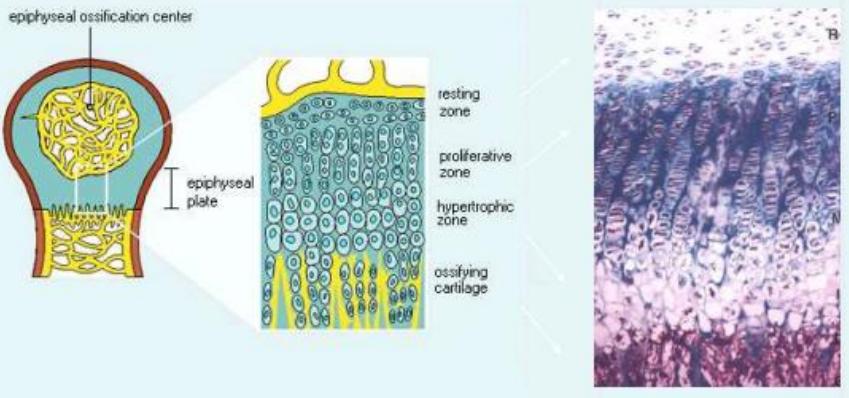
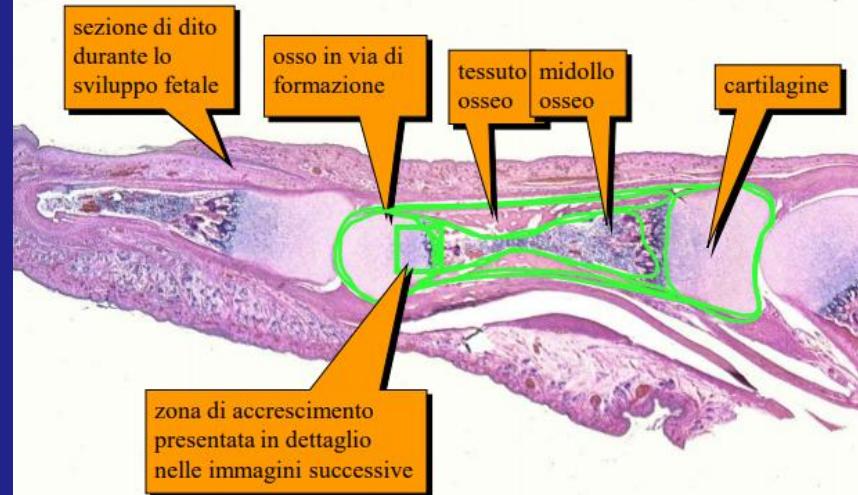
## ossificazione intramembranosa 2



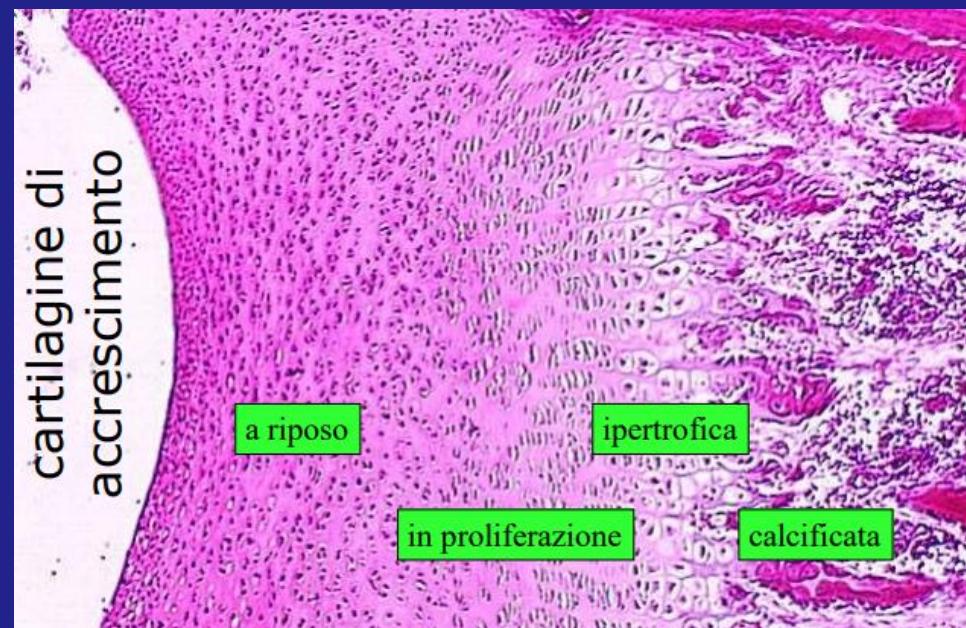
# Ossificazione Endocondrale

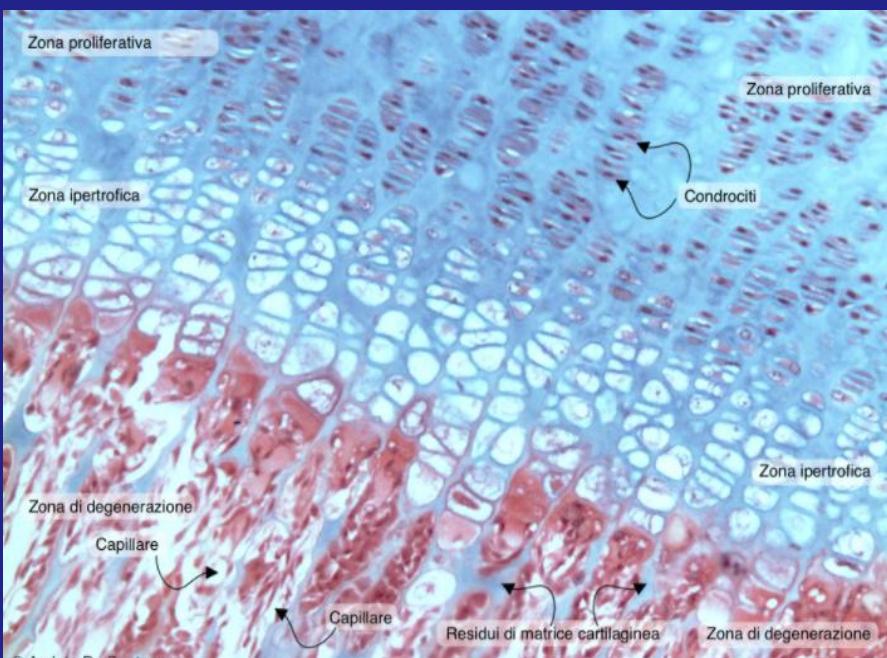
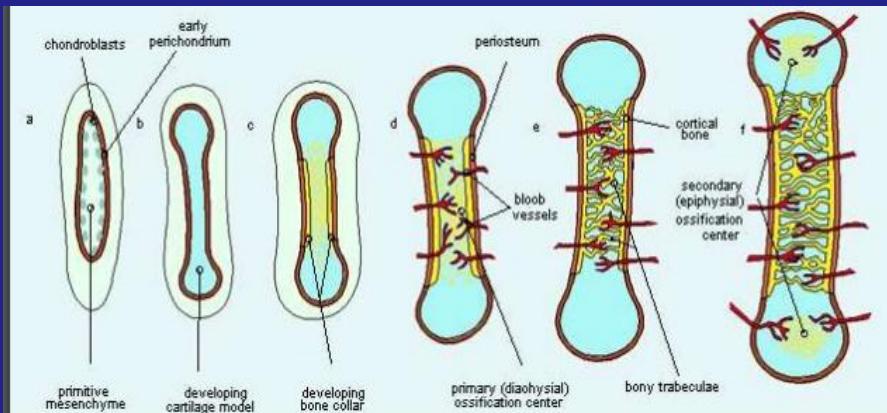
- inizia con la formazione di un modello cartilagineo
- lo sviluppo delle ossa degli arti ne è un ottimo esempio

## ruolo della cartilagine nello sviluppo dell'osso



cartilagine di accrescimento

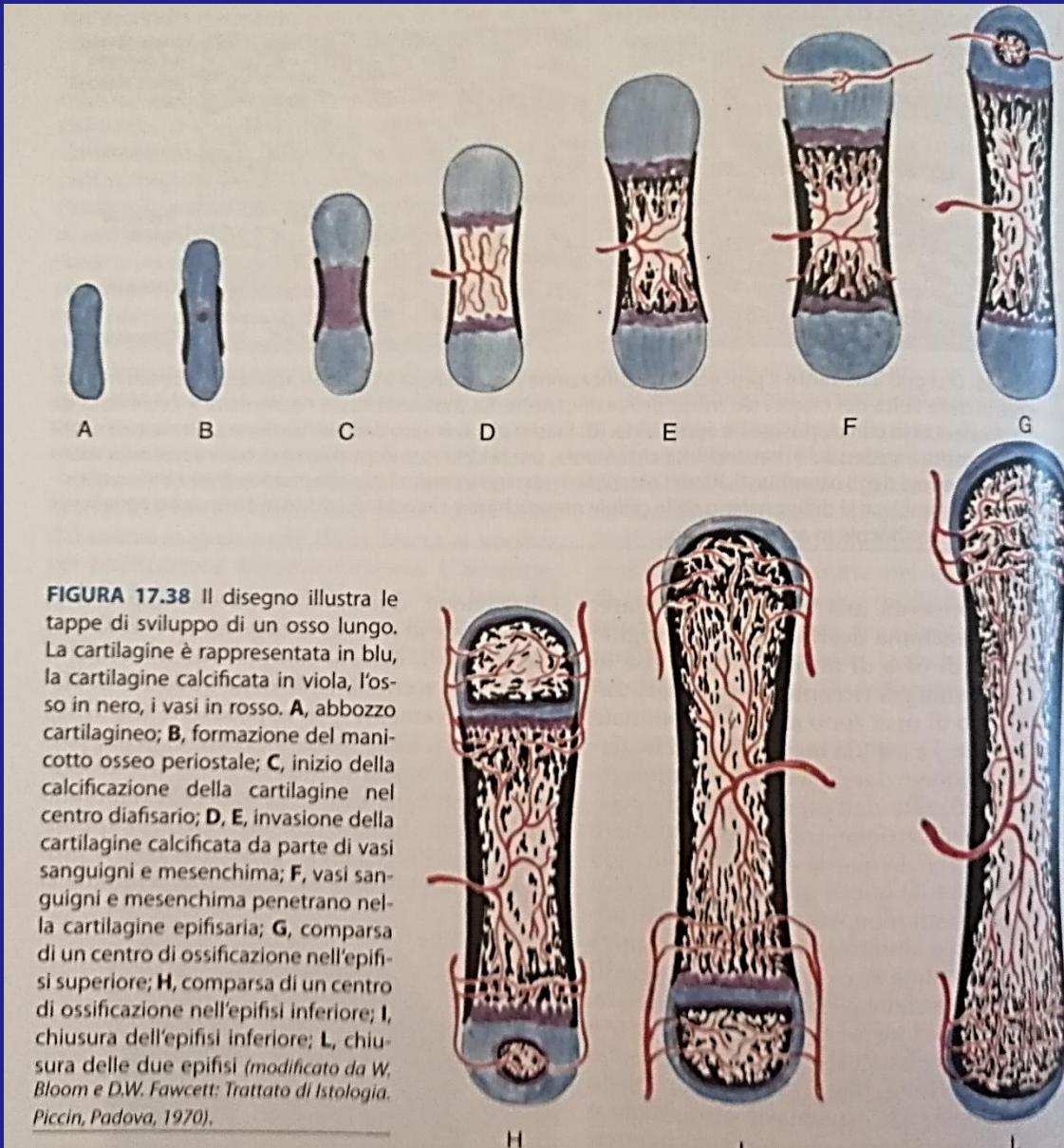




## aumento di dimensioni dell'osso

- **diametro**
  - apposizione di nuovo osso di origine periostale
  - creste di osso neoformato inglobano vasi sanguigni longitudinali, fondendosi intorno ad esso e formando gli osteoni
- **lunghezza**
  - sostituzione di cartilagine con osso a livello della metafisi
  - il tessuto cartilagineo sul lato epifisario continua ad accrescere, mentre quello diafisario viene invaso da nuovo osso

# Ossificazione Endocondrale



**FIGURA 17.38** Il disegno illustra le tappe di sviluppo di un osso lungo. La cartilagine è rappresentata in blu, la cartilagine calcificata in viola, l'osso in nero, i vasi in rosso. **A**, abbozzo cartilagineo; **B**, formazione del mancotto osseo peristale; **C**, inizio della calcificazione della cartilagine nel centro diafisario; **D, E**, invasione della cartilagine calcificata da parte di vasi sanguigni e mesenigma; **F**, vasi sanguigni e mesenigma penetrano nella cartilagine epifisaria; **G**, comparsa di un centro di ossificazione nell'epifisi superiore; **H**, comparsa di un centro di ossificazione nell'epifisi inferiore; **I**, chiusura dell'epifisi inferiore; **L**, chiusura delle due epifisi (modificato da W. Bloom e D.W. Fawcett: *Trattato di Istologia*. Piccin, Padova, 1970).

# Ossificazione Endocondrale

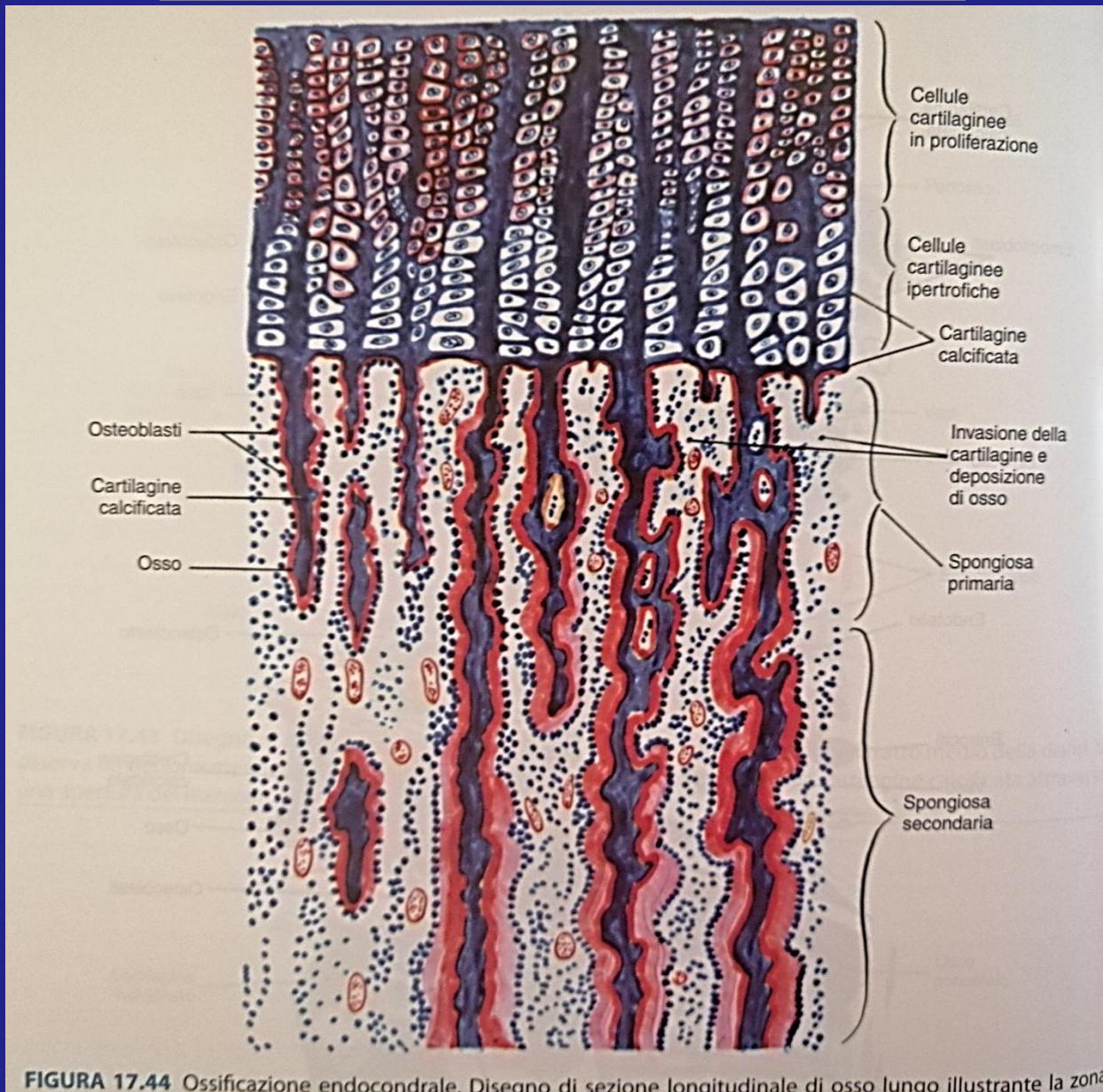


FIGURA 17.44 Ossificazione endocondrale. Disegno di sezione longitudinale di osso lungo illustrante la zona