

The background of the slide is a microscopic image of bone tissue. It shows several osteons, which are the basic structural units of compact bone. Each osteon is composed of concentric layers of bone tissue called lamellae, arranged around a central canal. The lamellae are stained in shades of purple and yellow, creating a complex, layered pattern. The overall appearance is that of a highly organized, porous structure.

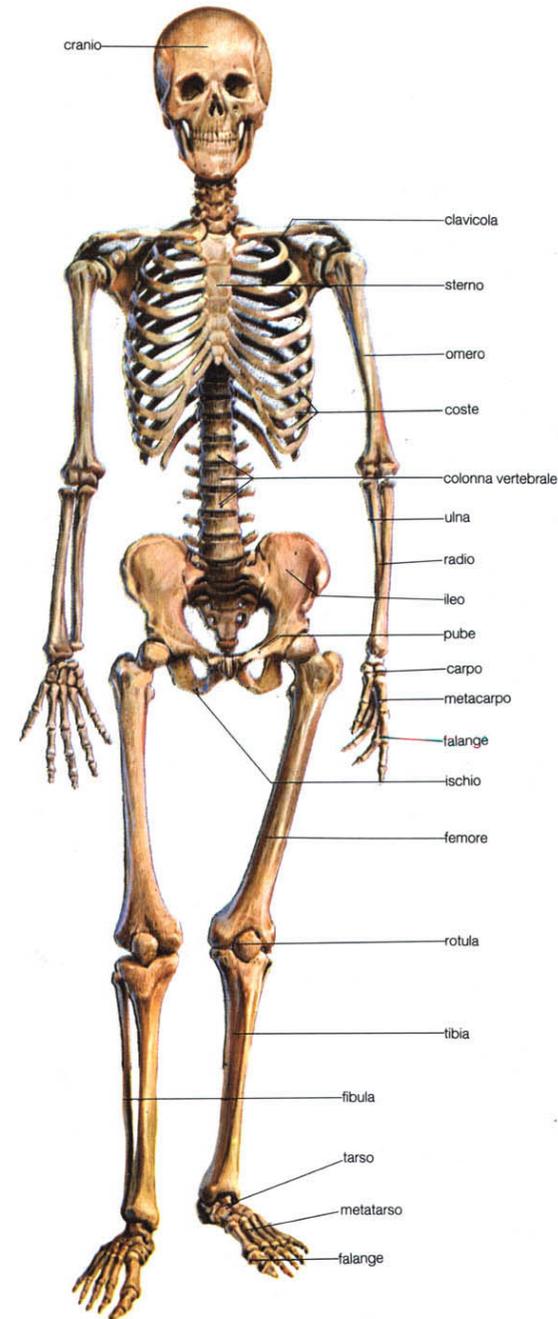
# IL TESSUTO OSSEO

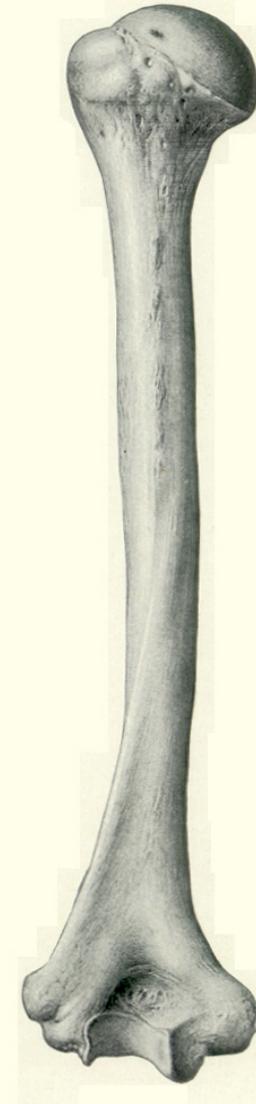
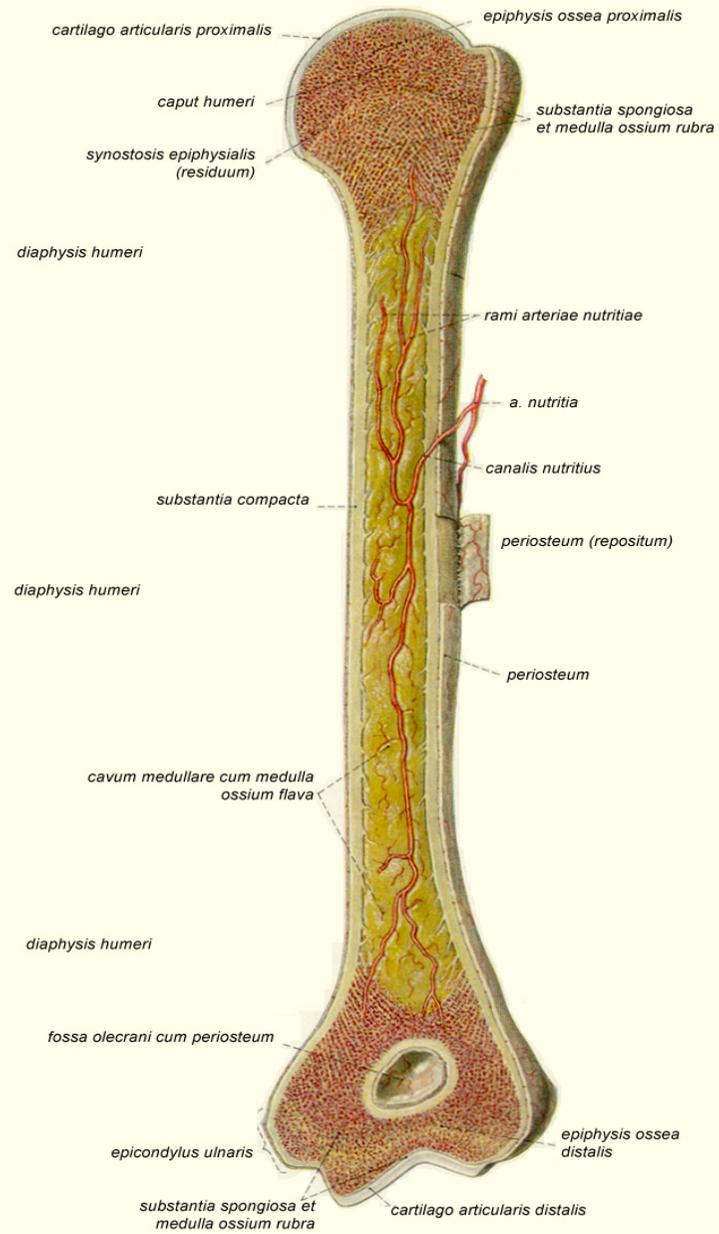
(resistenza e leggerezza)

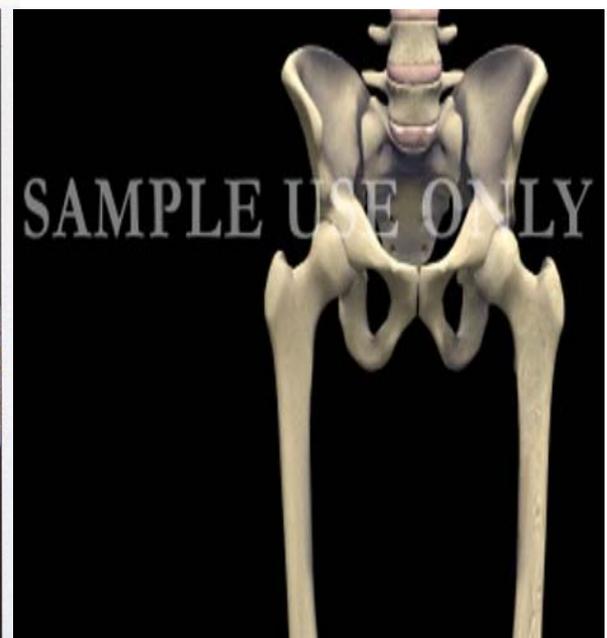
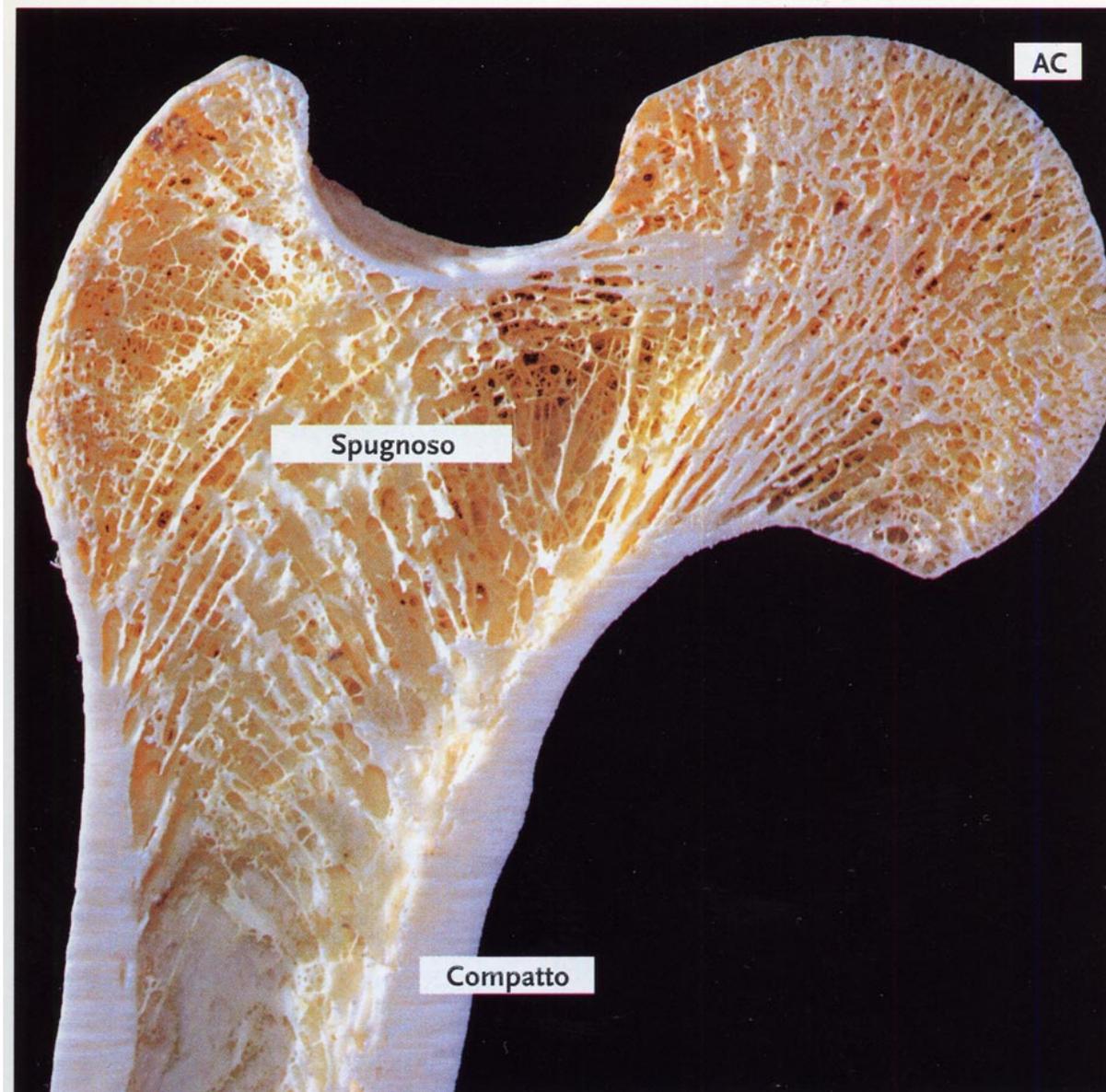
- ✦ Il tessuto osseo è un tessuto connettivo caratterizzato dalla matrice intercellulare mineralizzata
- ✦ Forma le ossa dello scheletro



Lo scheletro umano adulto è formato da circa 212 ossa: le ossa costituiscono lo scheletro di sostegno del corpo, forniscono l'inserzione ai muscoli, sono un deposito di sali minerali e sede del midollo osseo emopoietico







# COMPOSIZIONE

## TESSUTO OSSEO

### LEGENDA

sostanza organica (30%)  
sostanza inorganica (70%)

### CELLULE

Cellule osteoprogenitrici

Osteoblasti 

Osteoclasti 

Osteociti 

### MATRICE EXTRACELLULARE

COMPONENTE  
FIBROSA

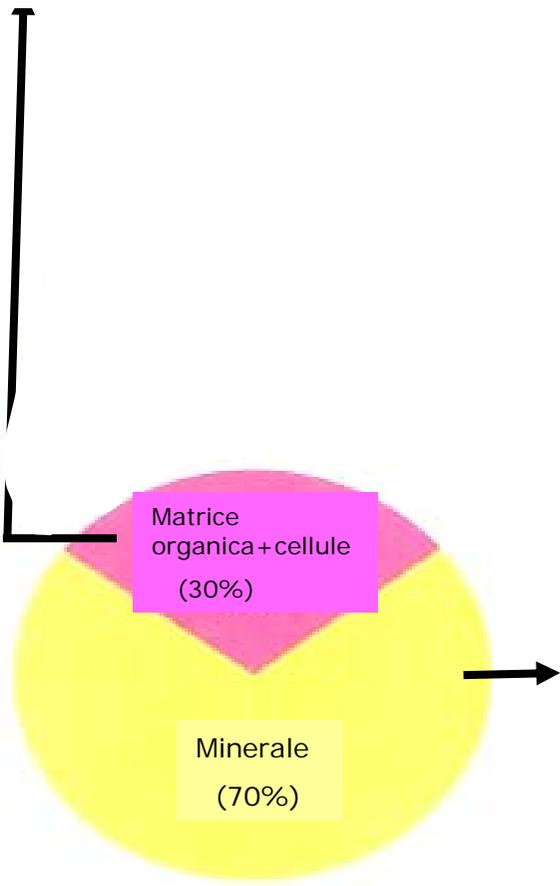
Collagene

SOSTANZA AMORFA  
FONDAMENTALE

proteoglicani  
glicoproteine leganti il calcio

cristalli di sali di calcio  
(idrossiapatite)

# Composizione del tessuto osseo



# Resistenza di un osso



Il femore può sostenere il peso di  
due automobili (1500 Kg)

**Demineralizzazione di un osso in una soluzione di acidi (EDTA)**



**Rimozione della componente organica di un osso con il calore**



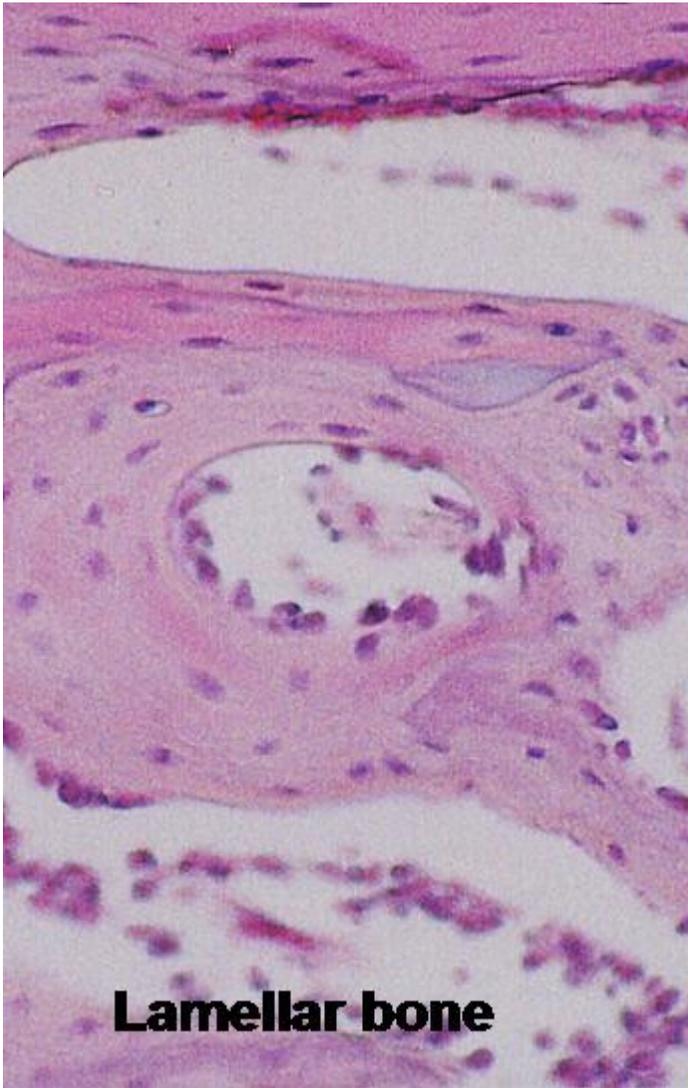
# Classificazione del tessuto osseo al MO

## 1-Tessuto osseo lamellare

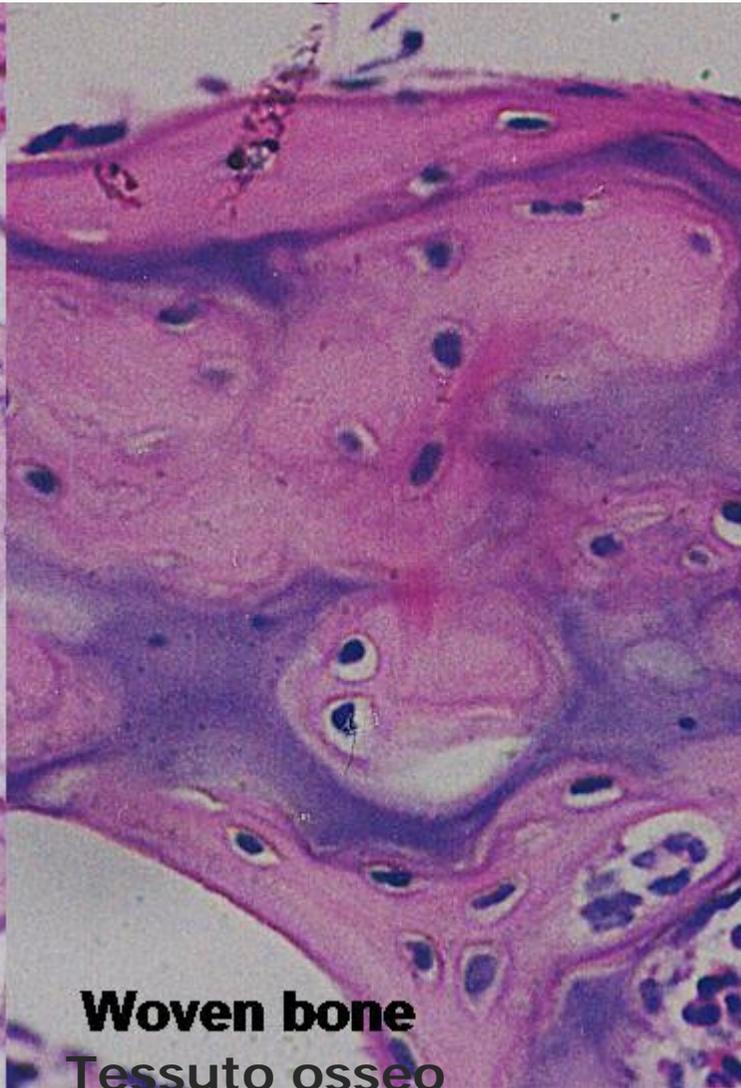
(compatto o trabecolare): la maggior parte del tessuto osseo dello scheletro di un individuo adulto

## 2- Tessuto osseo non lamellare

(fibroso o a fibre intrecciate): tessuto osseo neoformato, a livello dell'attacco dei legamenti, a livello degli alveoli dentali



**Lamellar bone**



**Woven bone**

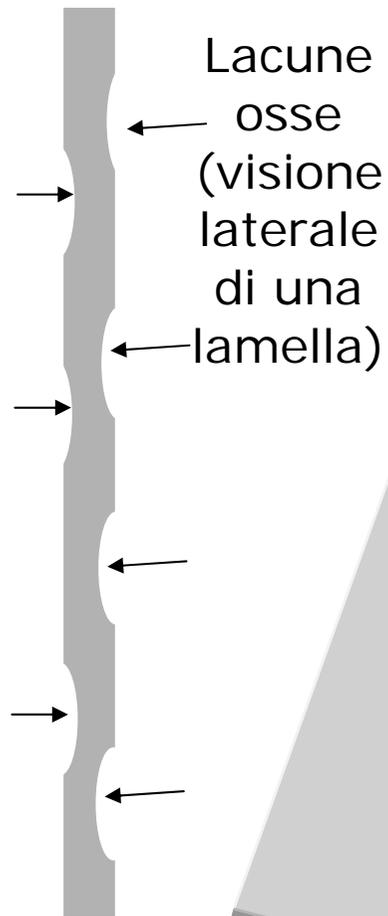
Tessuto osseo  
neodeposto non  
lamellare

## Una struttura a lamelle

Mentre il tessuto osseo primario immaturo che si forma per primo in tutti i processi di osteogenesi è non lamellare a fibre (collagene) intrecciate trabecolare, il tessuto osseo definitivo sia compatto che spugnoso è ad organizzazione lamellare: le lamelle ossee sono sottili lamine di sostanza intercellulare mineralizzata dello spessore di 5-10  $\mu\text{m}$ .



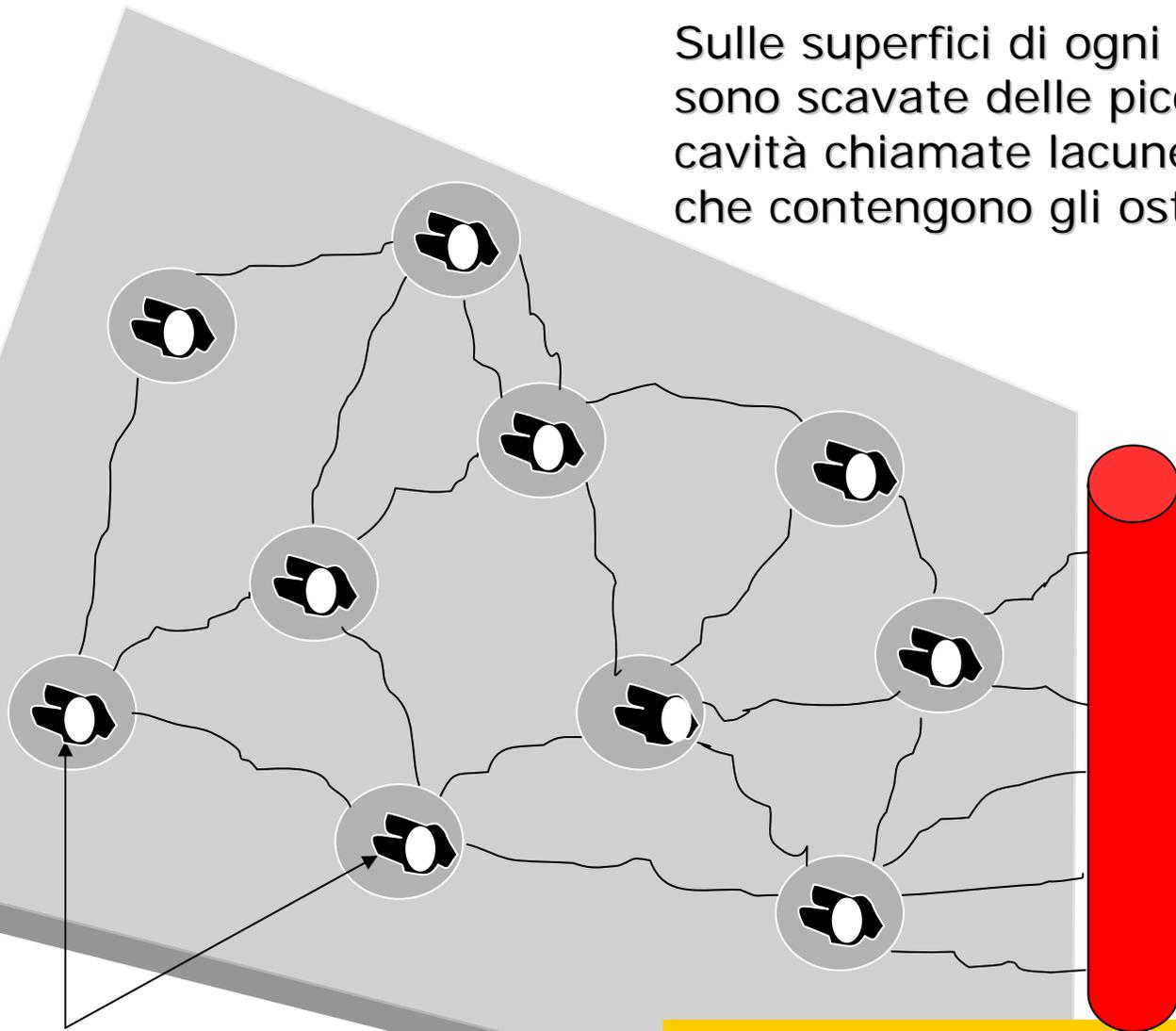
lamelle ossee



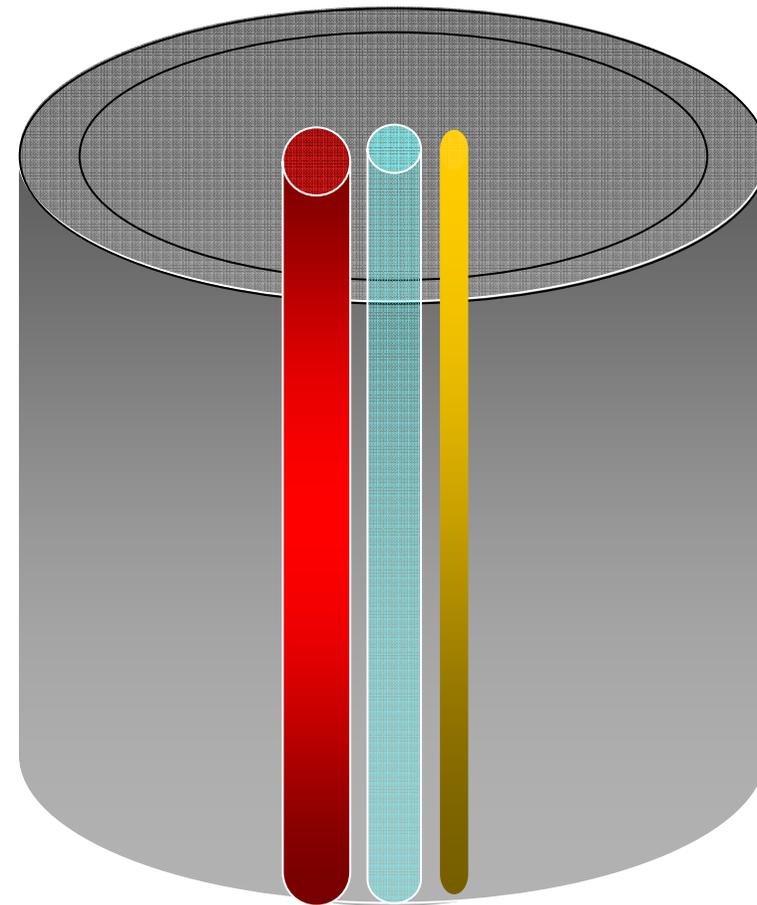
Sulle superfici di ogni lamella sono scavate delle piccole cavità chiamate lacune ossee che contengono gli osteociti

lacune ossee in una lamella distesa con osteociti all'interno

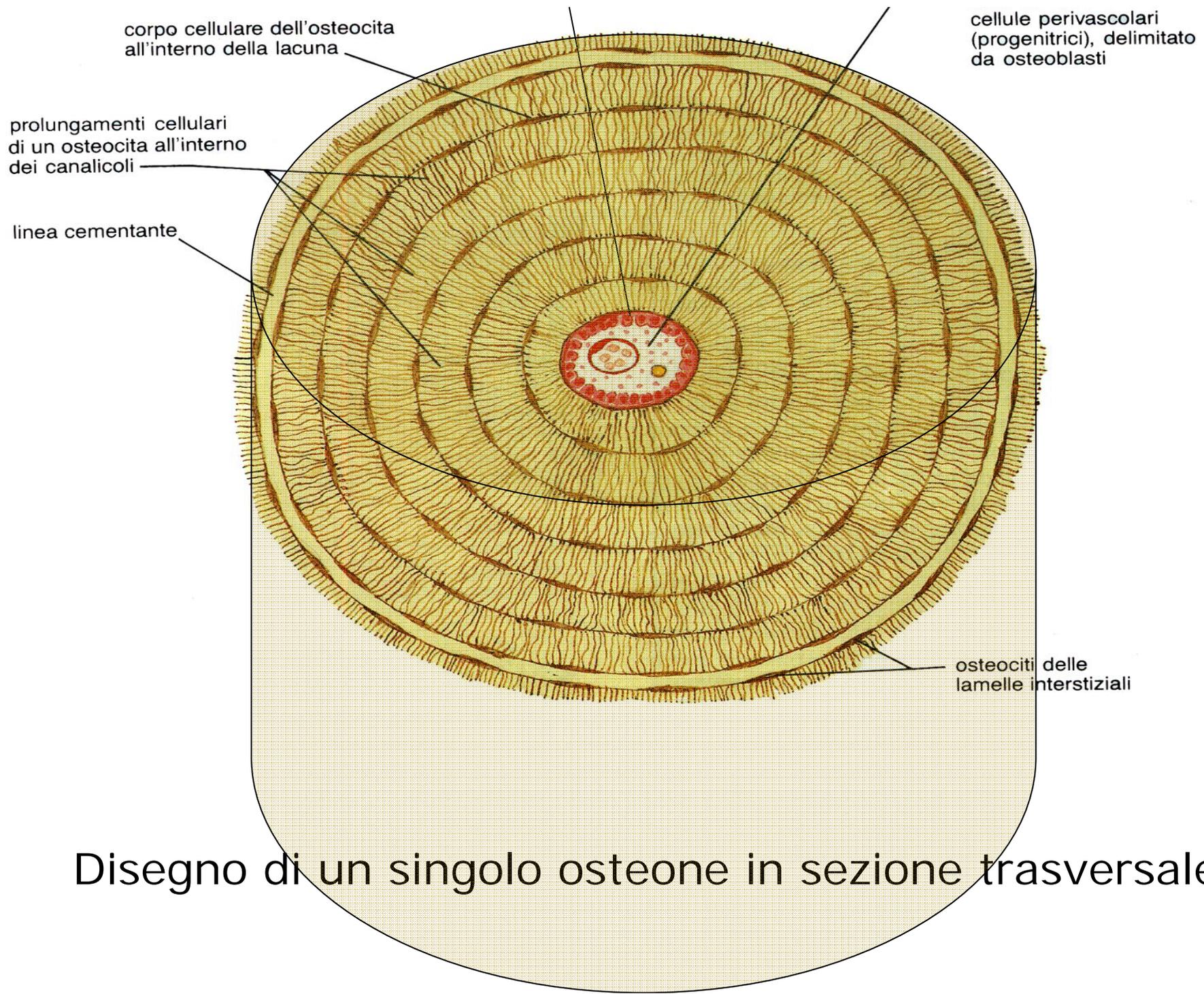
Gli osteociti comunicano tra di loro e con i vasi attraverso i canalicoli ossei scavati nella matrice mineralizzata



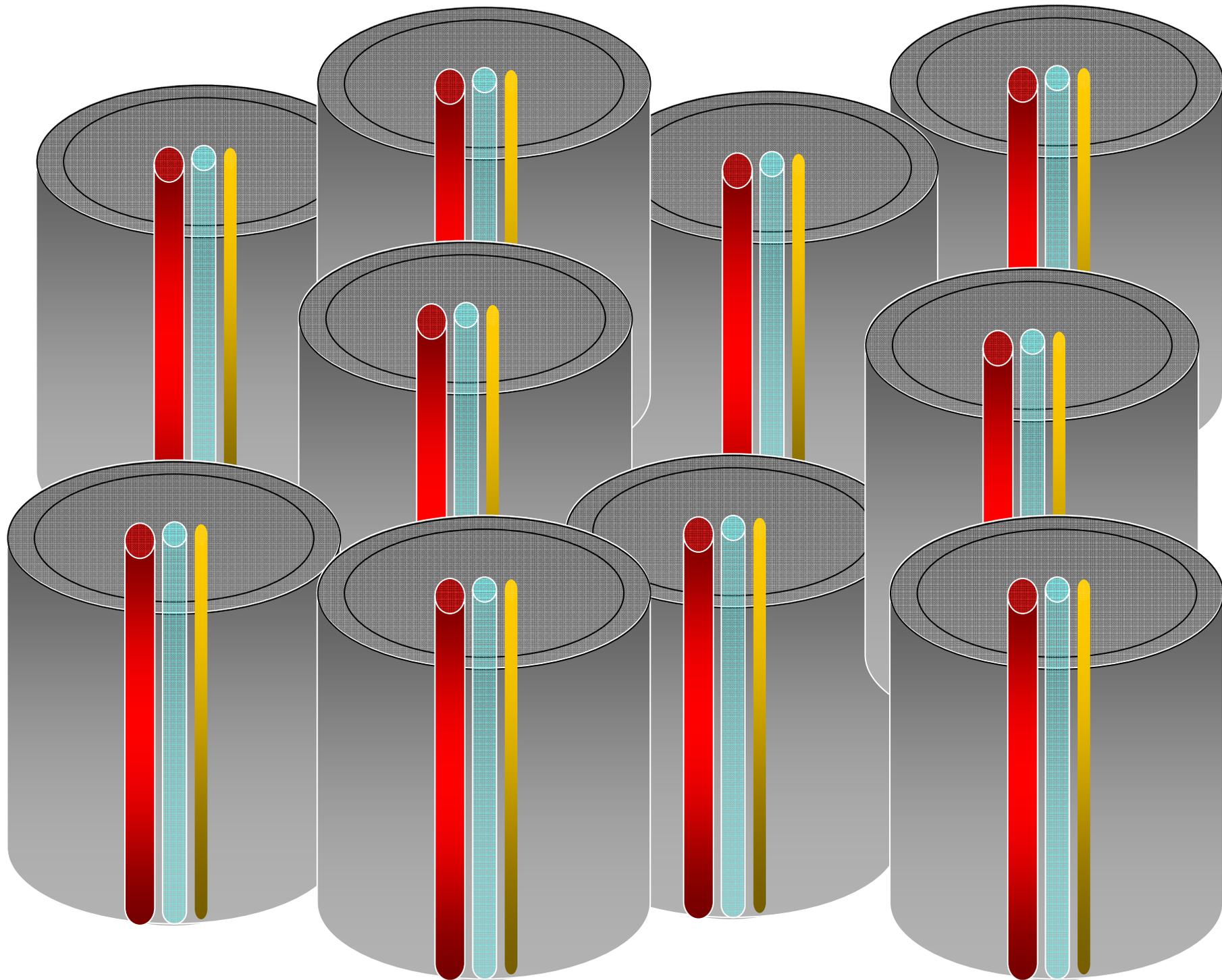
Nell'osso lamellare compatto le lamelle formano dei cilindri che si dispongono uno dentro l'altro; la cavità delimitata dalla lamella più interna è chiamata canale di Havers e contiene i vasi sanguigni e un nervo. L'insieme delle lamelle che circondano un canale di Havers è chiamato osteone

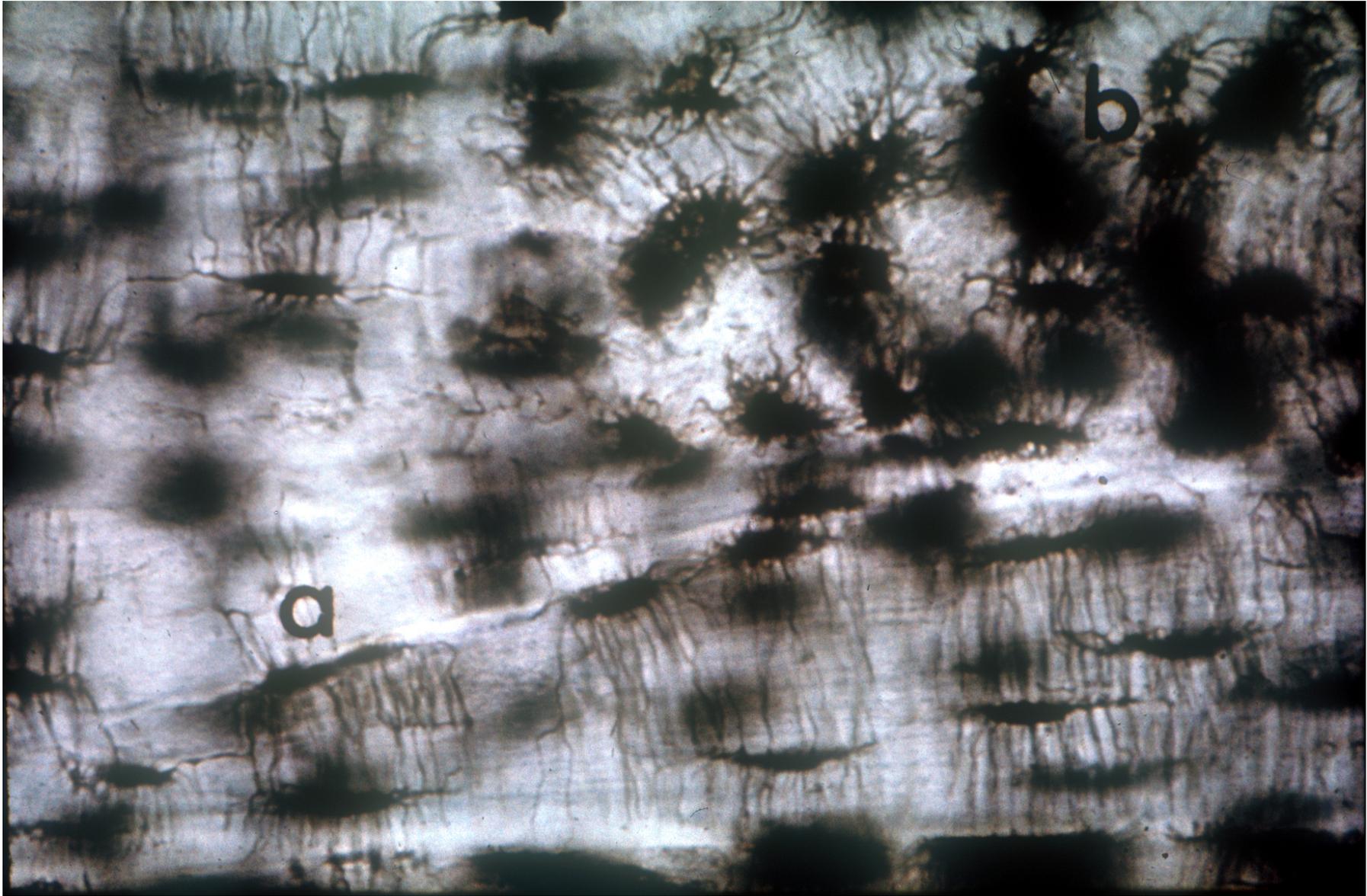


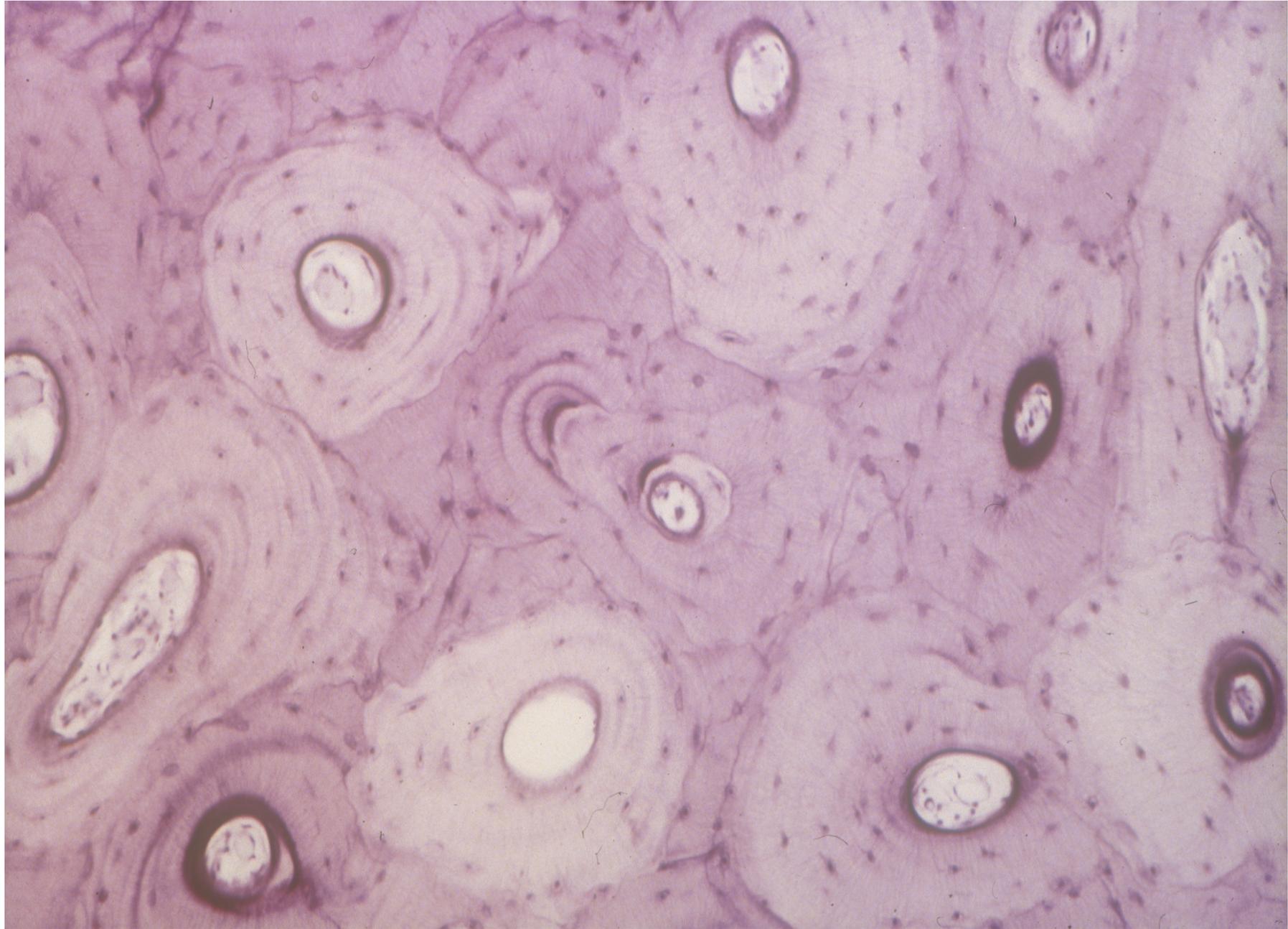
Osteone  
o Sistema di Havers



Disegno di un singolo osteone in sezione trasversale







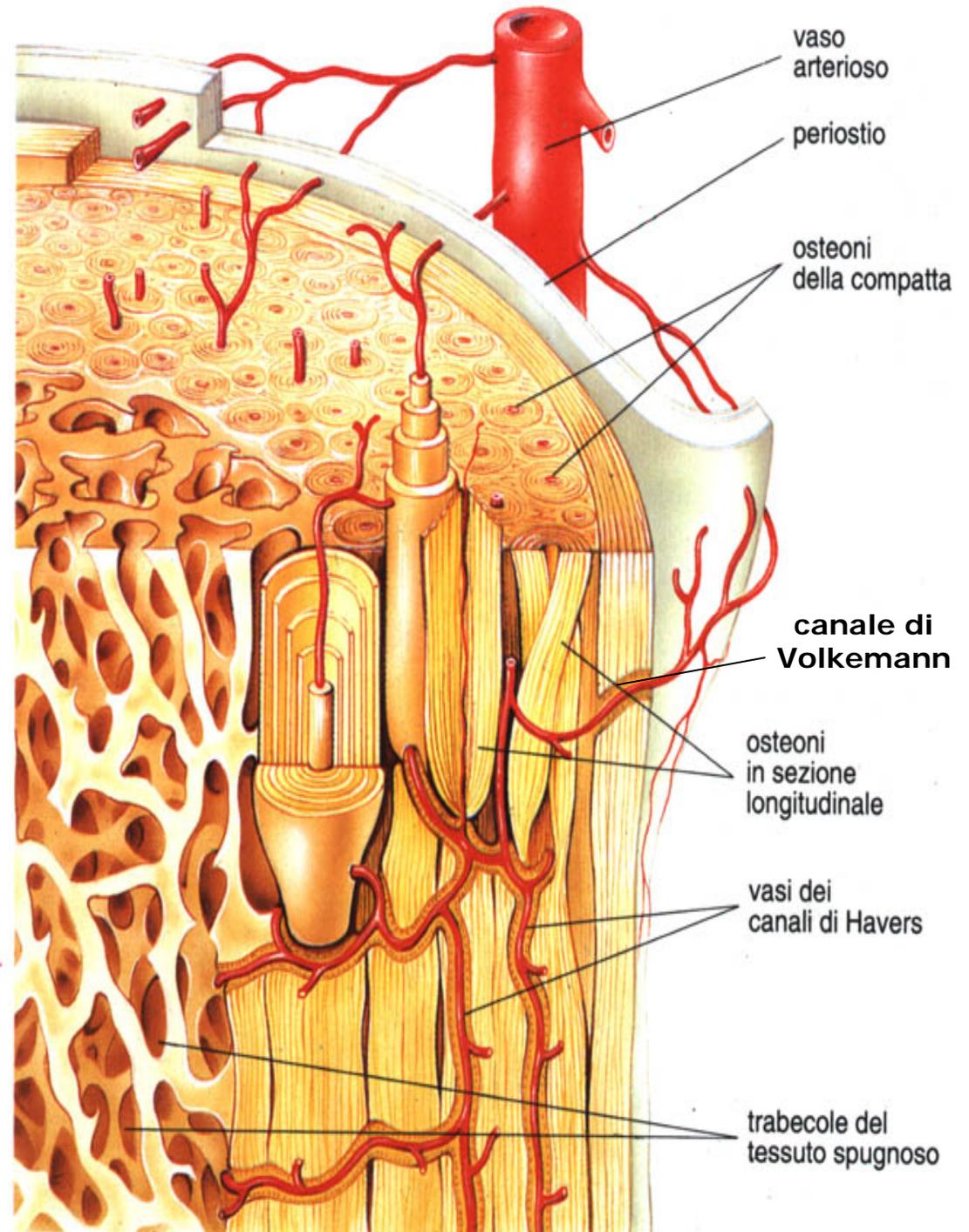
# Tessuto osseo compatto:

Il tessuto osseo compatto è formato da osteoni e lamelle che non formano osteoni che si trovano sotto il periostio, l'endostio e tra gli osteoni.

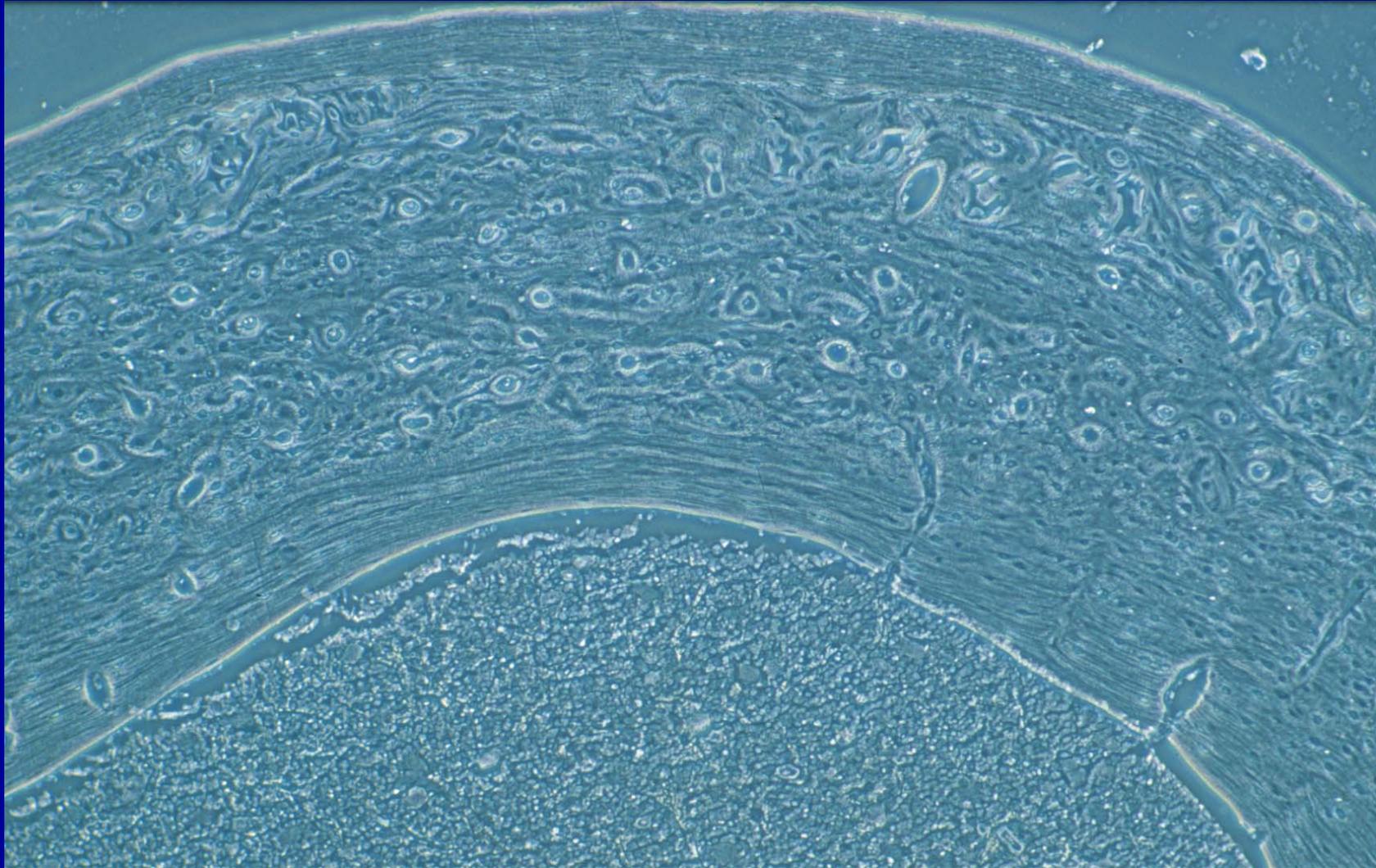
I vasi provenienti dal periostio penetrano nell'osso attraverso i canali trasversali di Volkemmann, questi si continuano con i canali di Havers. Nota che a livello della cavità midollare l'osso diventa spugnoso.

Periostio= tessuto connettivo fibroso che riveste le ossa

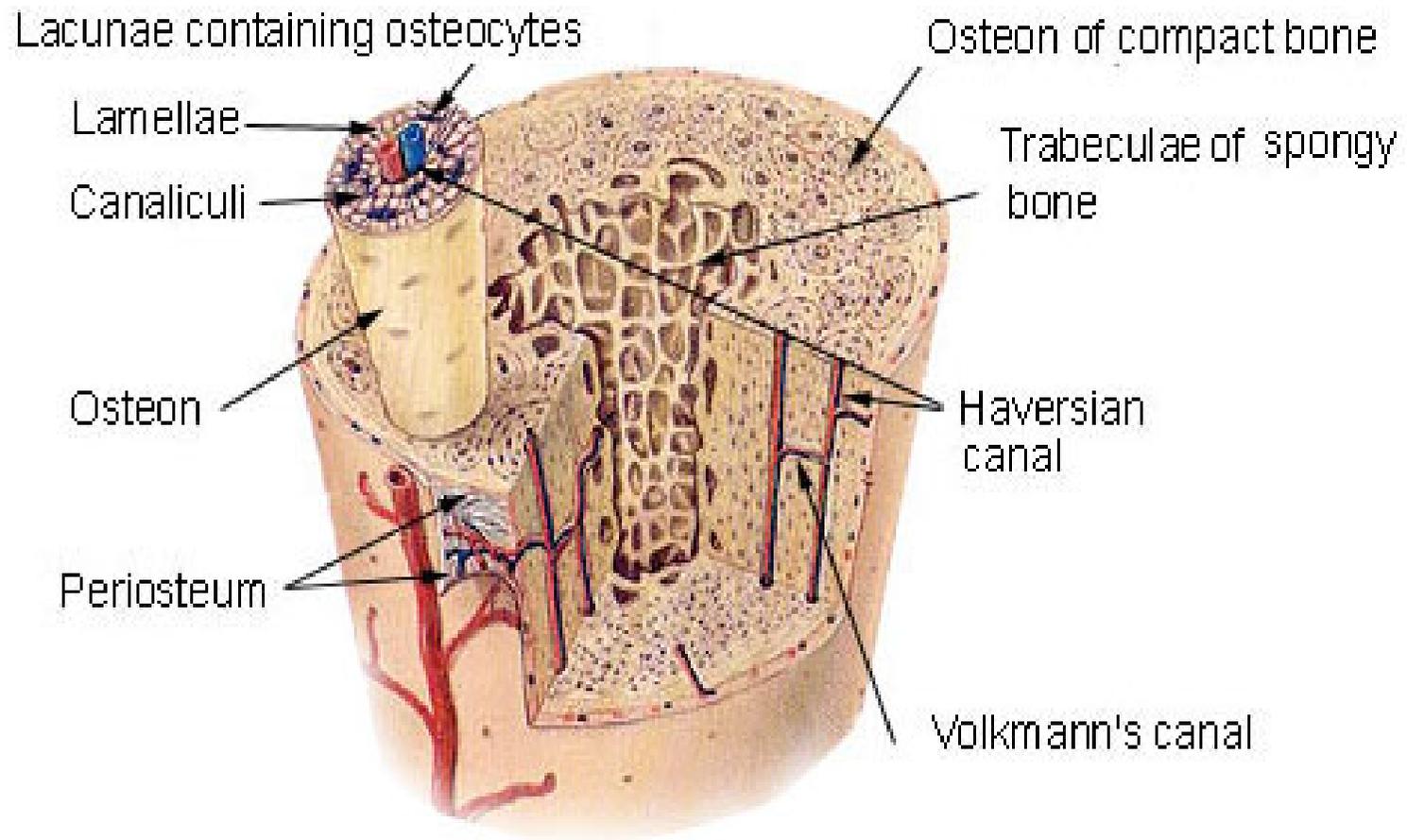
Endostio = speciale tessuto connettivo che riveste le cavità delle ossa



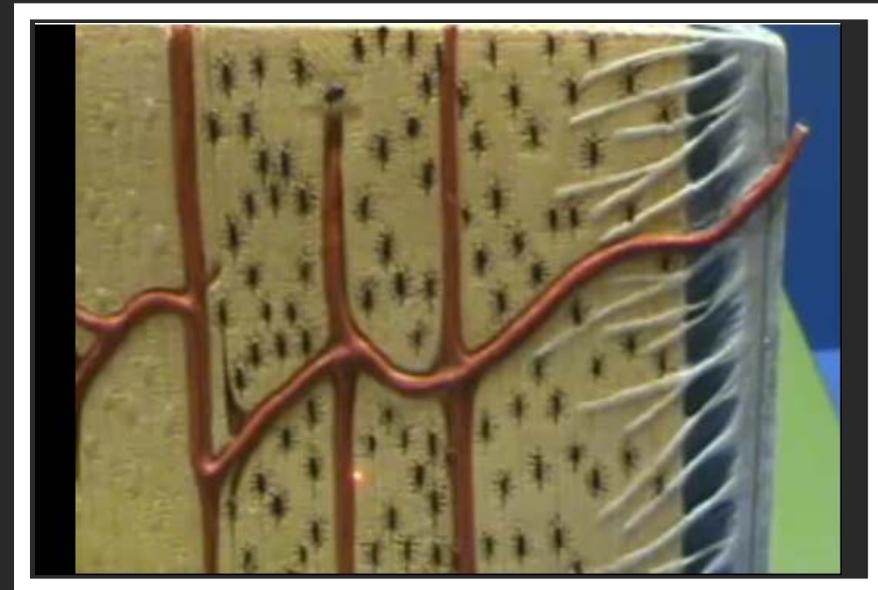
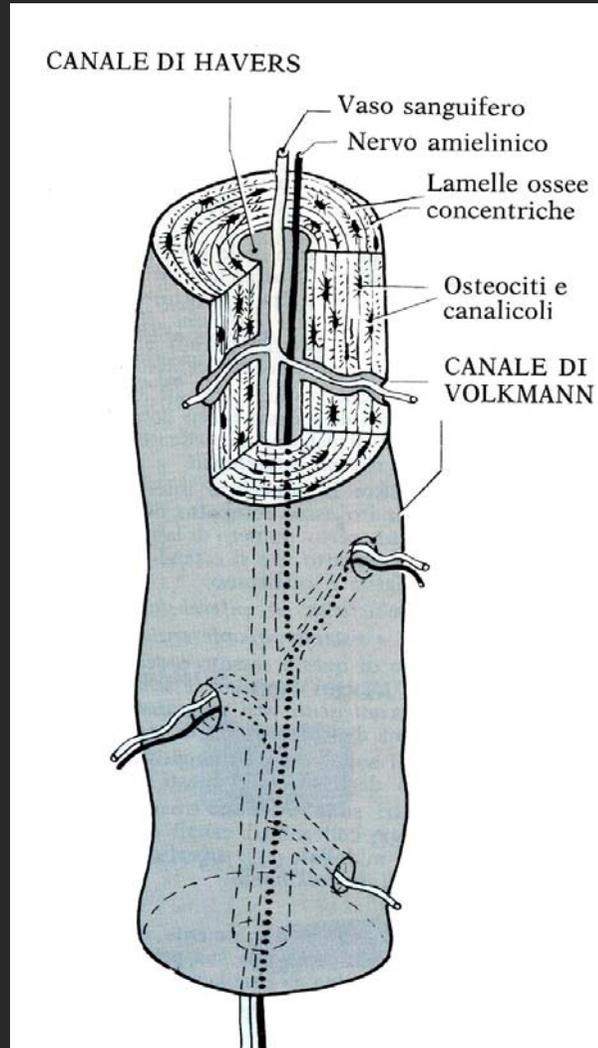
lamelle circolari, esterne e interne



## Compact Bone & Spongy (Cancellous Bone)

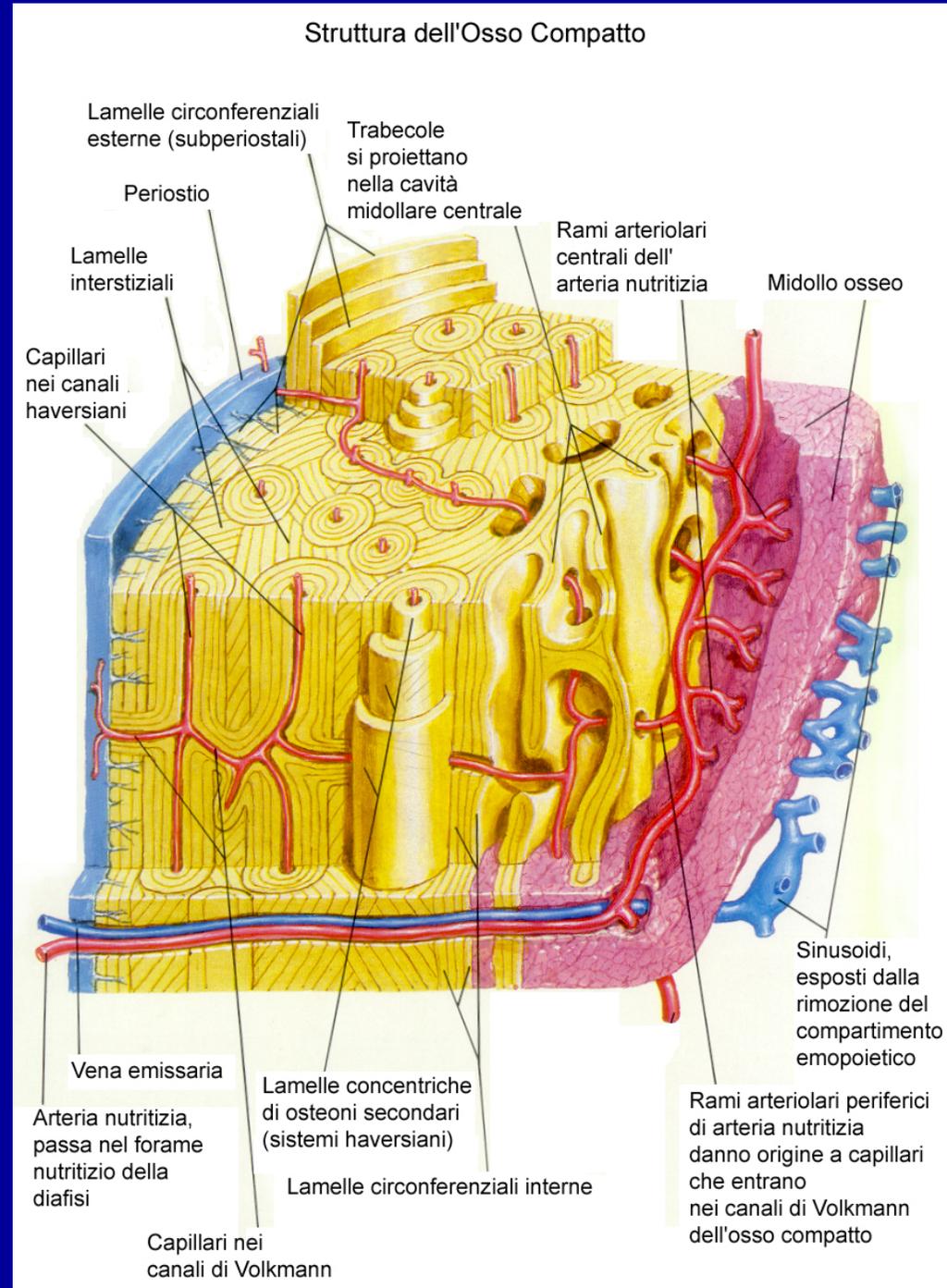


# Osteone con canale di Havers e canali di Volkmann



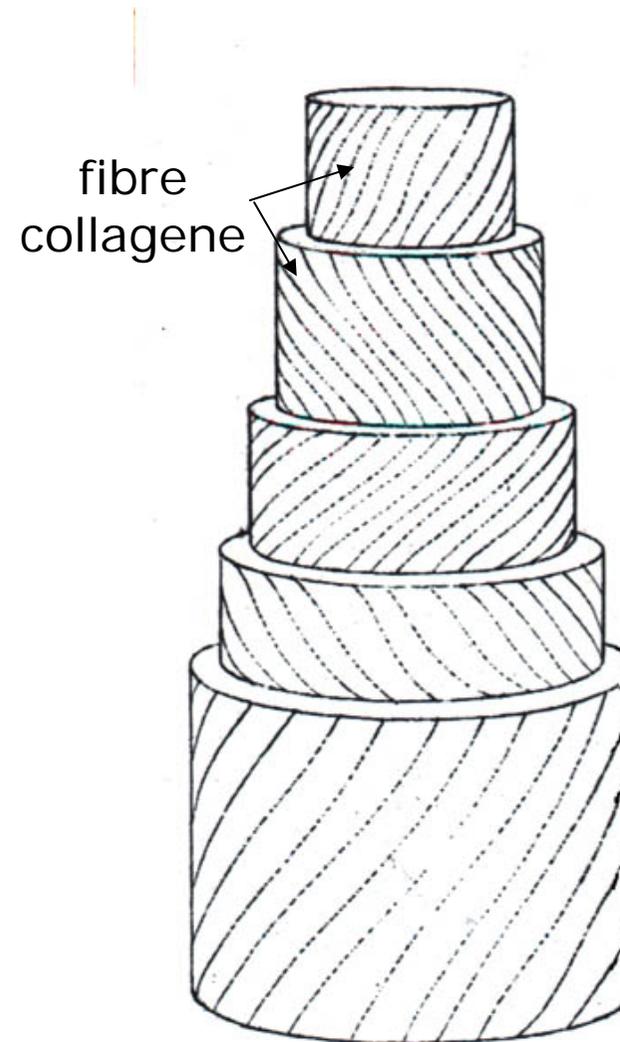
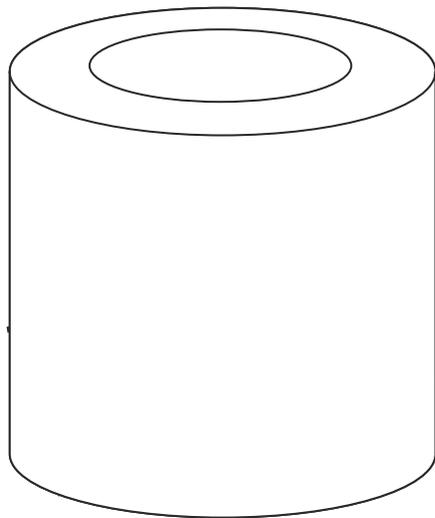
# I sistemi vascolari dell'osso

## canali di Havers e canali di Volkmann



# Le fibre collagene (tipo I) formano l'impalcatura di sostegno per la matrice mineralizzata della lamella

- In ciascuna lamella le fibre collagene sono disposte parallelamente
- La loro direzione cambia nelle lamelle adiacenti con una inclinazione di circa  $90^\circ$

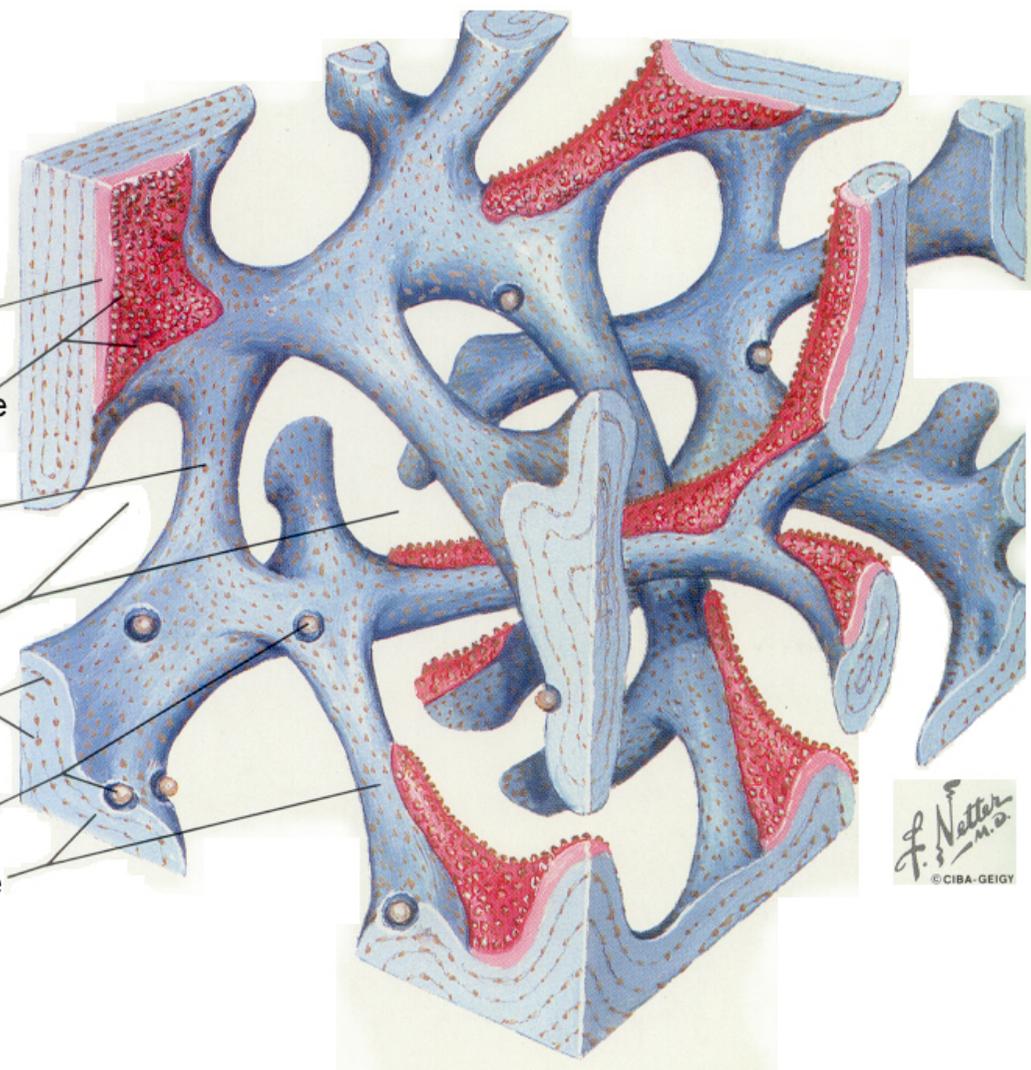


Nel tessuto osseo spugnoso le lamelle non formano osteoni ma si raggruppano in strutture di forma irregolare chiamate **trabecole**, negli spazi delimitati da queste si trova il midollo osseo

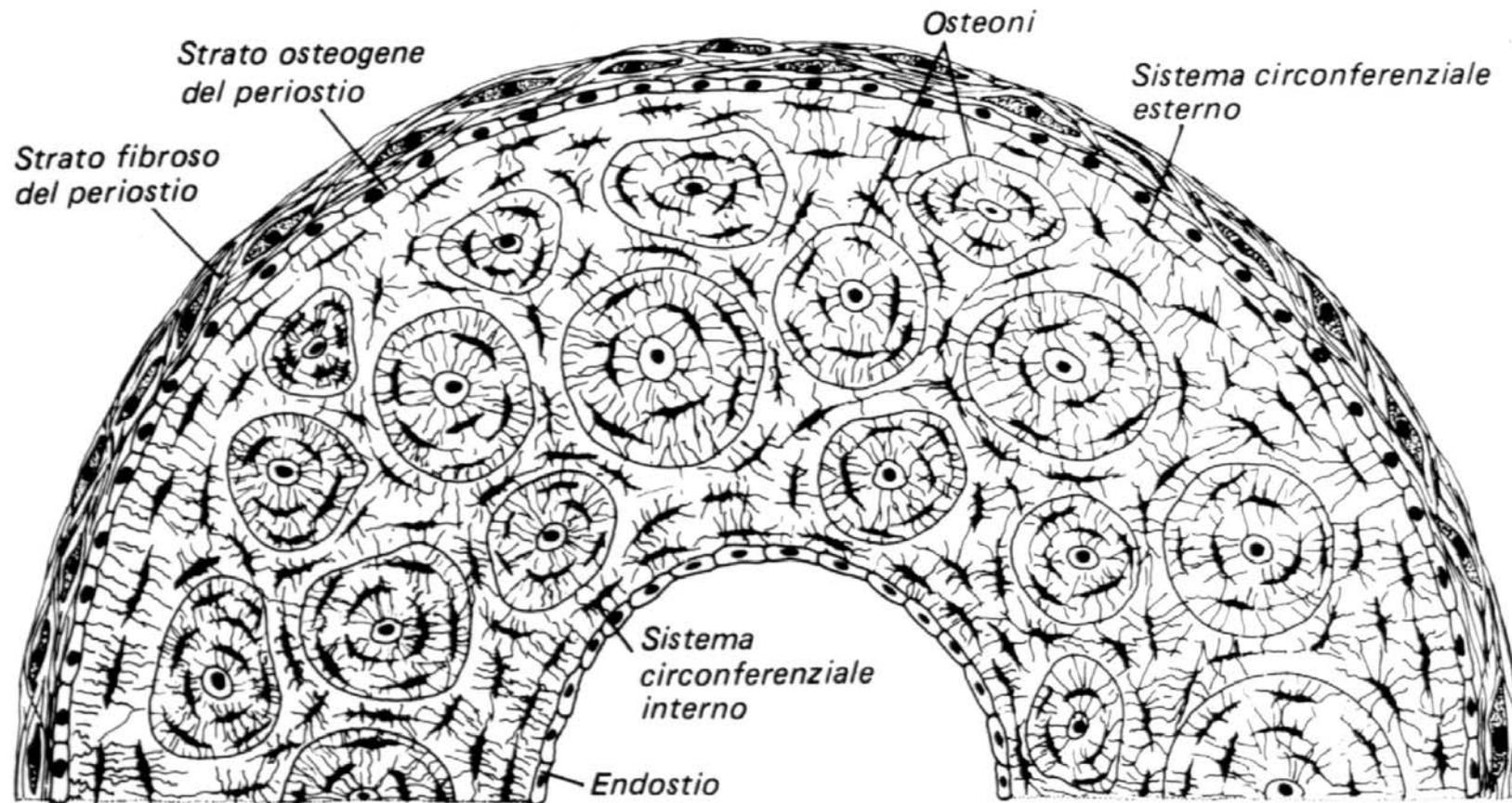
### Struttura dell'Osso Spugnoso (o Trabecolare)



- Osteoide (matrice ipomineralizzata)
- Osteoblasti attivi, producono osteoide
- Cellule osteoprogenitrici
- Spazi midollari, contengono midollo osseo
- Osteociti
- Osteoclasti (in lacune di Howship)
- Trabecole



**Periostio e endostio:** sono tessuti connettivi che rivestono l'osso (periostio) e le sue cavità (endostio); contengono i precursori degli osteoblasti (cellule osteoprogenitrici simili a cellule mesenchimali corrispondono alle MSCs)





**periostio**

strato  
cambiale

strato fibroso

(cellulare, contiene i precursori  
degli osteoblasti)

# Cellule

osteoprogenitrici

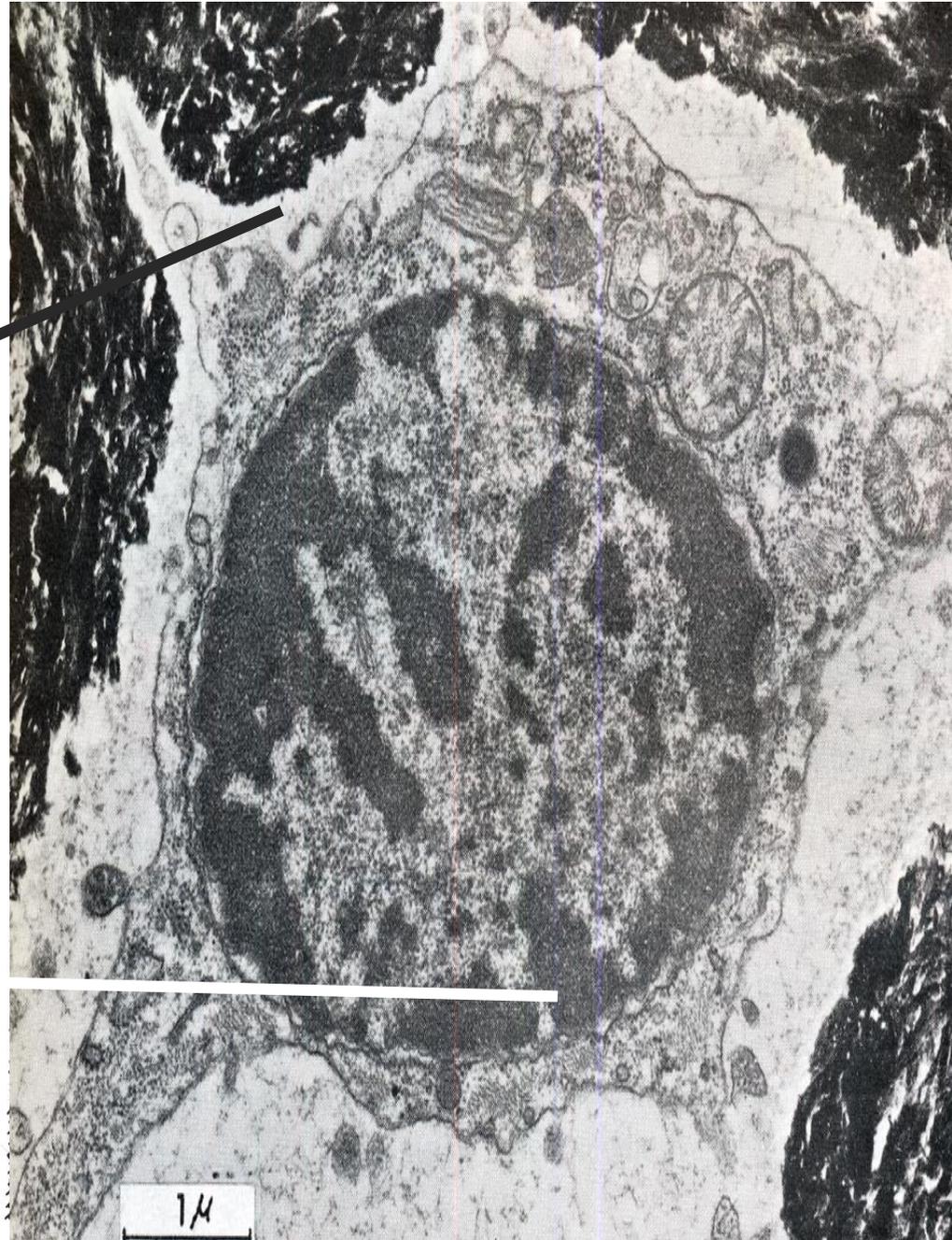
periostio



endostio

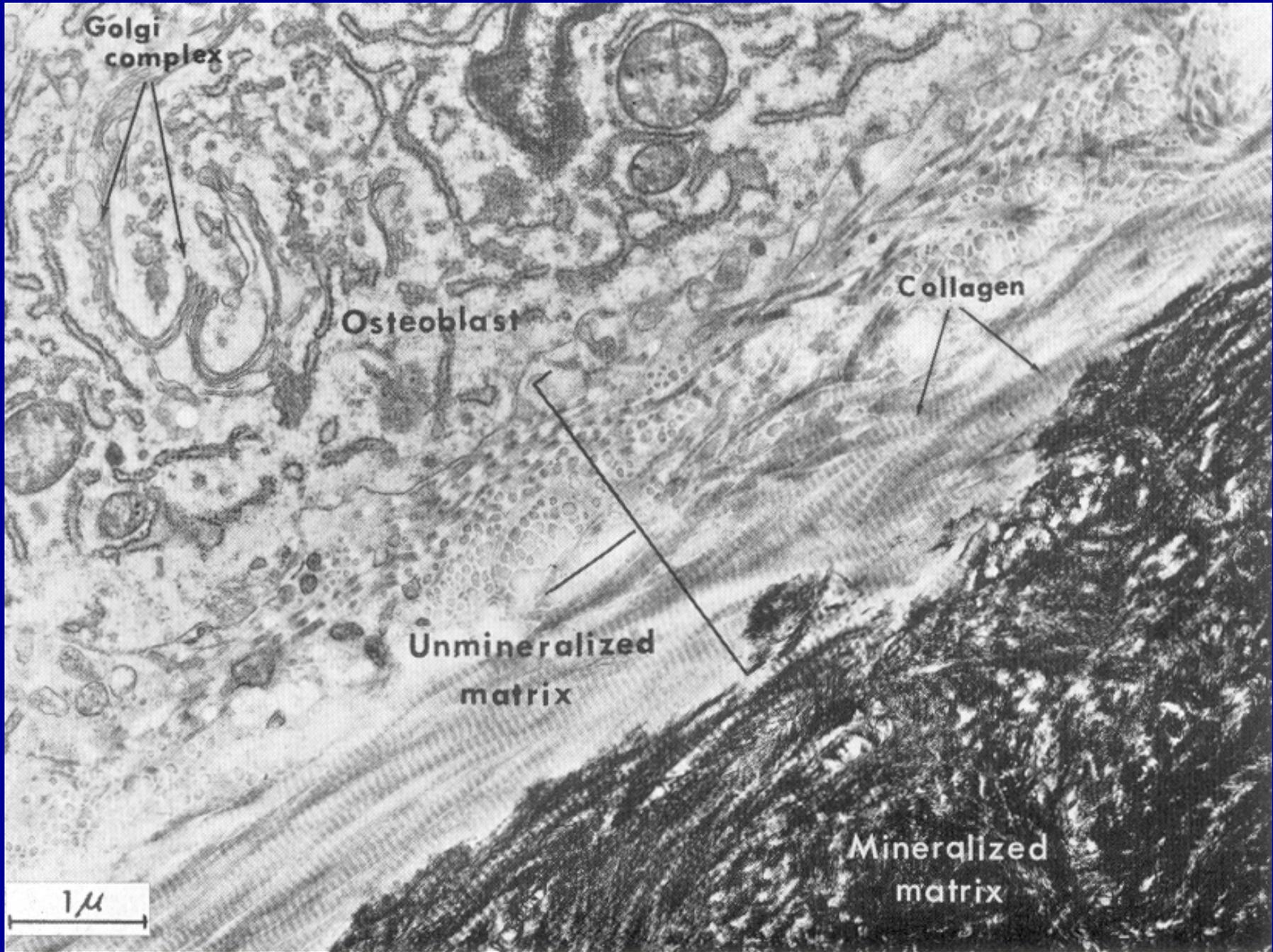
# Posizione degli osteociti, osteoblasti e osteoclasti nel tessuto osseo

1) Osteocytes are actively involved in bone turnover (remove and deposit minerals); 2) the osteocyte network is involved in ion exchange (mineralization); and 3) osteocytes are the mechanosensory cells of bone and play a pivotal role in functional adaptation of bone.



# Osteoblasti





Golgi complex

Osteoblast

Collagen

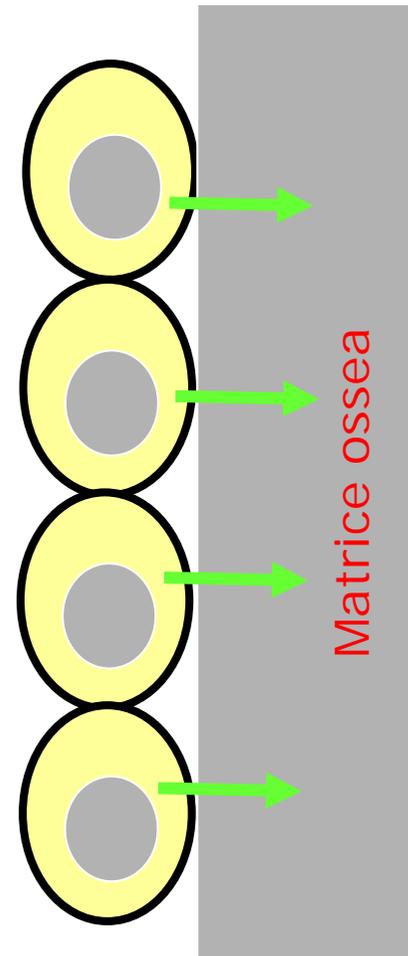
Unmineralized matrix

Mineralized matrix

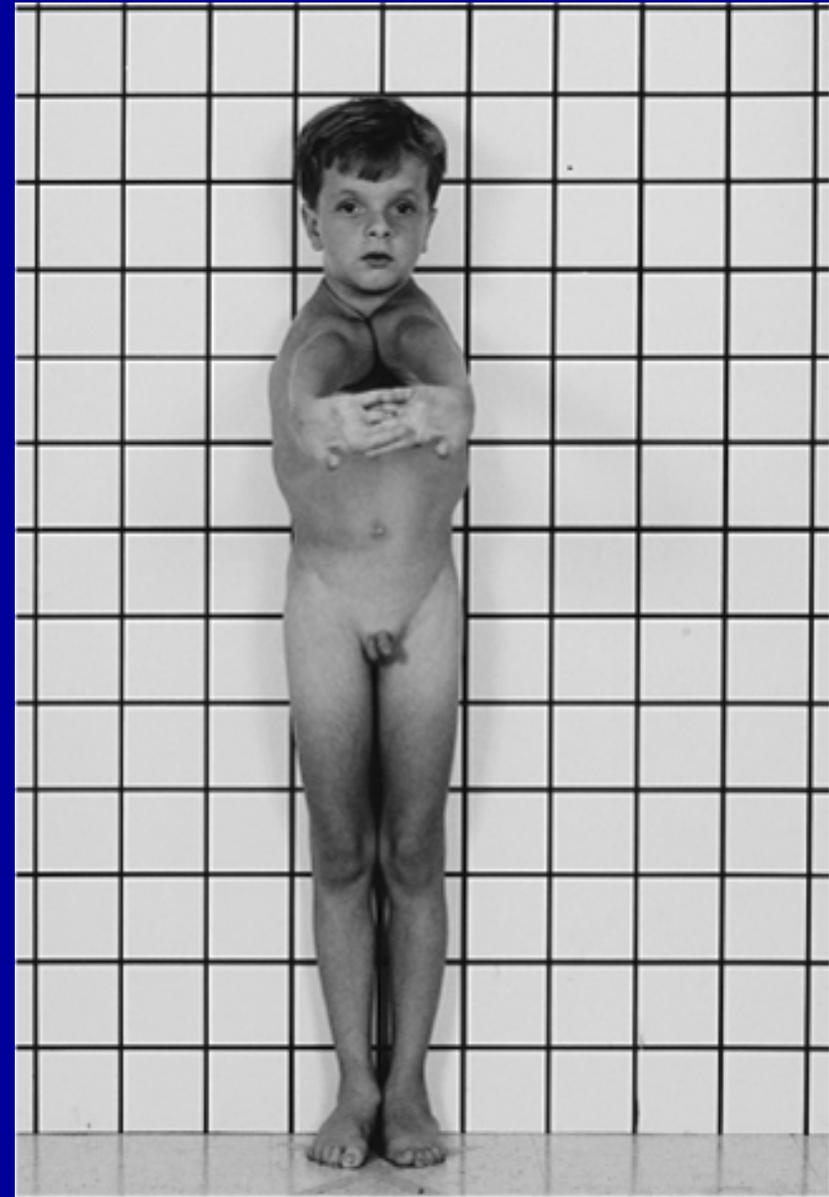
1μ

Gli osteoblasti si formano da cellule mesenchimali o cellule osteoprogenitrici del periostio e dell'endostio (MSCs) del midollo osseo. Numerosi fattori di crescita regolano la formazione degli osteoblasti, da ricordare i BMPs

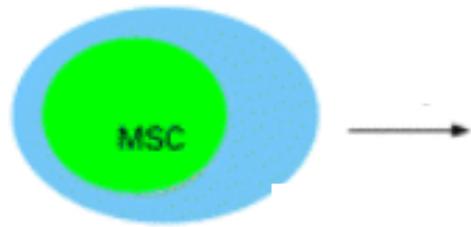
Altre importanti funzioni degli osteoblasti sono quelle di stimolare la produzione di osteoclasti e probabilmente di contribuire al mantenimento della "nicchia" delle cellule staminali ematopoietiche



il differenziamento delle cellule mesenchimali in osteoblasti dipende dall'attivazione del "master gene" *Runx2/Cbfa1*

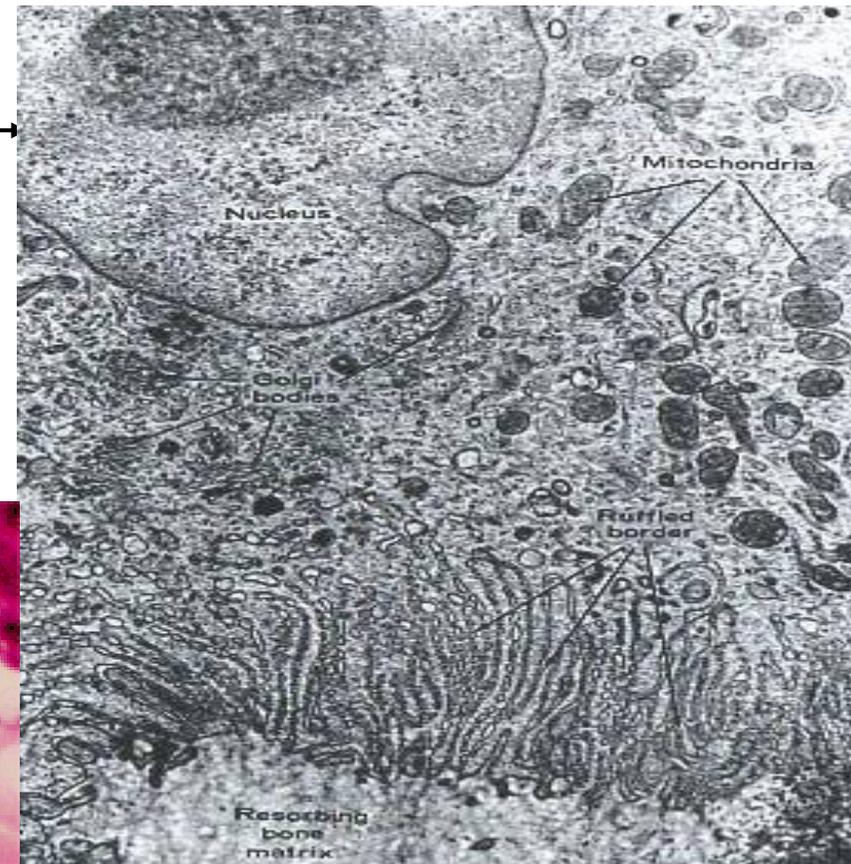
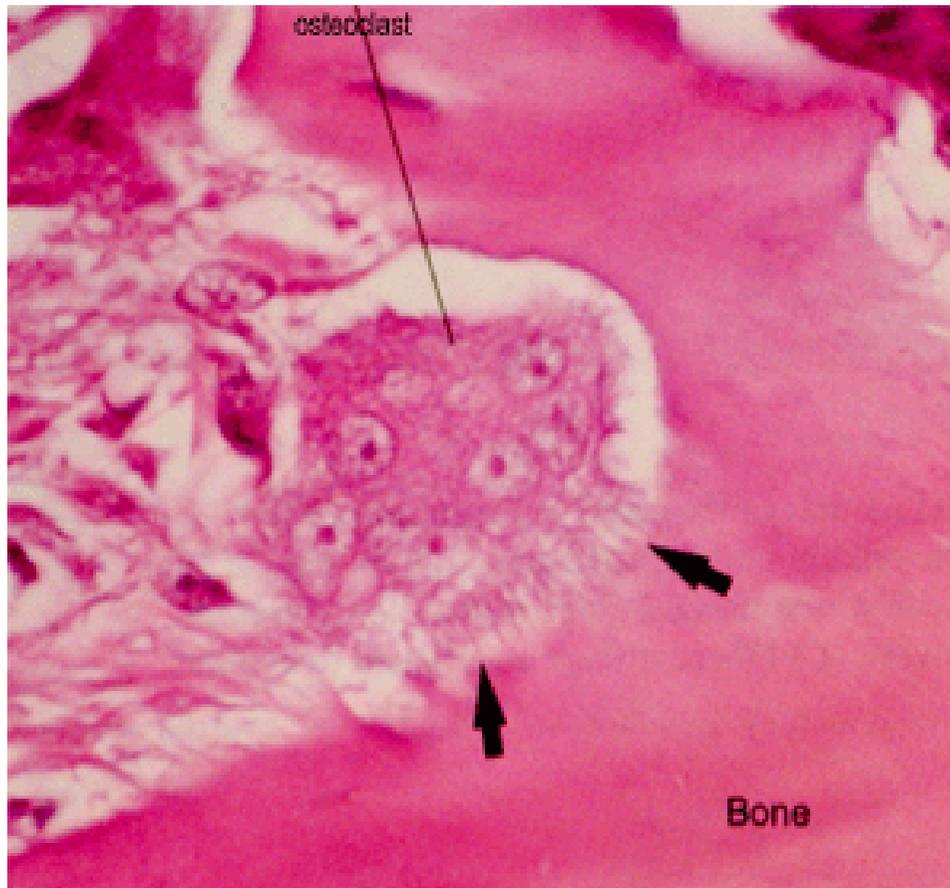


bambini affetti da *disòstosi cleidocranica*  
(per mutazione eterozigotica di *Runx2*)



# Osteoclasto

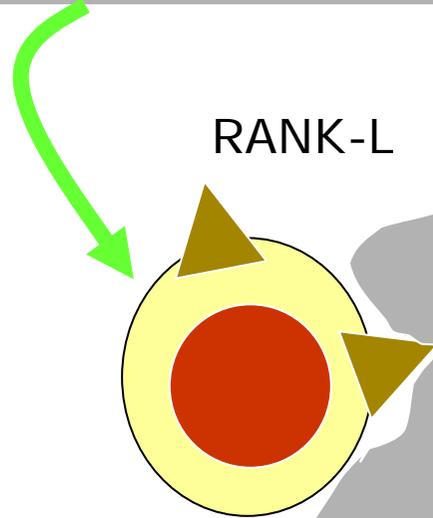
Cellula grande >40  $\mu\text{m}$ , multinucleata, responsabile della degradazione della matrice mineralizzata; origina dai monociti del sangue.



La degradazione della matrice mineralizzata avviene ad opera dell'acidificazione; la componente organica è degradata da enzimi lisosomiali

Gli osteoclasti si formano  
dai monociti del sangue

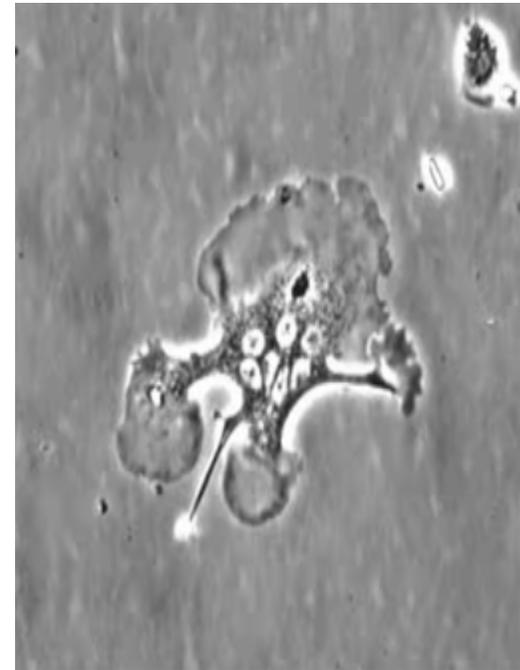
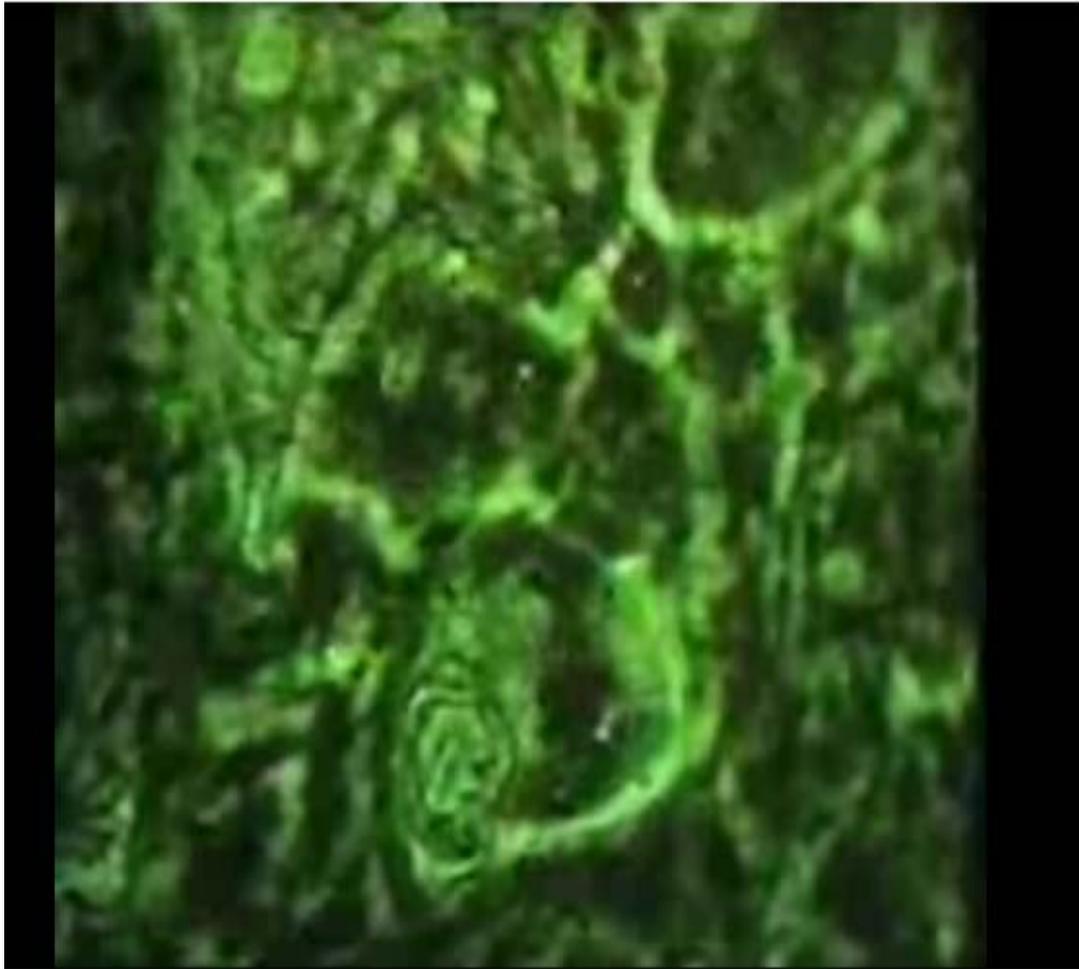
Paratormone (PTH) + altri composti



osteoblasto

Gli osteoclasti si formano per stimolazione dei monociti da parte degli osteoblasti stimolati dal **paratormone**

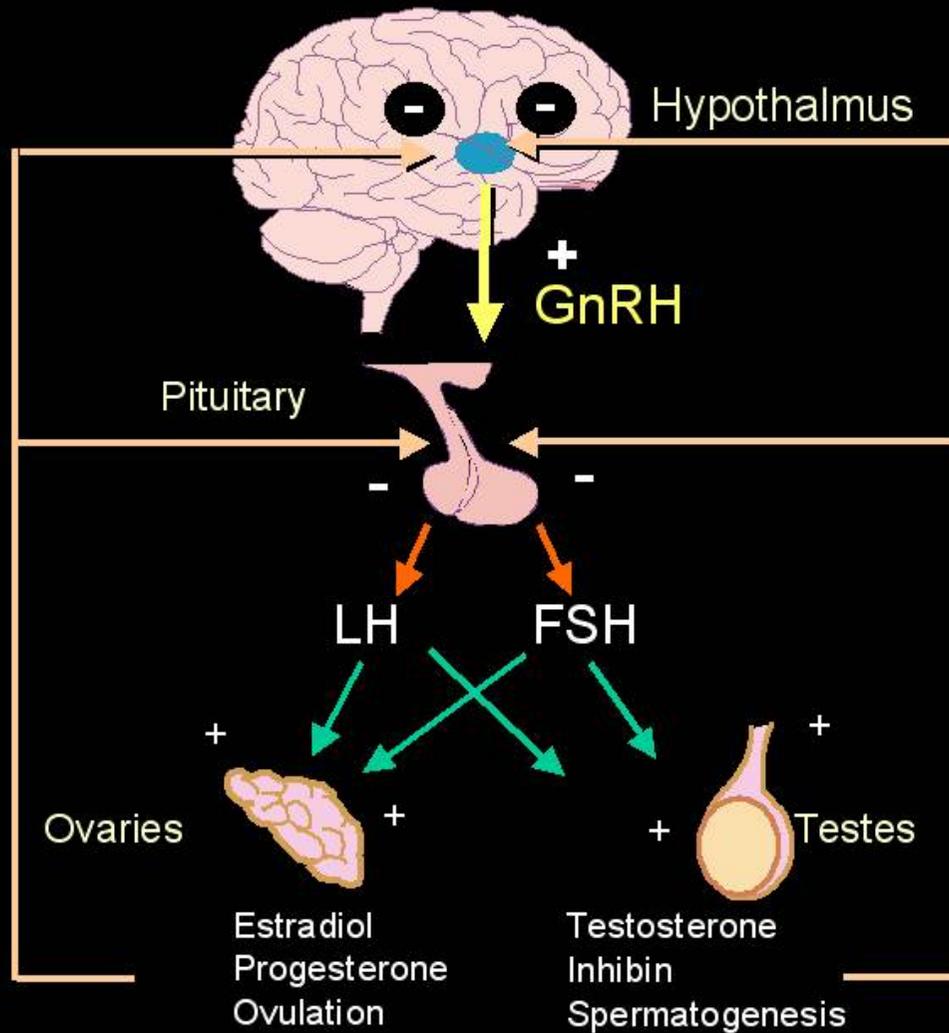
Recentemente è stato dimostrato che gli osteoblasti rilasciano anche le citochine MCP1-3 che attraggono i monociti (recettore CCR2 espresso dai monociti)



Un osteoclasto  
con orletto  
in crescato

Formazione di un osteoclasto in coltura

# Sex Hormones



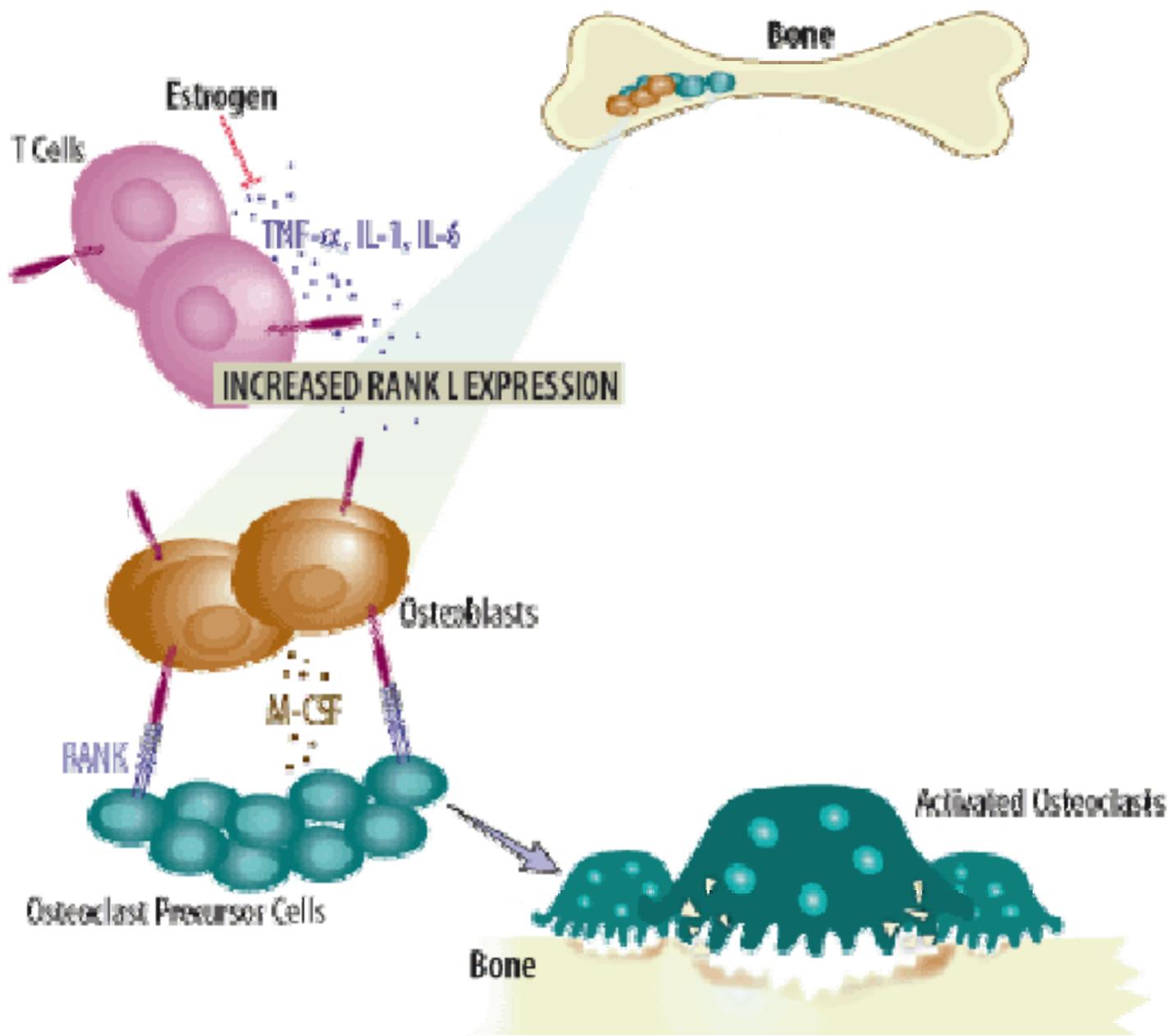
- **Estrogen in females**

- Deficiency result in an  $\uparrow$  in osteoclastic bone resorption and osteoporosis

- **Testosterone in males**

- Deficiency result in low bone mass

osteoporosi

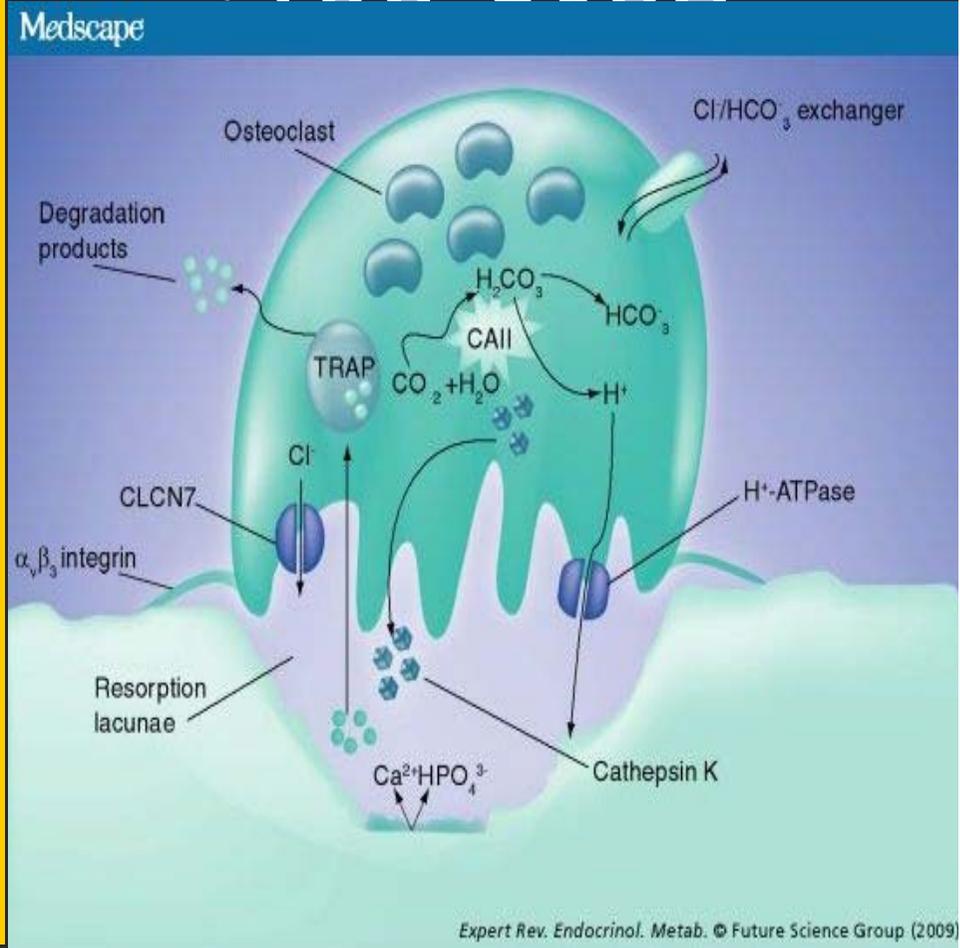
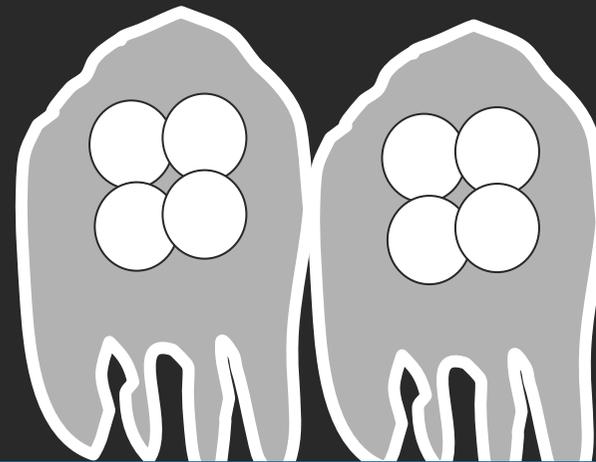


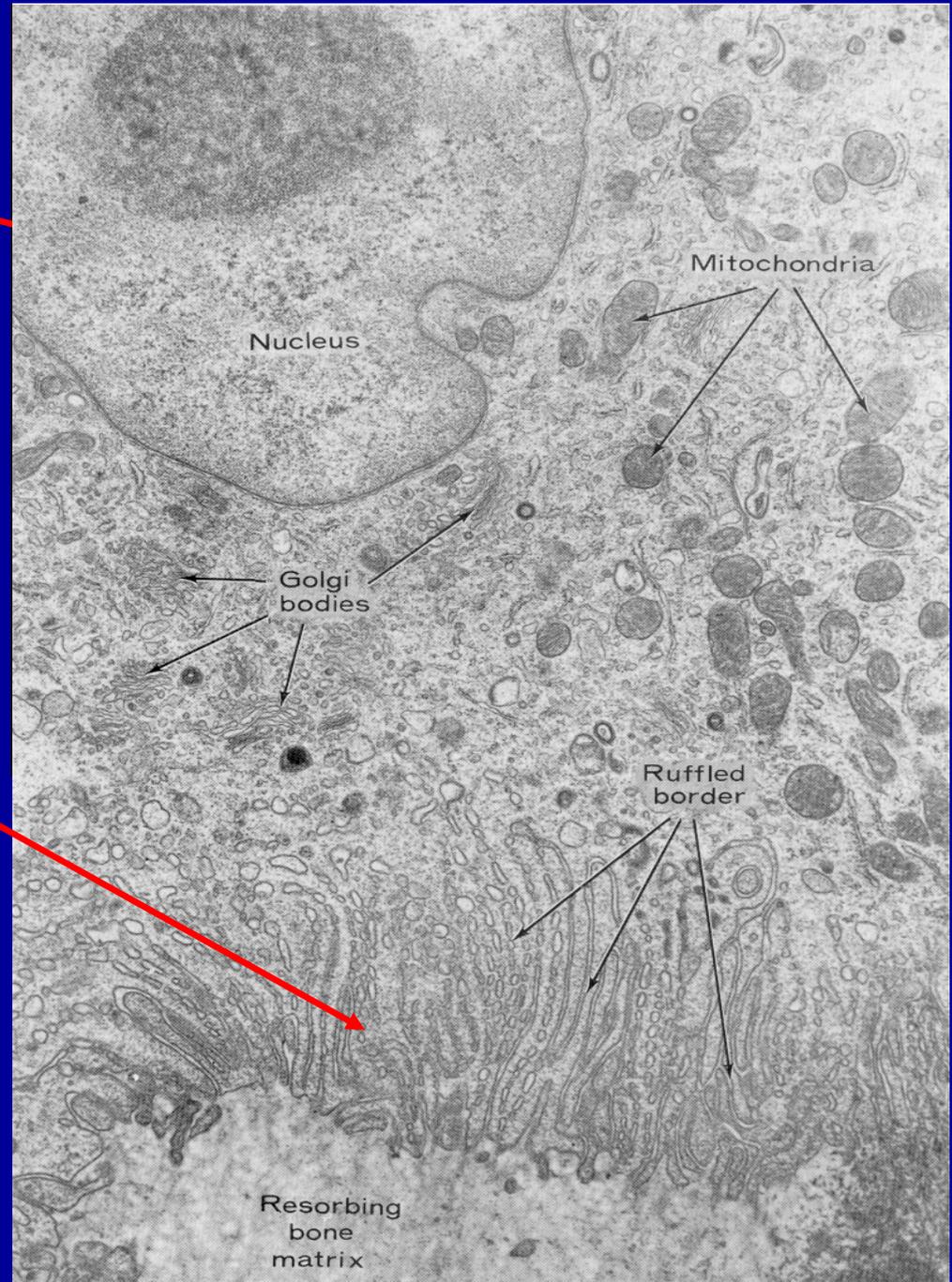
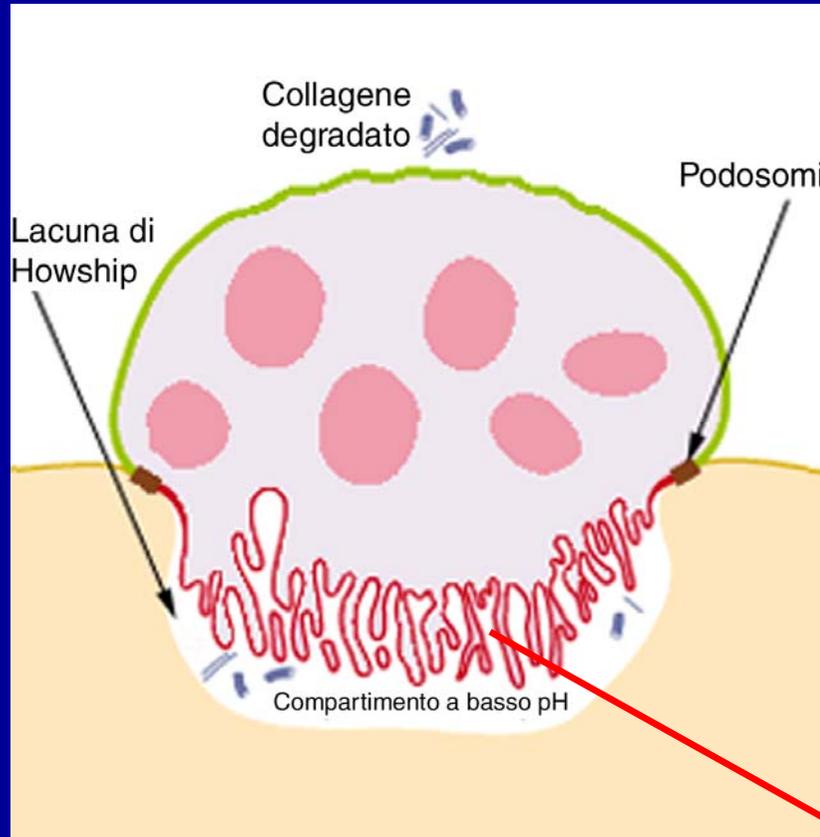
L'attività degli osteoclasti è svolta in tre fasi: l'adesione alla matrice ossea da riassorbire, la creazione di un ambiente acido che solubilizza la matrice minerale, la digestione enzimatica della matrice organica.

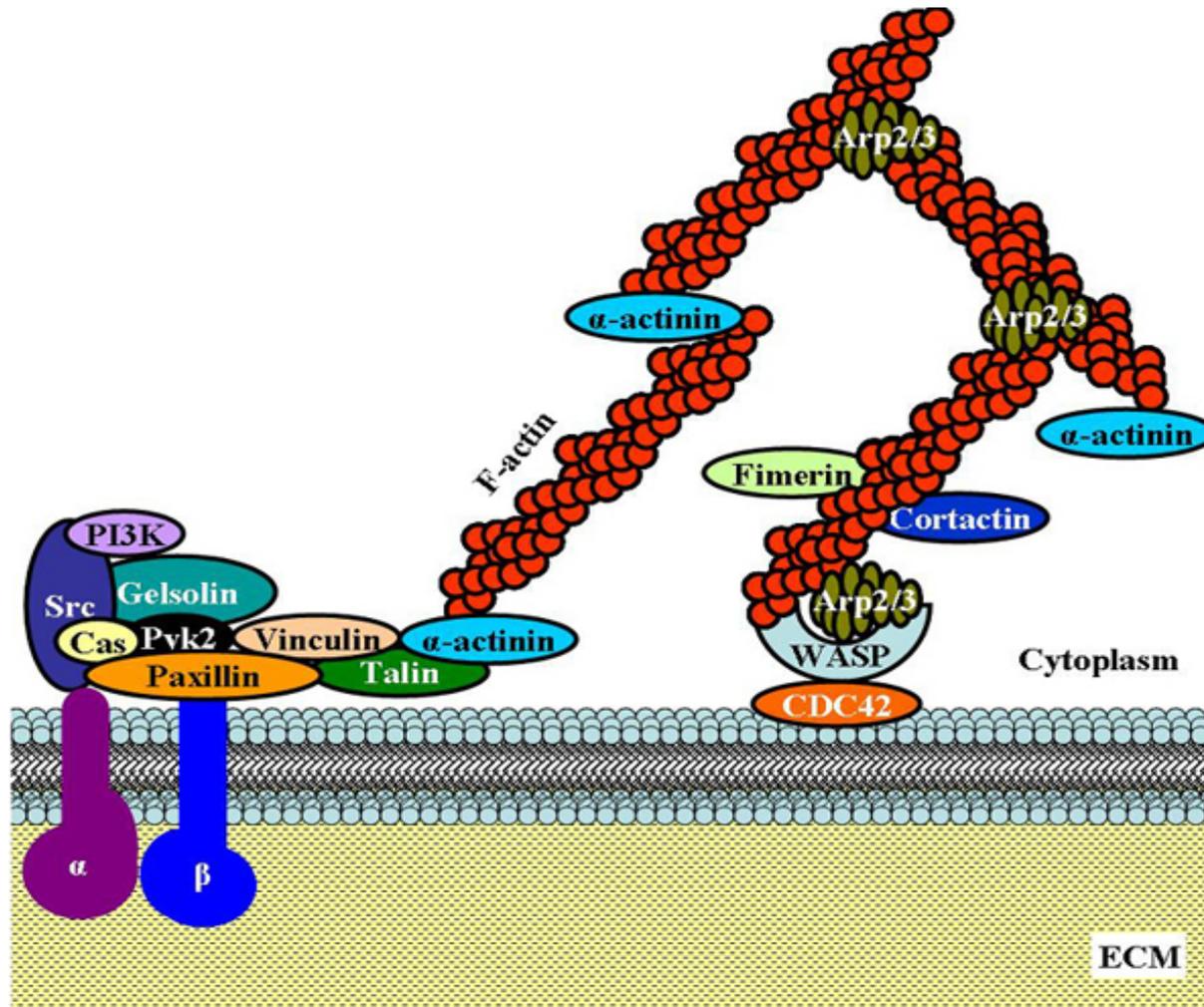
1) L'**adesione** alla matrice da erodere avviene attraverso recettori integrinici ed è seguita dalla comparsa di **podosomi**, strutture di adesione che permettono di isolare l'ambiente in cui avverrà il riassorbimento. L'osteoclasto si affaccia sulla matrice da riassorbire dal lato dell'orletto striato.

2) Una **pompa protonica** situata nella membrana dell'orletto striato **acidifica** lo spazio extracellulare delimitato dall'anello di podosomi, si viene così a creare un pH di 4.5 che solubilizza i sali minerali.

3) A questo punto la matrice organica è libera e avviene la **degradazione enzimatica**, tramite il rilascio di enzimi lisosomiali. I prodotti della degradazione della matrice organica vengono endocitati e poi esocitati dalla parte opposta della cellula (transitosi).



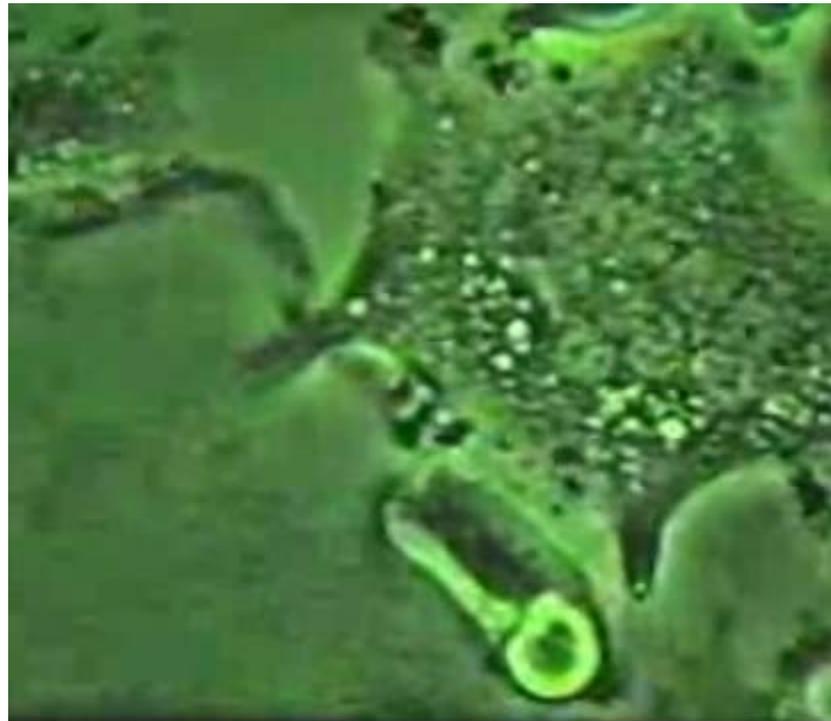




- ✦ Podosomes have a dense actin core surrounded by a rosette-like structure containing proteins such as alpha v beta 3 integrins, structural proteins (talin and vinculin), actin-associated proteins. The core also contains large amounts of proteins involved in actin polymerization.

Il riassorbimento del tessuto osseo da parte degli osteoclasti libera nel sangue sali di calcio ed assicura il rimodellamento del tessuto osseo

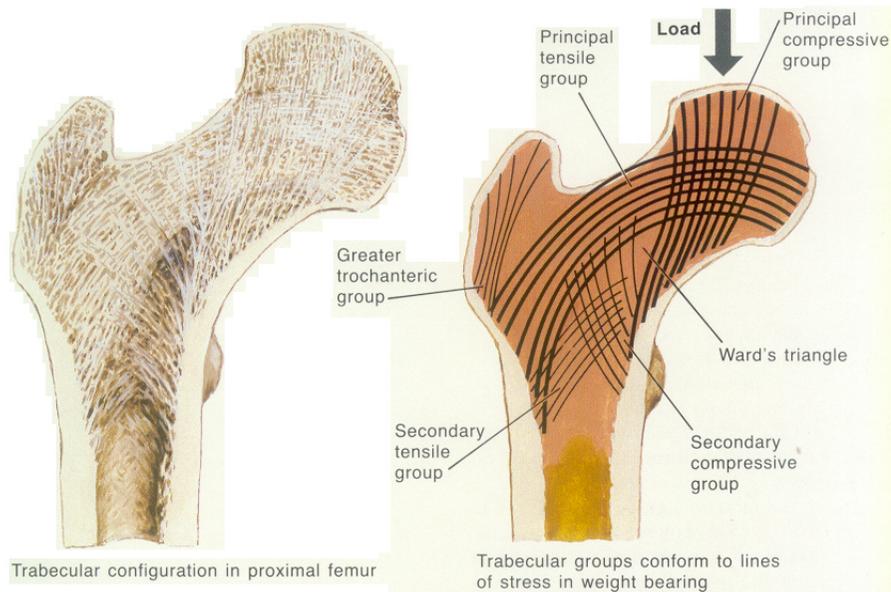
In un individuo giovane le ossa vengono completamente rinnovate in circa 10 anni



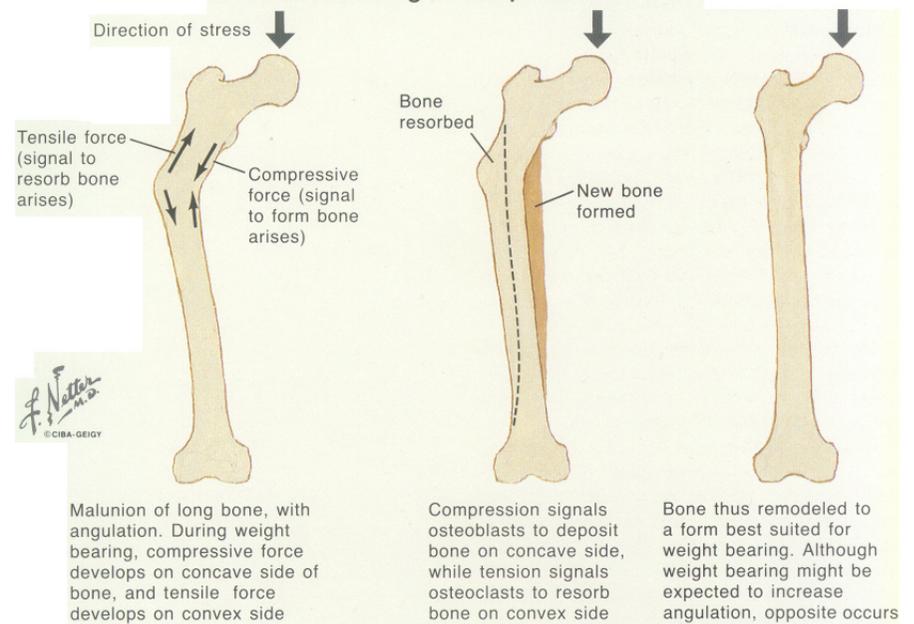
# La struttura dell'osso risponde ai carichi che vengono applicati ed è rimodellabile

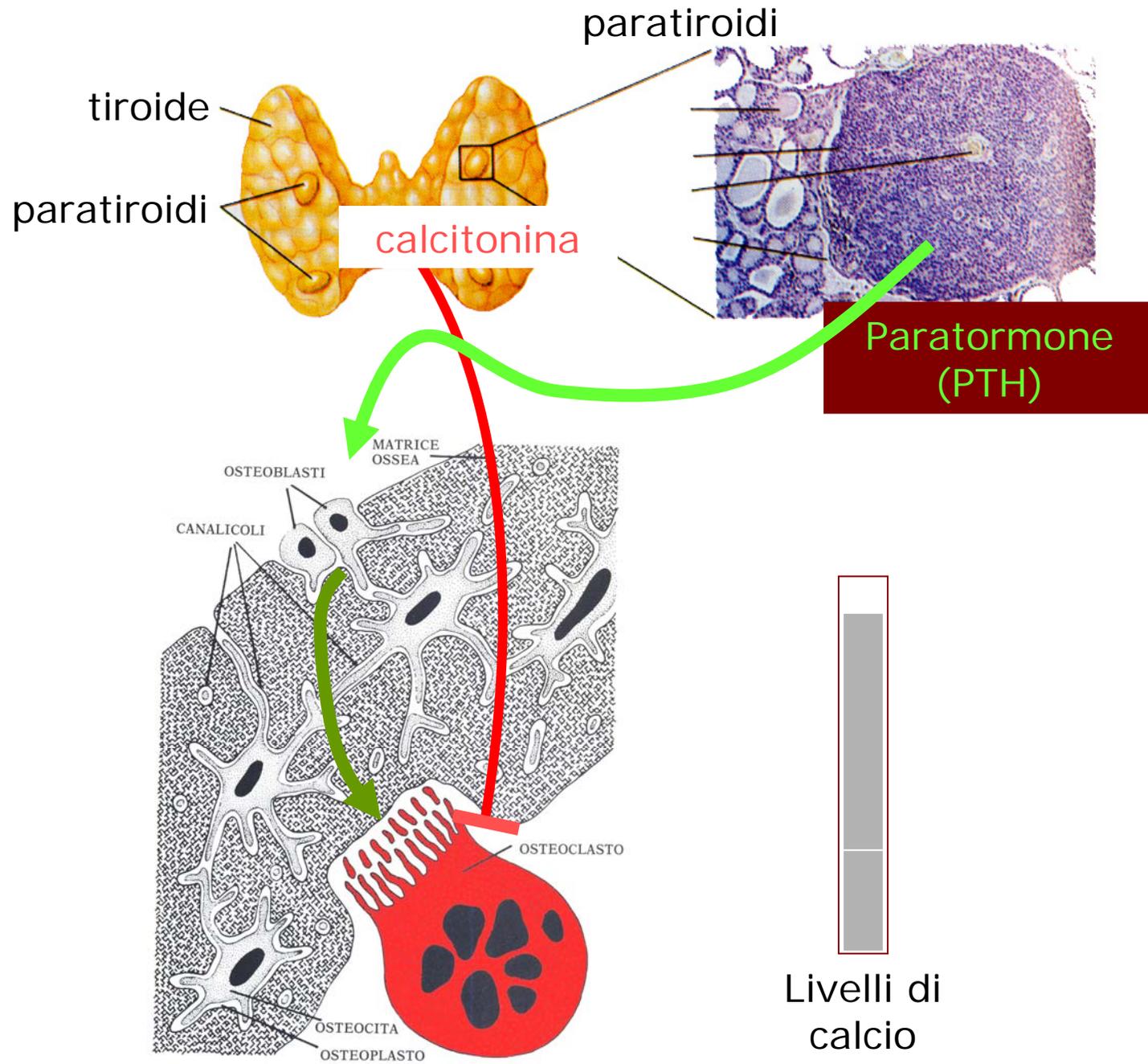
## Bone Architecture in Relation to Physical Stress

**Wolff's law.** Bony structures orient themselves in form and mass to best resist extrinsic forces (ie. form and mass follow function)



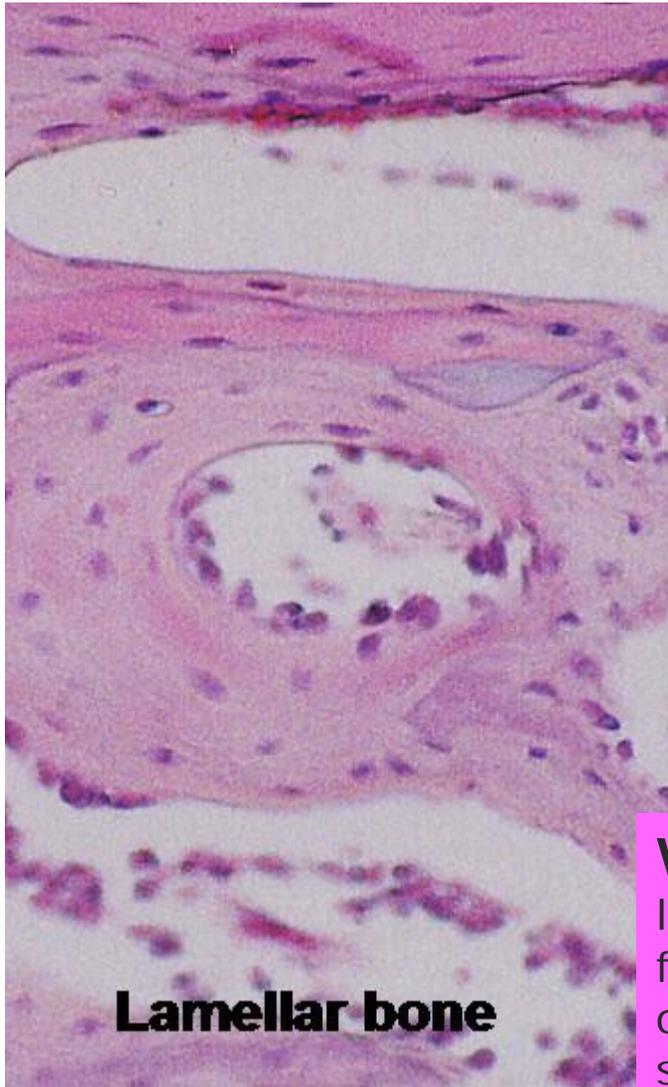
## Bone Remodeling in Response to Stress



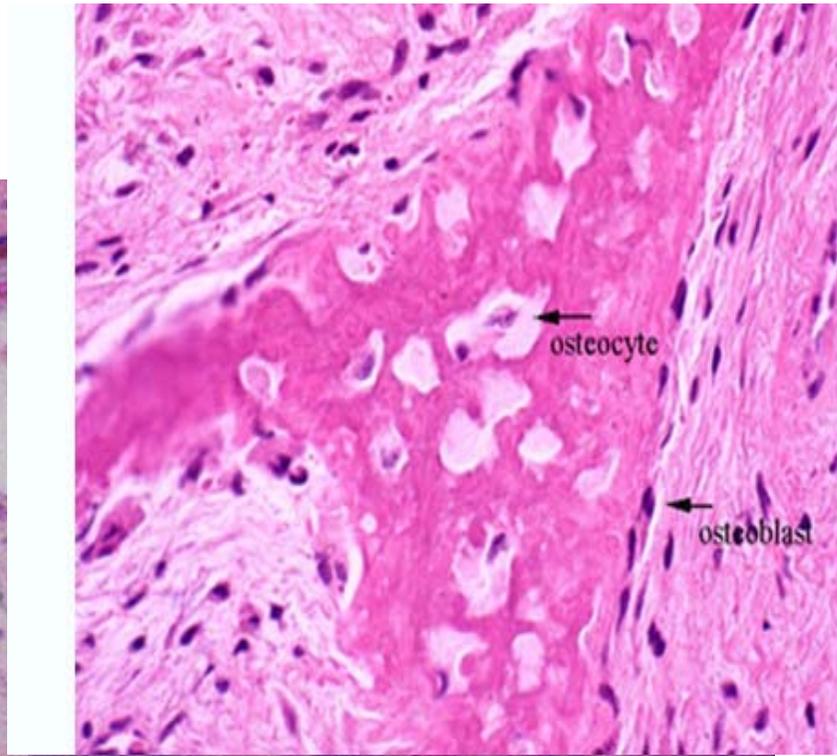


## 1-Tessuto osseo non lamellare (fibroso o a fibre intrecciate)

- ✦ Il tessuto osseo non lamellare (fibroso, o a fibre intrecciate), è un osso immaturo e si rinviene normalmente nell'embrione, nei neonati, in sede metafisaria e durante la guarigione delle fratture. Una volta deposto, il tessuto fibroso viene prontamente riassorbito e rimpiazzato con tessuto osseo di tipo lamellare.
- ✦ Al microscopio, il tessuto osseo fibroso si presenta come una serie di fibre intrecciate nelle tre dimensioni dello spazio in maniera pressoché casuale. Le maglie di questa "ragnatela tridimensionale" sono costituite da grosse fibre di collagene dallo spessore rilevante (5-10  $\mu\text{m}$  di diametro).
- ✦ L'osso non lamellare è, nell'insieme, più elastico e meno consistente di quello lamellare, a causa della minore quantità di minerali e della mancanza di un orientamento preferenziale delle fibre di collagene.



**Lamellar bone**



**Woven bone** is the primitive bone first laid down during fracture repair or new bone formation. It consists of a higher percentage of osteocytes than normal. The gross structure is highly disorganized and thus much weaker. It is eventually replaced by concentrically organized lamellar bone with much lower proportions of osteocytes.

