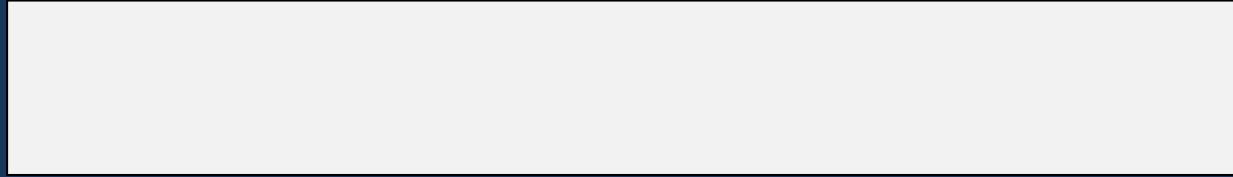




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE



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 molli dell'organismo

FUNZIONI TROFICHE

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

FUNZIONI EMOPOIETICHE

nelle cavità midollari risiede il midollo osseo emopoietico

Diagramma: Classificazione delle Ossa

Ossa Lunghe

Ossa Corte

Ossa Piatte

Ossa Irregolari

Ossa Sesamoidi

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**

Periostio a lamelle parallele esterne, ricco di fibre di collageno 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!)

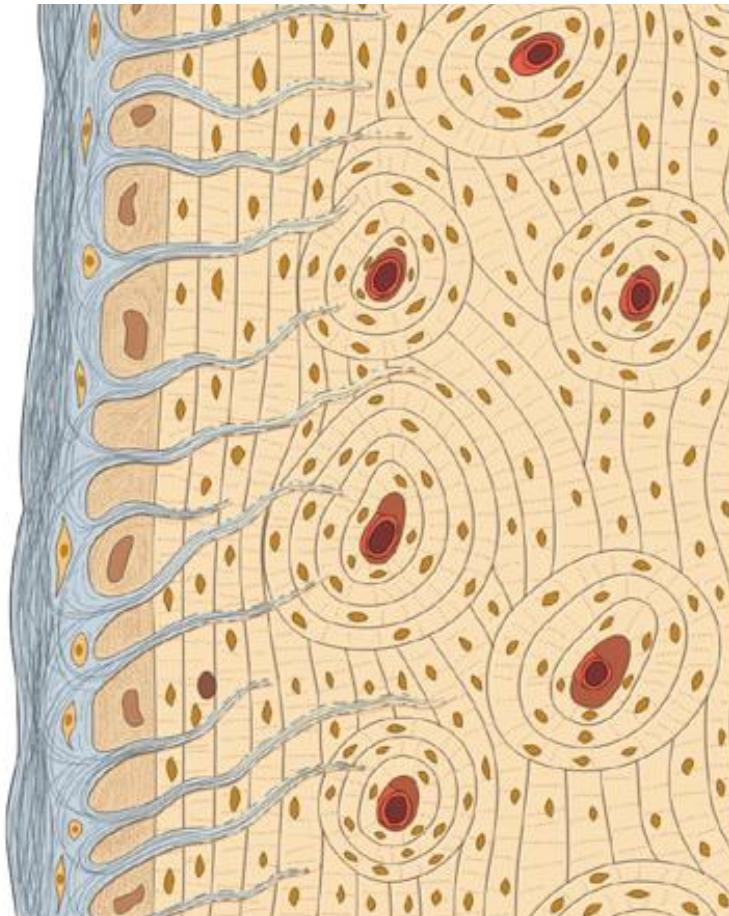
Endostio connettivo con **cellule osteoprogenitrici** che riveste le superfici delle **cavità midollari**



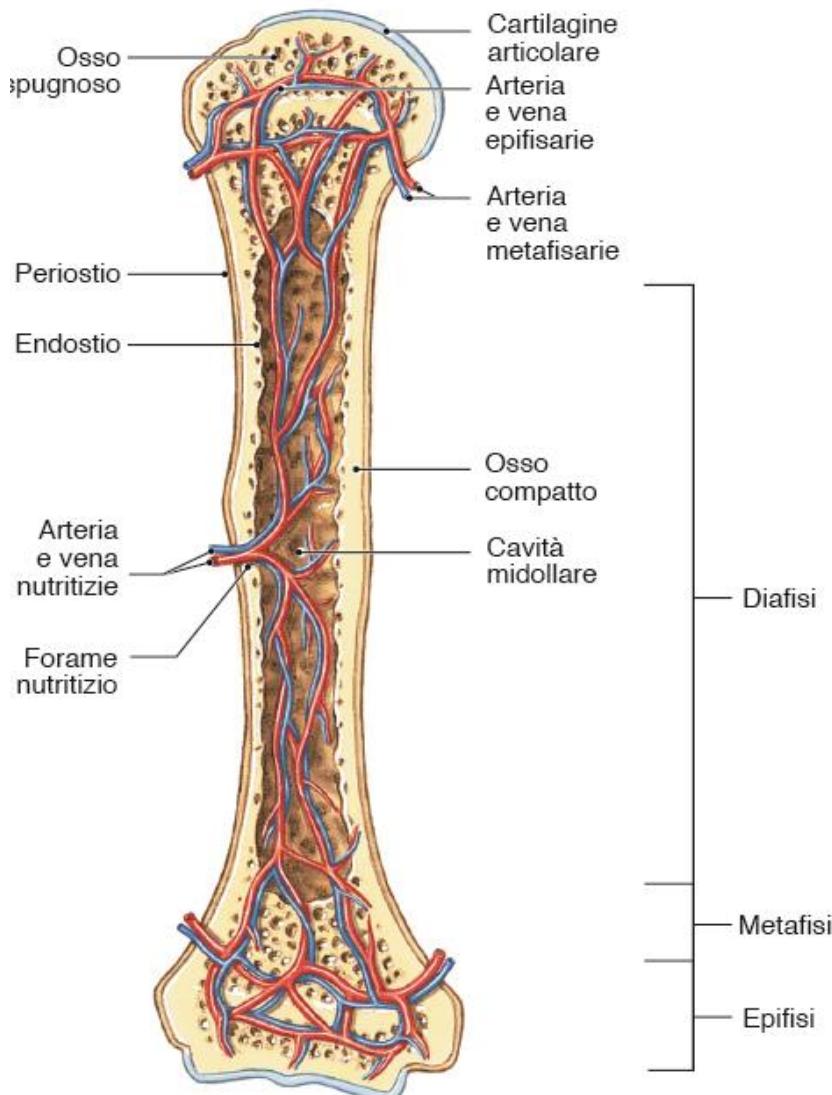
Figura 16.1 ▲ Osso lungo decalcificato. In seguito all'estrazione di sali minerali, l'osso perde la sua durezza e diventa flessibile senza, tuttavia, perdere la sua caratteristica forma.

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

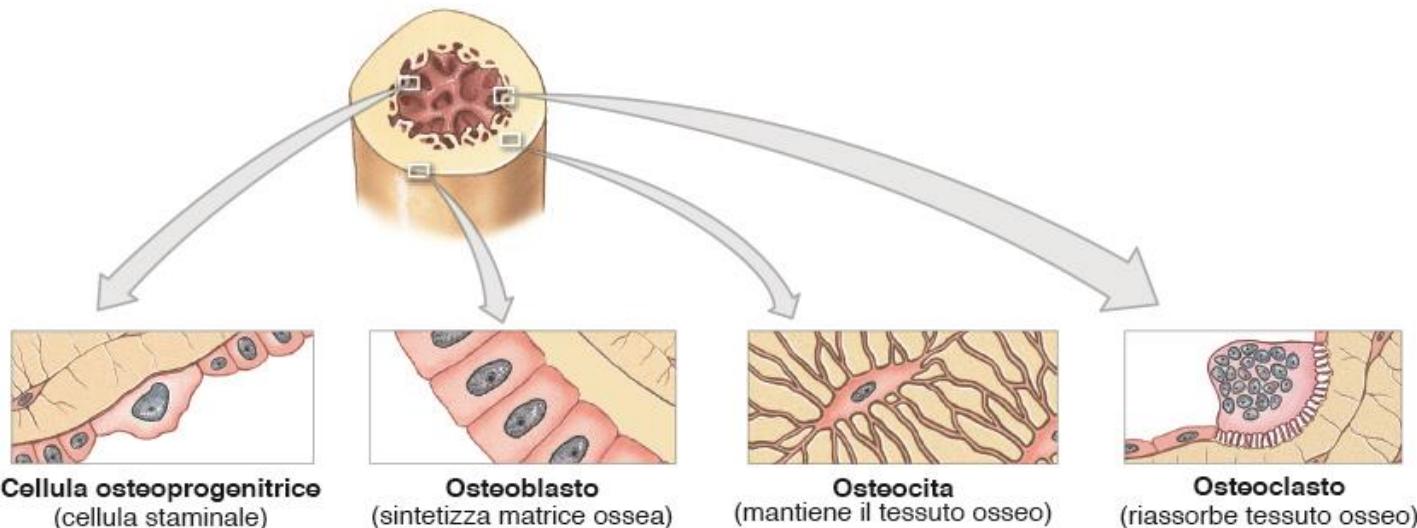


Figura 16.19 ▲ Rappresentazione schematica delle cellule del tessuto osseo. Le cellule osteoprogenitrici, gli osteoblasti e gli osteociti sono stadi differenziati diversi dello stesso tipo cellulare, che si originano dalla cellula staminale mesenchimale. Gli osteoclasti derivano da precursori emopoietici,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

Osservazione microscopica: disposizione spaziale delle cellule dell'osso

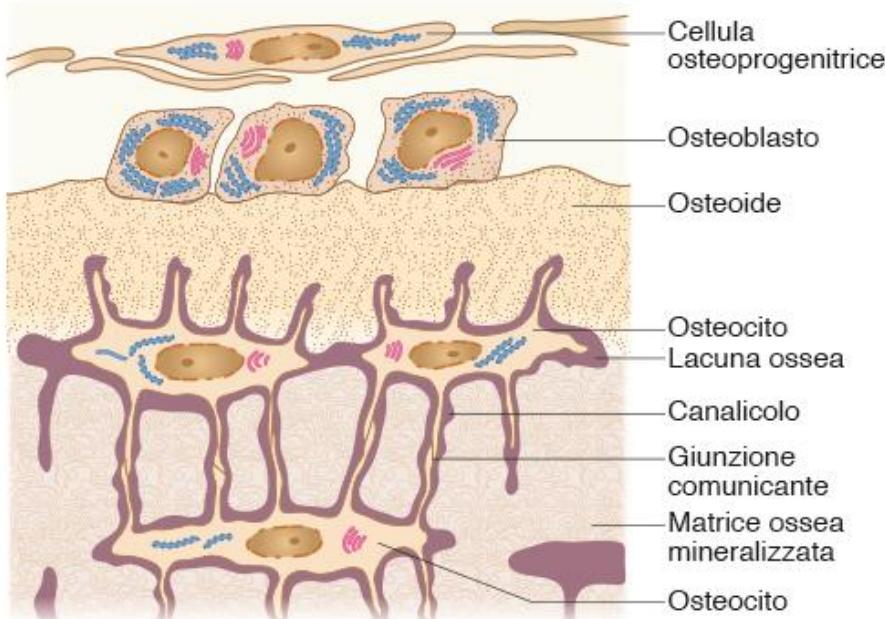


Figura 16.3 ▲ Rappresentazione schematica della disposizione di cellule osteoprogenitici, osteoblasti e osteociti nella matrice ossea. Le cellule osteoprogenitici costituiscono lo strato più interno del peristio e l'endostio, che riveste le cavità midollari e i canali vascolari. Esse possono differenziarsi in osteoblasti, che producono matrice ossea, inizialmente non mineralizzata (osteoide). L'osteoide 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.

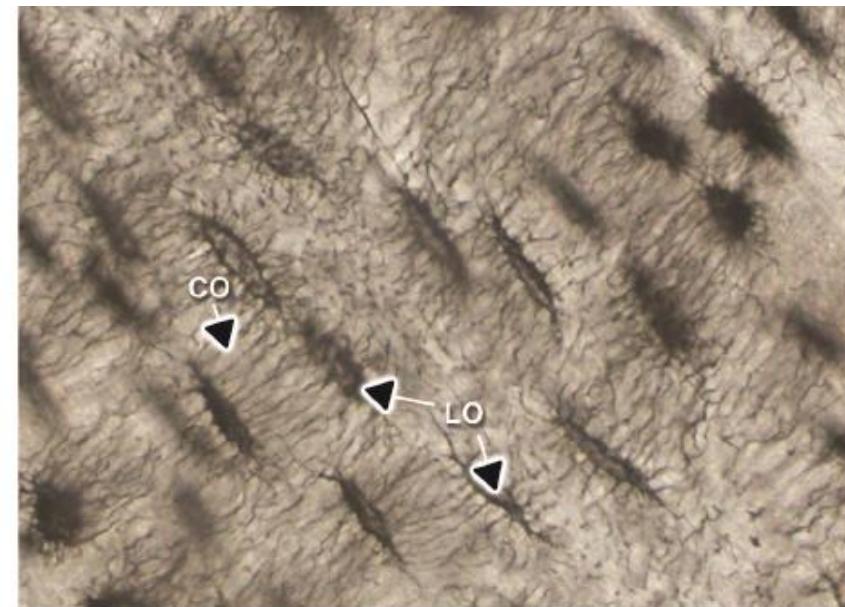


Figura 16.4 ▲ Sezione longitudinale di tessuto osseo compatto ottenuta per usura (nessuna colorazione). È evidente la comunicazione tra le diverse lacune ossee (LO) realizzata dalla fitta rete di canalicoli ossei (CO), attraverso cui fluiscono i nutrienti derivati dal circolo sanguigno. Gli osteociti 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

Canalcoli ossei

Giunzioni comunicanti (Gap junctions)

Agiscono da meccano-sensori

Segnalano mediante:

cAMP, osteocalcina, IGF-1

Osteolisi osteocitaria (MMP)

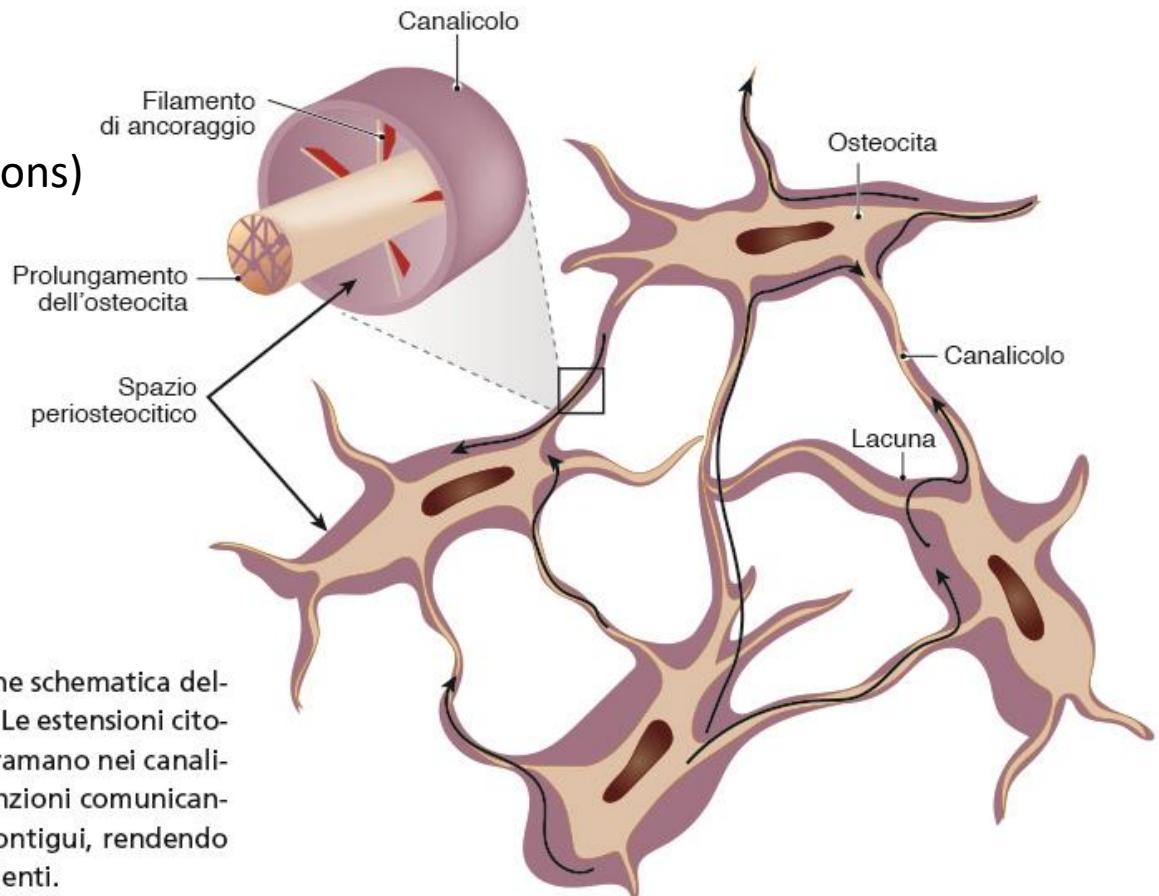


Figura 16.23 ▶ Rappresentazione schematica della comunicazione tra gli osteociti. Le estensioni citoplasmatiche di queste cellule si diramano nei canalcoli ossei e si connettono con giunzioni comunicanti ai prolungamenti di osteociti contigui, rendendo possibile il trasferimento dei nutrienti.

Osservazione microscopica

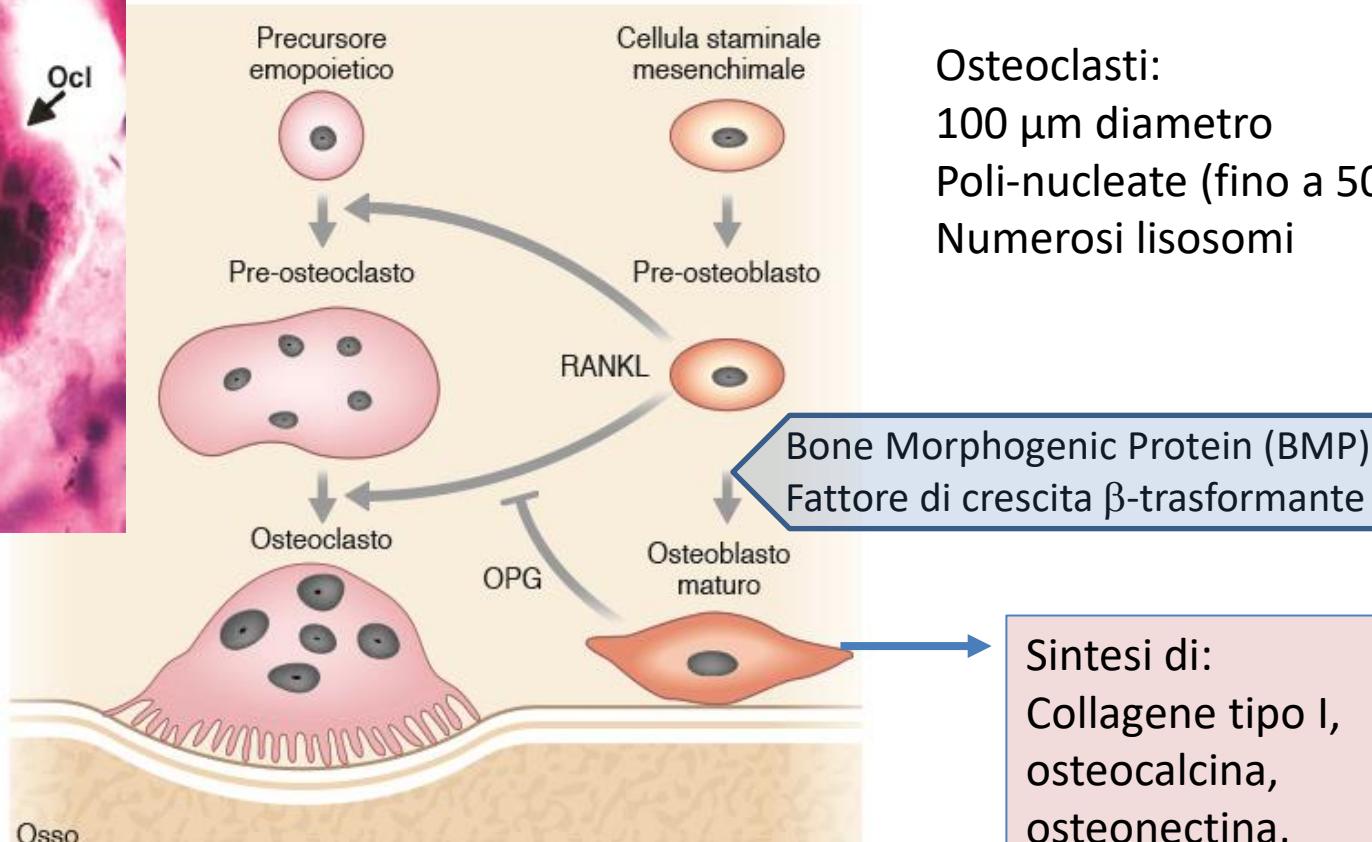
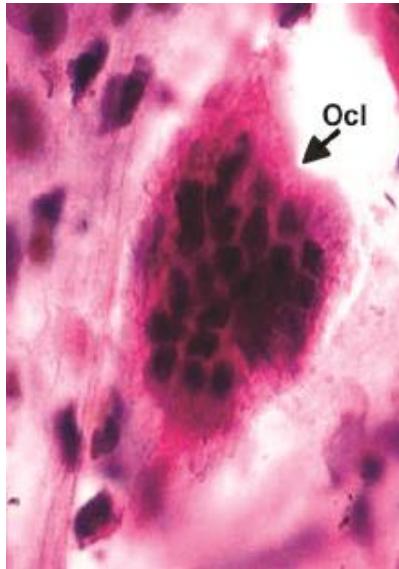
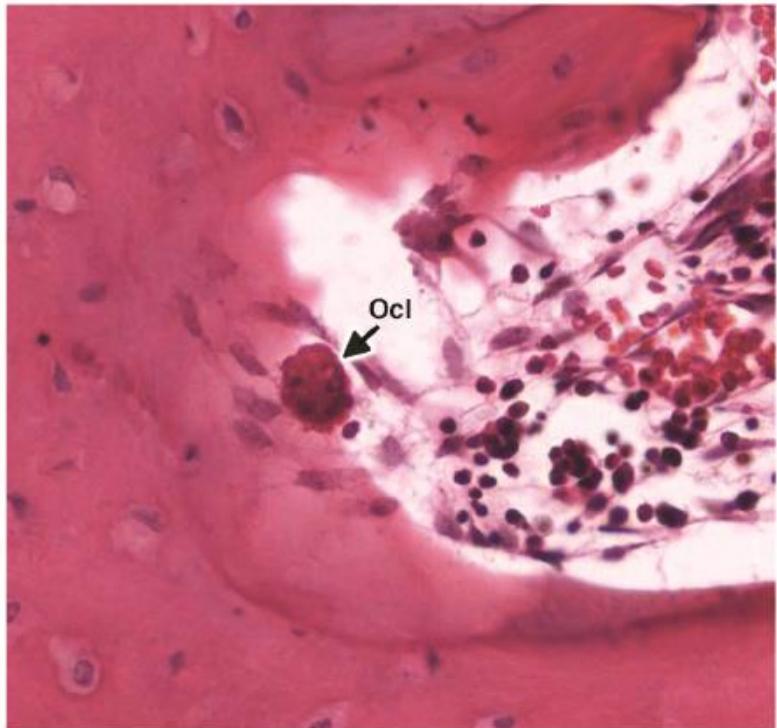


Figura 16.21 ▲ Rappresentazione schematica della regolazione dell'attività degli osteoclasti. Gli osteoclasti sono controllati da segnali secreti dagli osteoblasti, come RANKL (*Ligand of Receptor Activator of Nuclear Factor κ B*), che attiva gli osteoclasti portando alla degradazione della matrice ossea,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

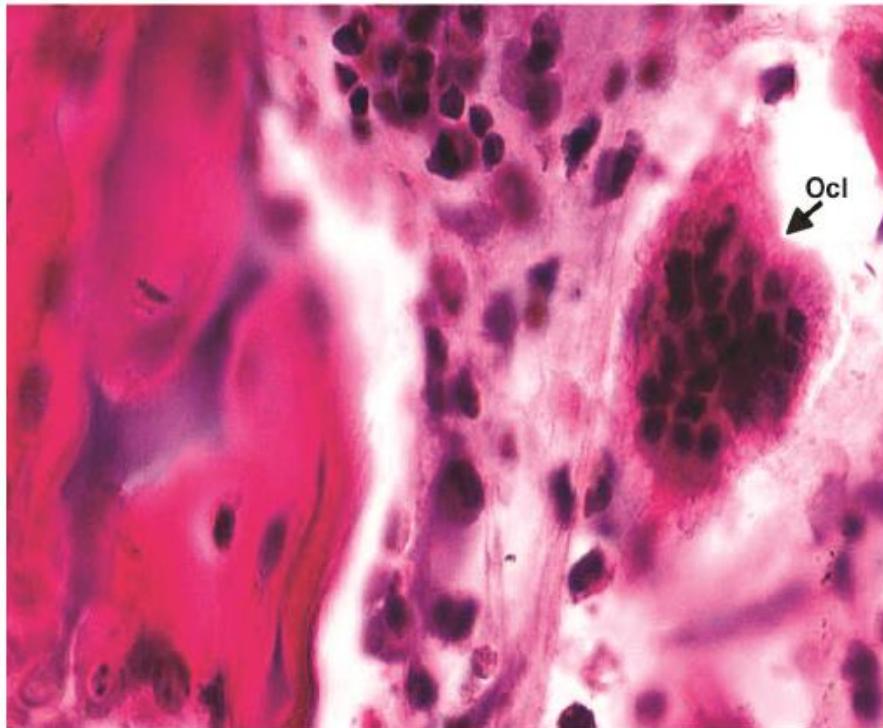
Osteoclasti:
100 μ m diametro
Poli-nucleate (fino a 50 nuclei)
Numerosi lisosomi

Bone Morphogenic Protein (BMP)
Fattore di crescita β -trasformante

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



A

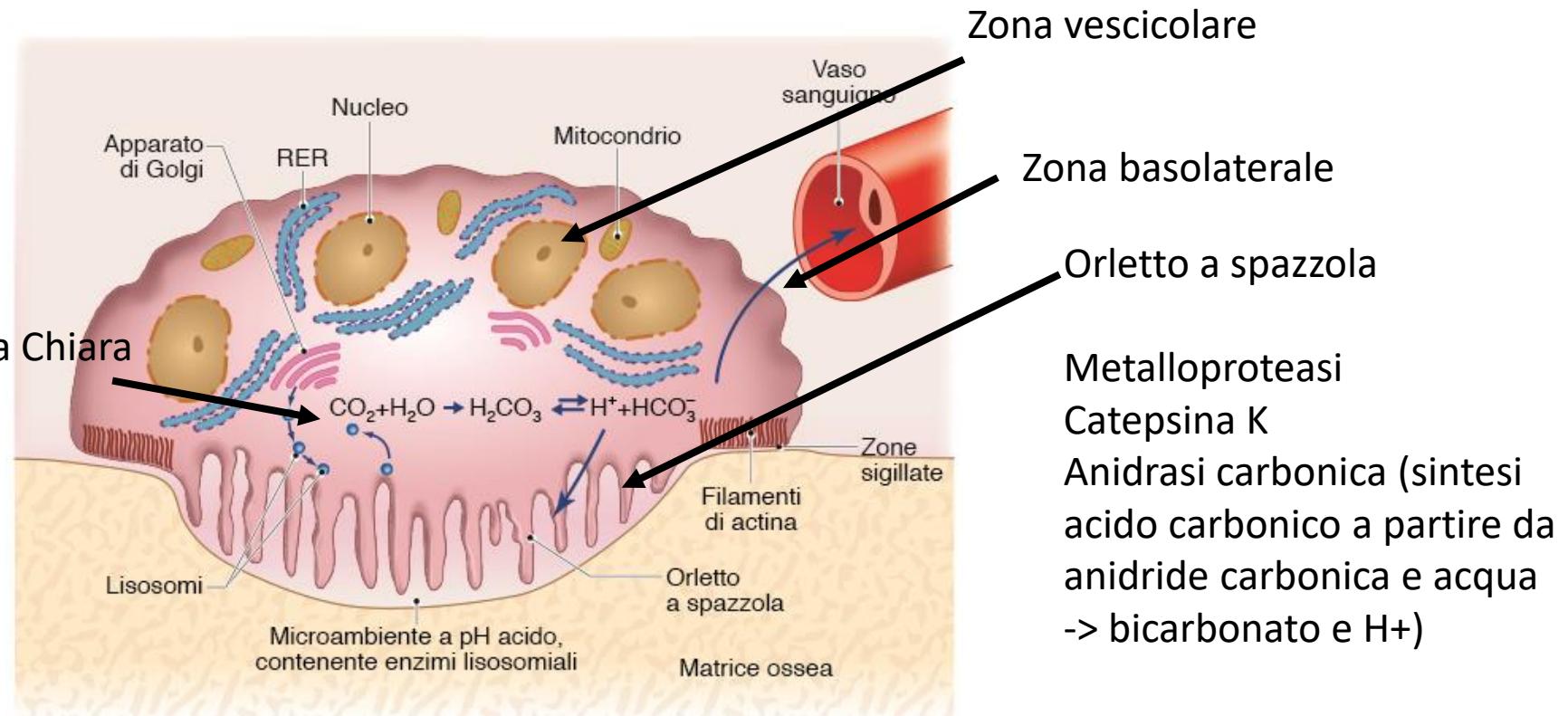


B

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. È 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

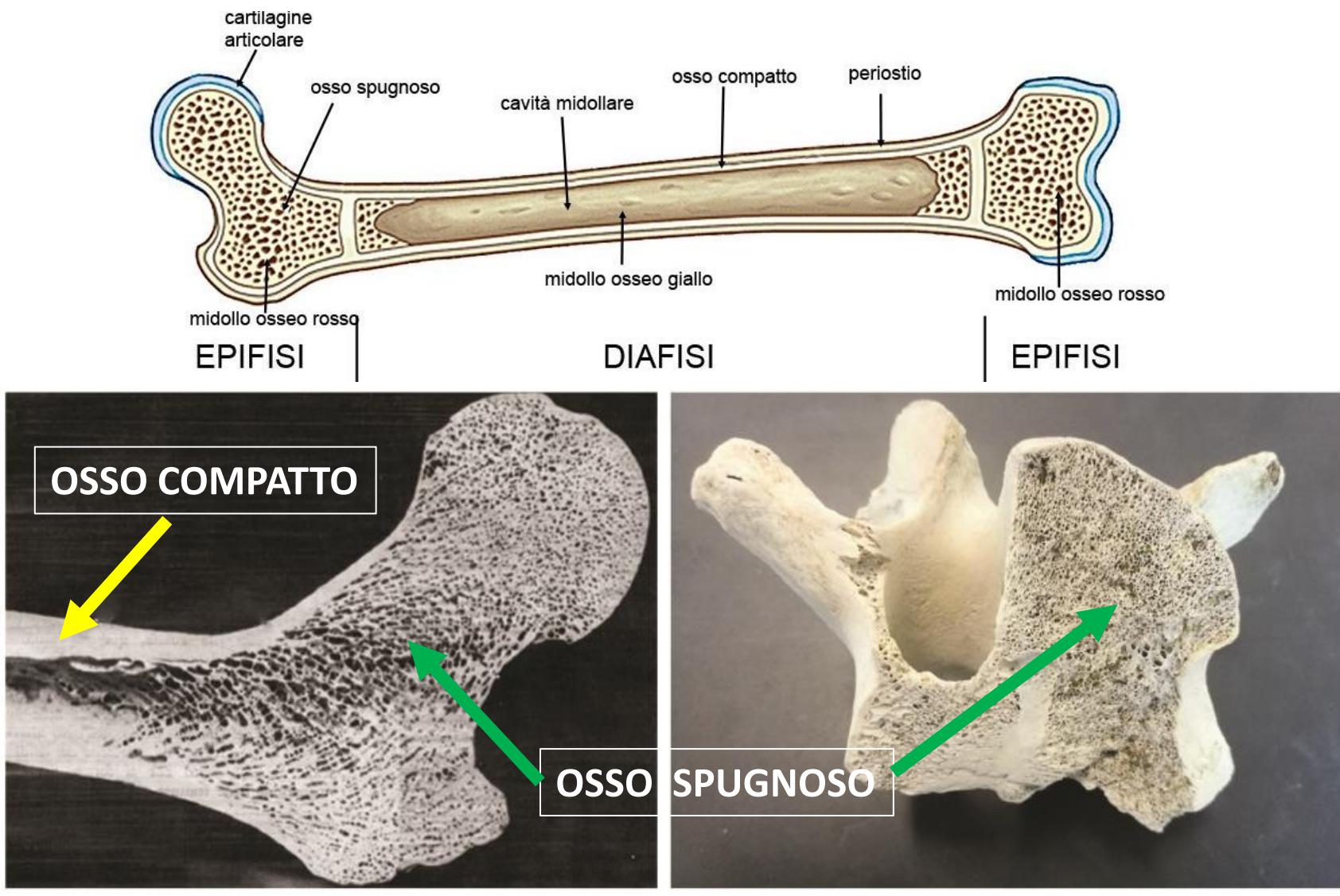
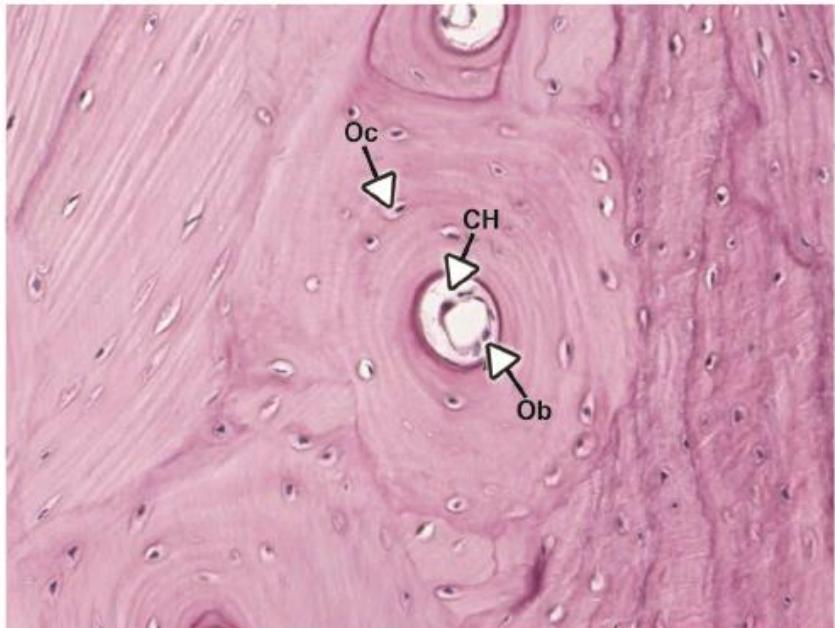
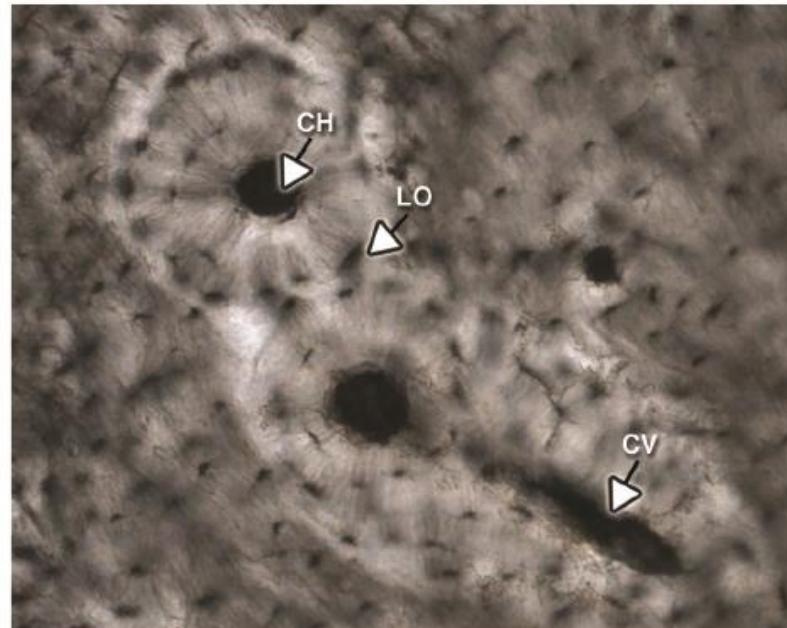


Figura 16.8 ▲ Segmenti scheletrici. (A) Sezione frontale dell'epifisi prossimale e della parte iniziale della diafisi di un osso lungo (femore). Nell'epifisi è possibile osservare l'architettura delle trabecole tipiche dell'osso spugnoso, disposte secondo le linee di forza. Esse delimitano piccole cavità 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

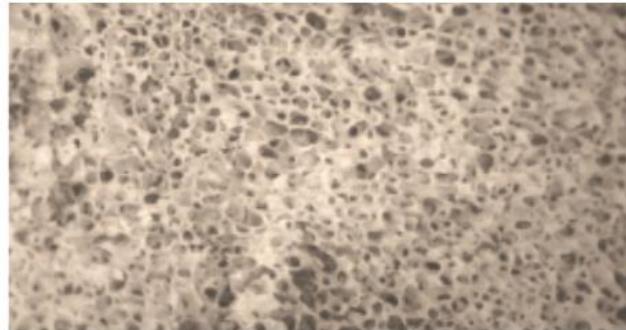
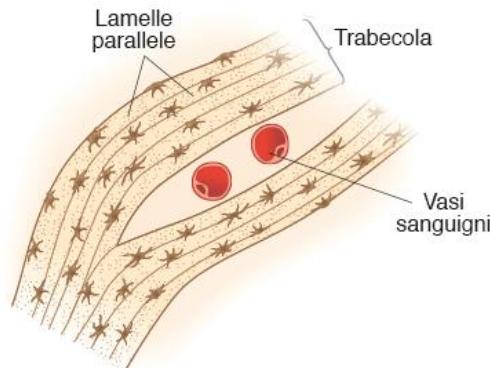


B

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 osseee (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 µm, cementate da sostanza amorfa

A Tessuto osseo lamellare spugnoso



B Tessuto osseo lamellare compatto

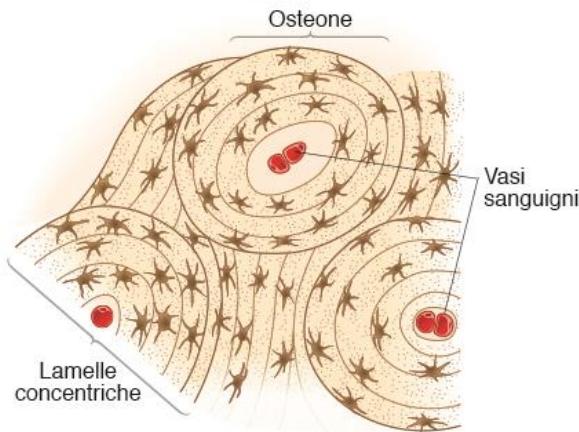
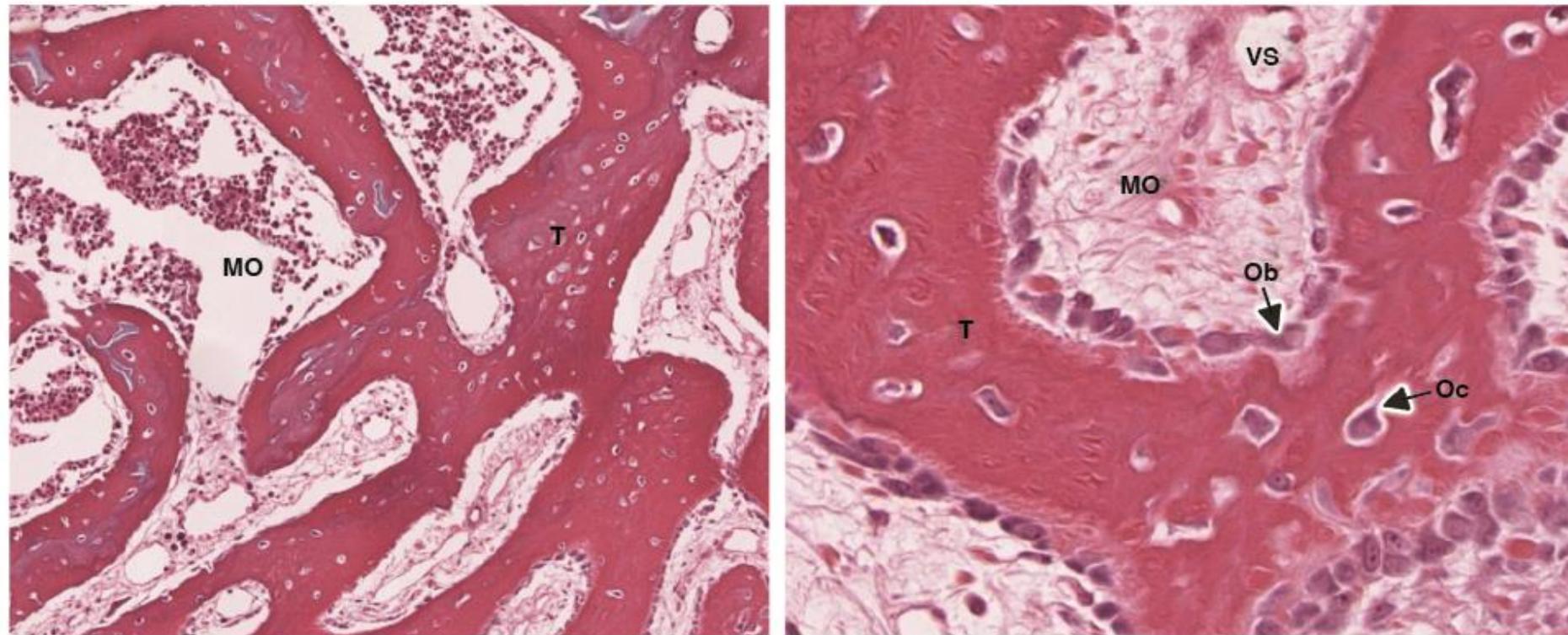


Figura 16.7 ▲ Visione macroscopica del tessuto osseo lamellare spugnoso e compatto e rappresentazione schematica della loro organizzazione microscopica. (A) Nel tessuto osseo spugnoso, l'aspetto spongiforme è dovuto alla disposizione architettonica di trabecole ossee, ciascuna costituita da lamelle parallele 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)

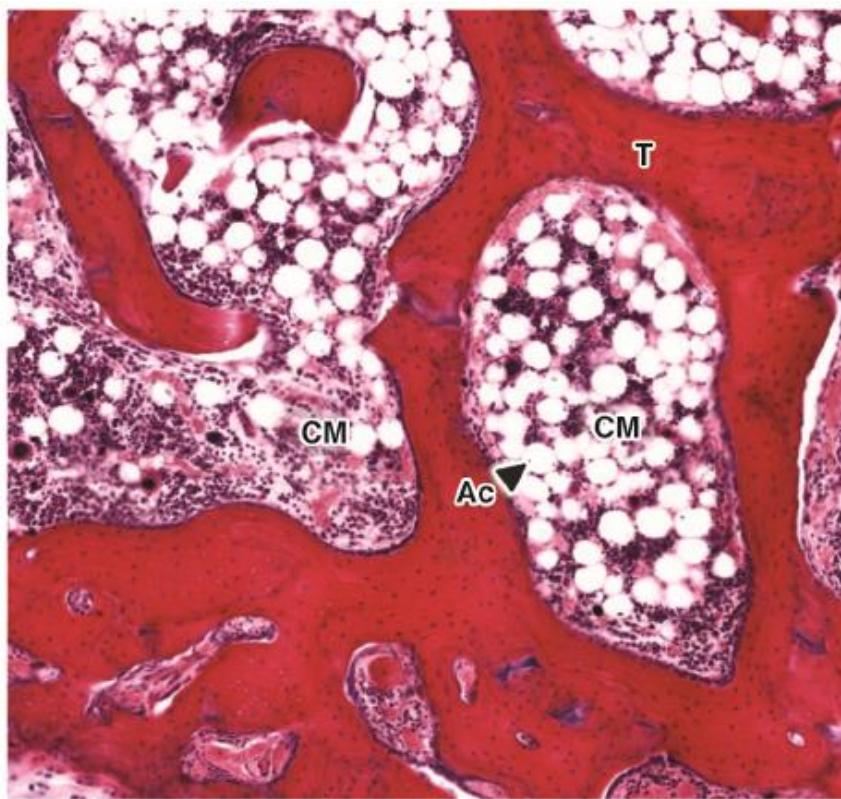
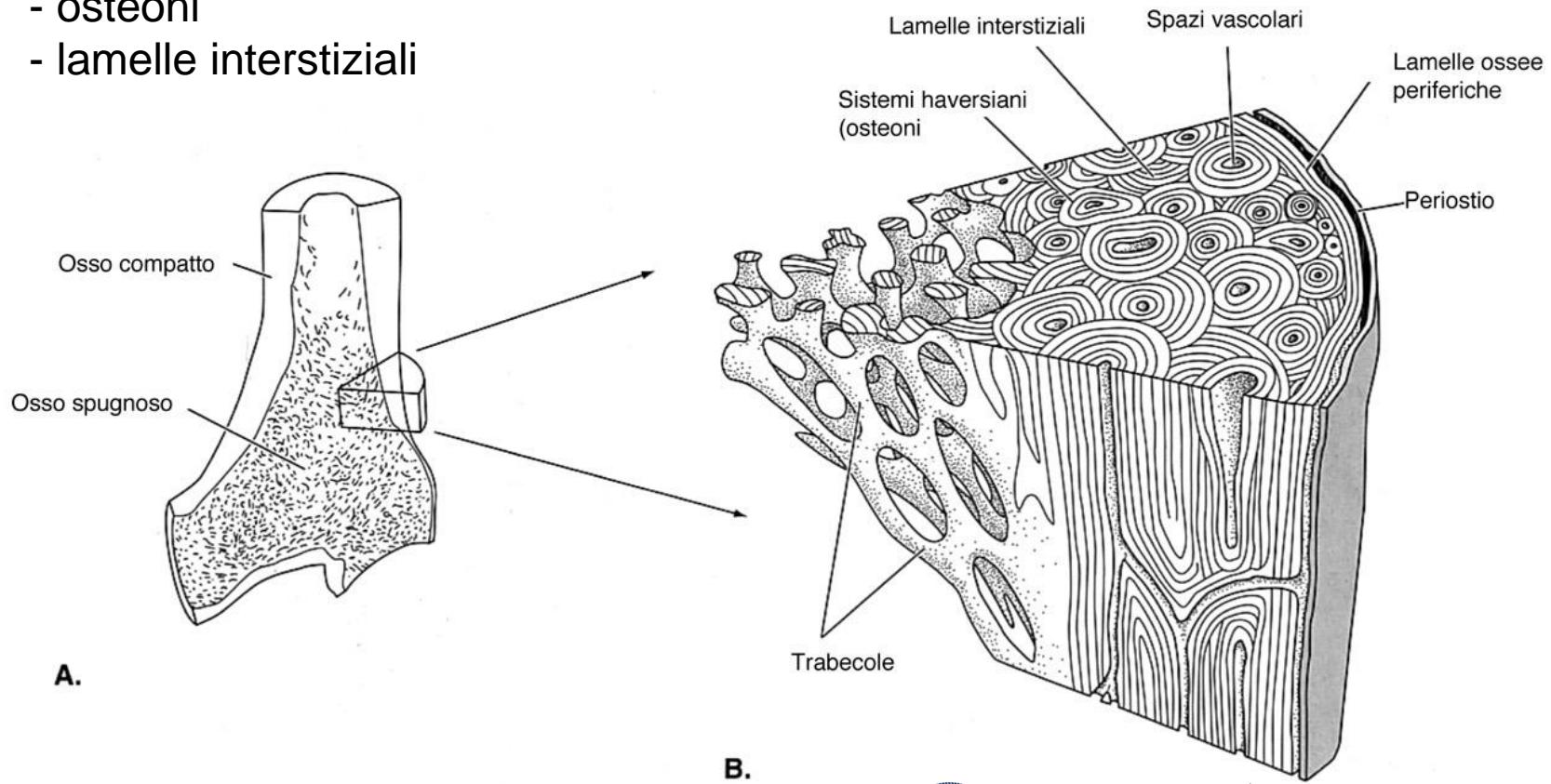


Figura 16.10 ▲ Sezione di tessuto osseo spugnoso decalcificato. Nelle cavità midollari (CM) delimitate dalle trabeole ossee (T) è presente sia midollo osseo rosso sia midollo osseo giallo. Ac: adipocita uniloculare. Colorazione Picrosirius-ematossilina.

Struttura dell'osso maturo

Sistemi lamellari dell'osso compatto

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



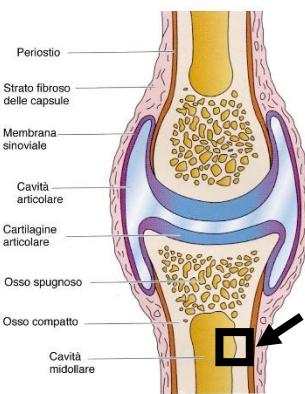
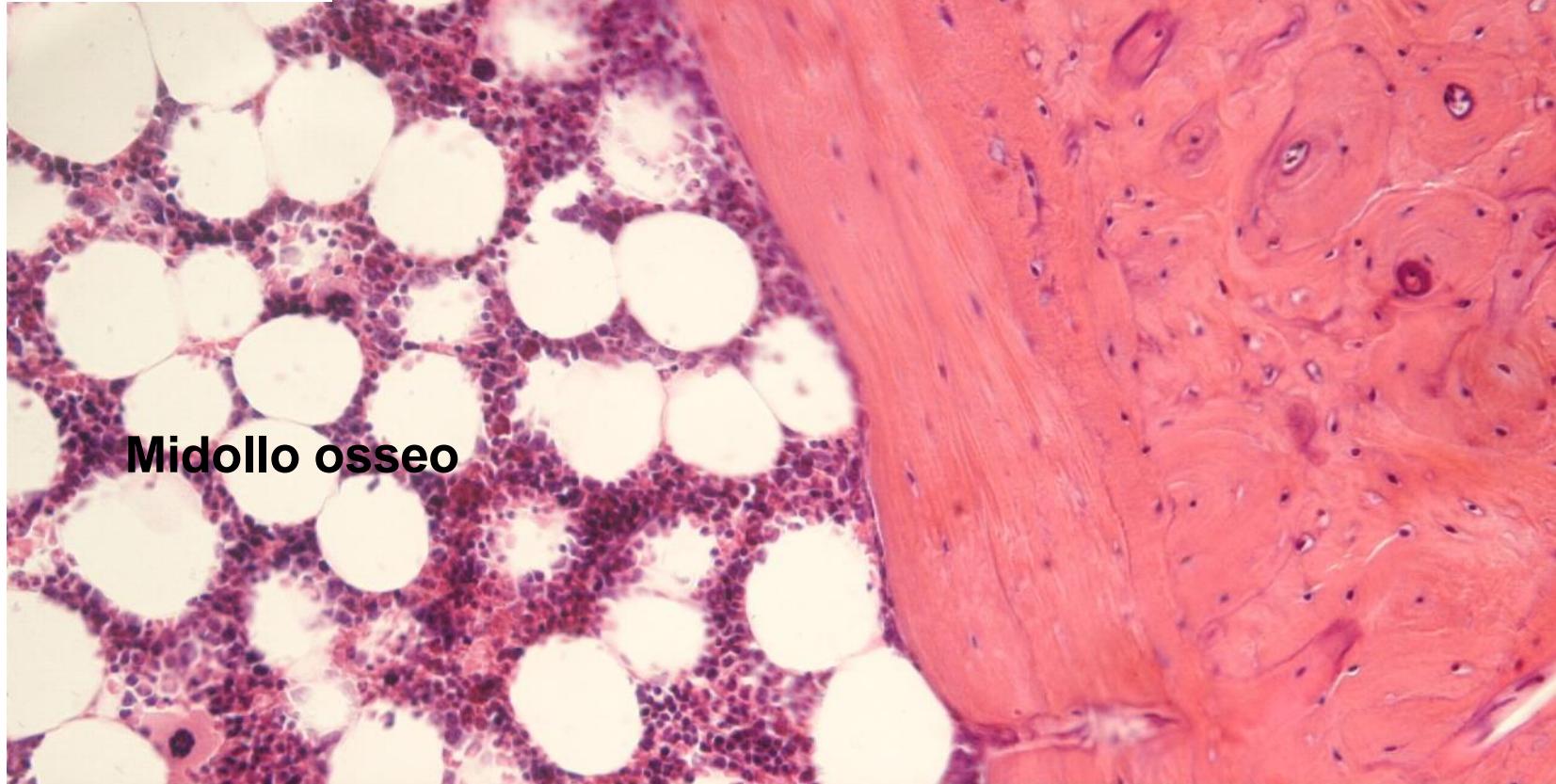
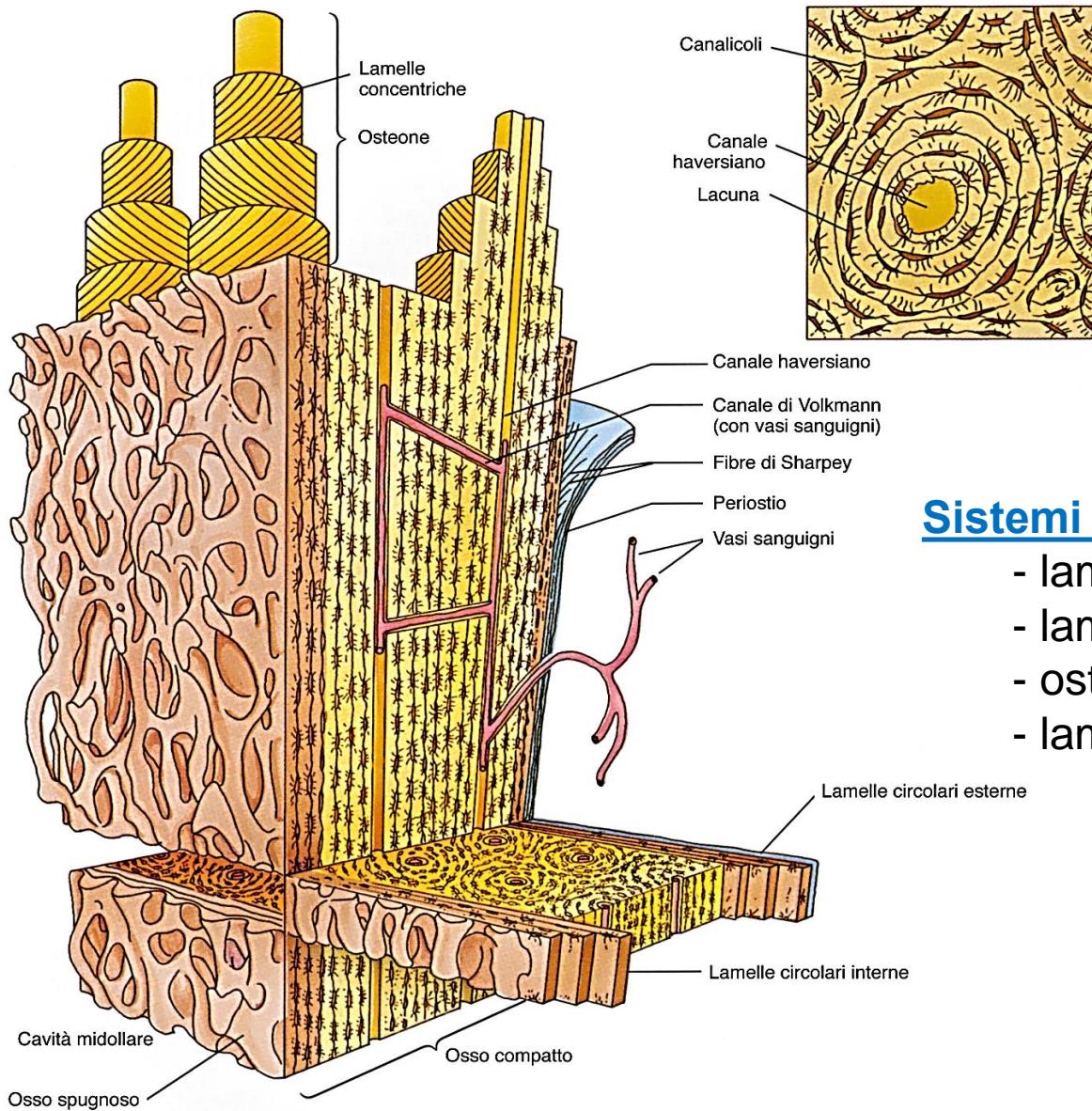


Figura 7-20

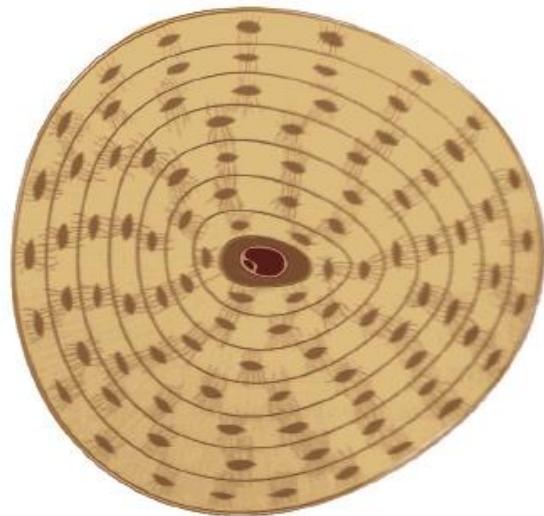


Struttura dell'osso maturo

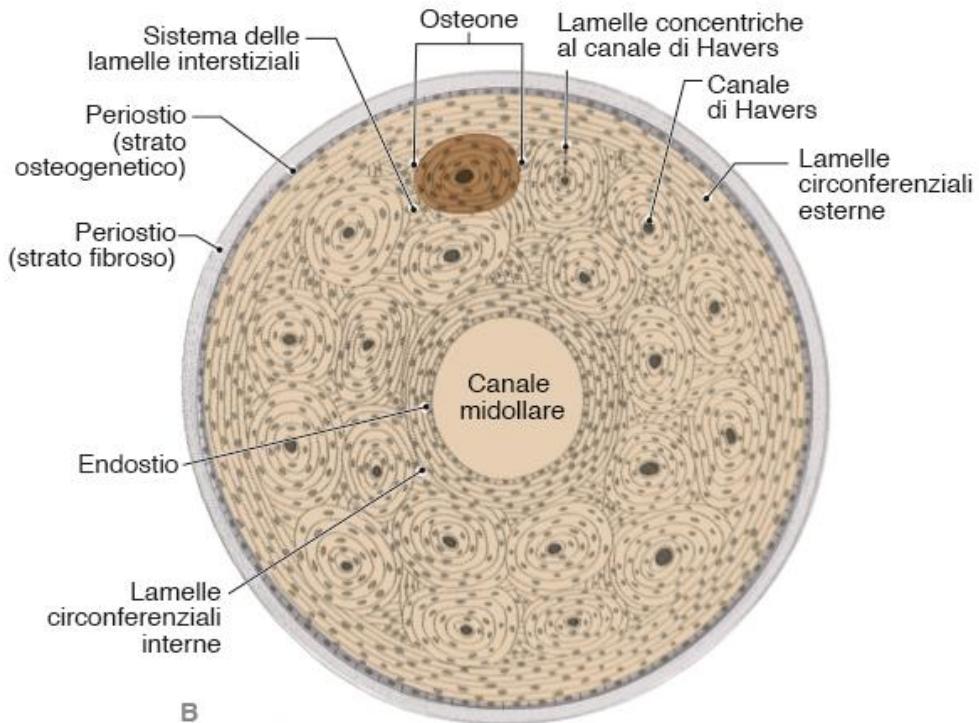


Sistemi lamellari dell'osso compatto

- lamelle circonferenziali est.
- lamelle circonferenziali int.
- osteoni
- lamelle interstiziali



A



B

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 circonferenziali esterne ed interne.

Struttura dell'osso maturo

Osteoni = sistemi di Havers da 4 a 20 lamelle

Canale centrale: 1 vena, 1 arteriola, 1 vaso linfatico, fibre nervose
Linea cementale (connettivo calcif. che delimita il perimetro)

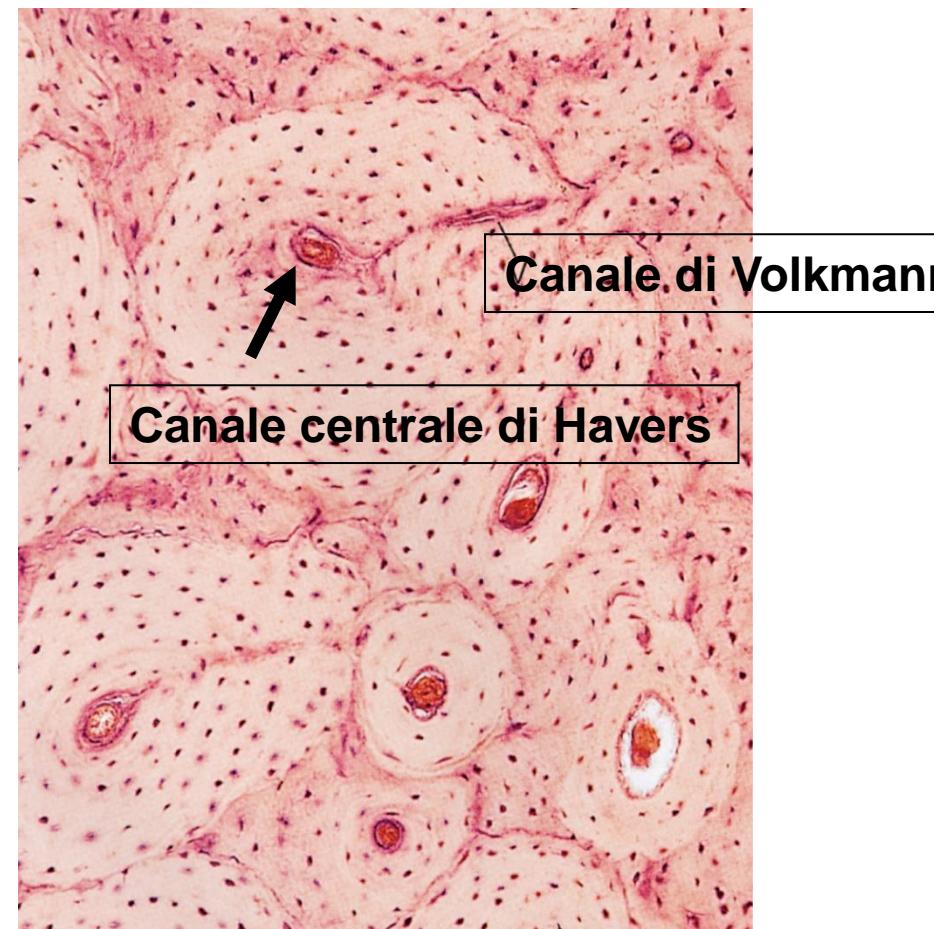
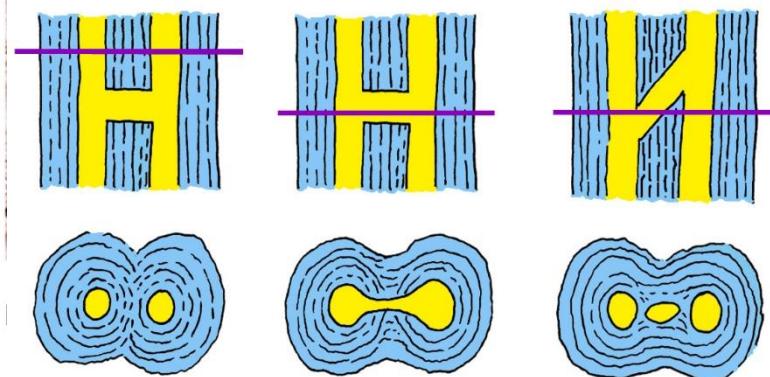
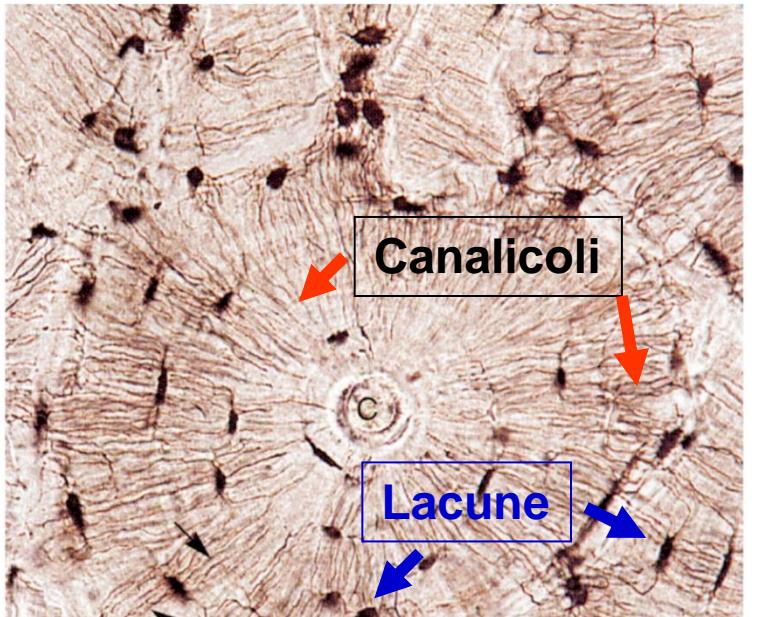


Figura 7-12

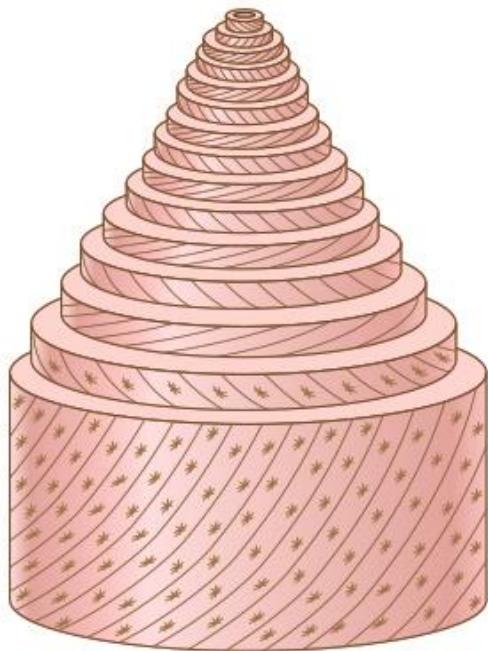


Figura 16.15 ▲ Rappresentazione schematica della disposizione delle fibre collagene nelle lamelle concentriche di un osteone. In ogni lamella le fibre collagene decorrono parallelamente tra loro e hanno un andamento elicoidale ma in lamelle contigue hanno direzioni opposte. Nell'insieme questa organizzazione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



Isabella Dalle Donne
Citologia e Istologia
EdiSES

Osso compatto lamellare

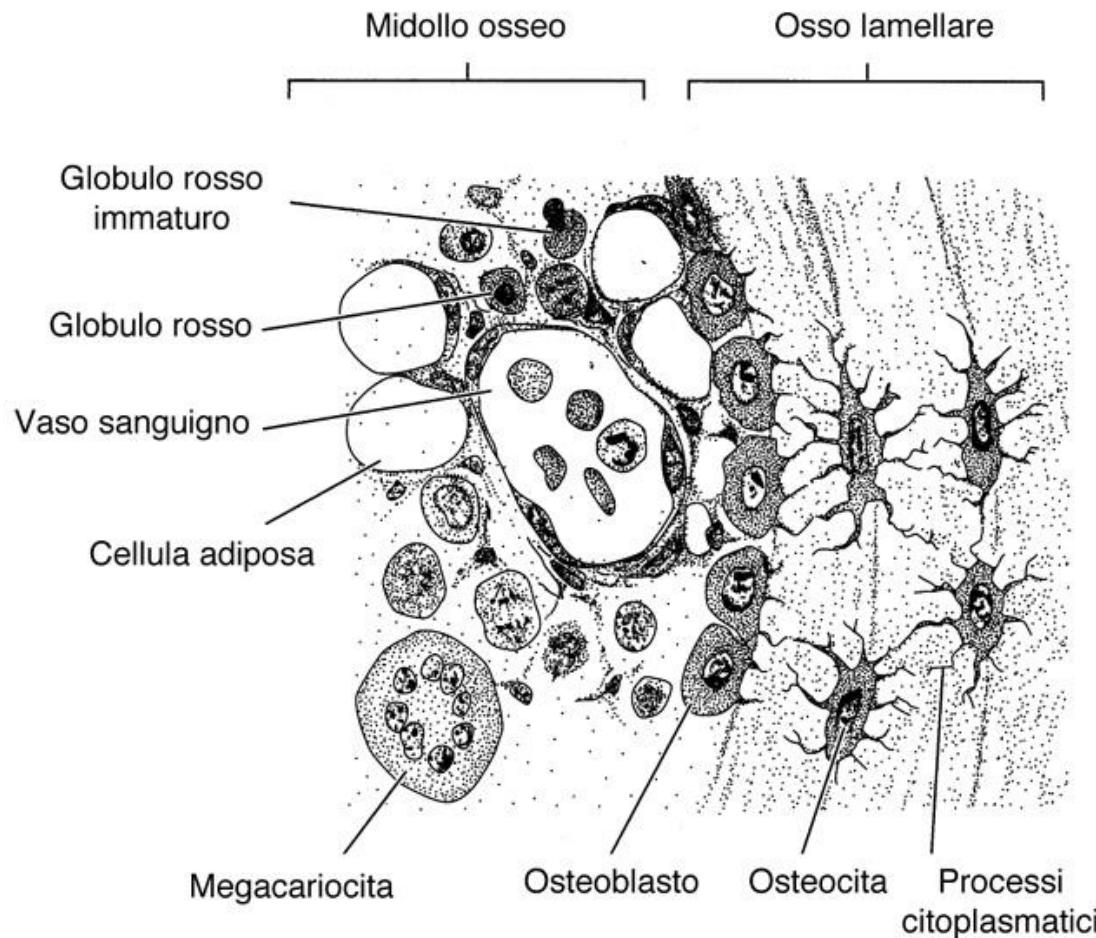
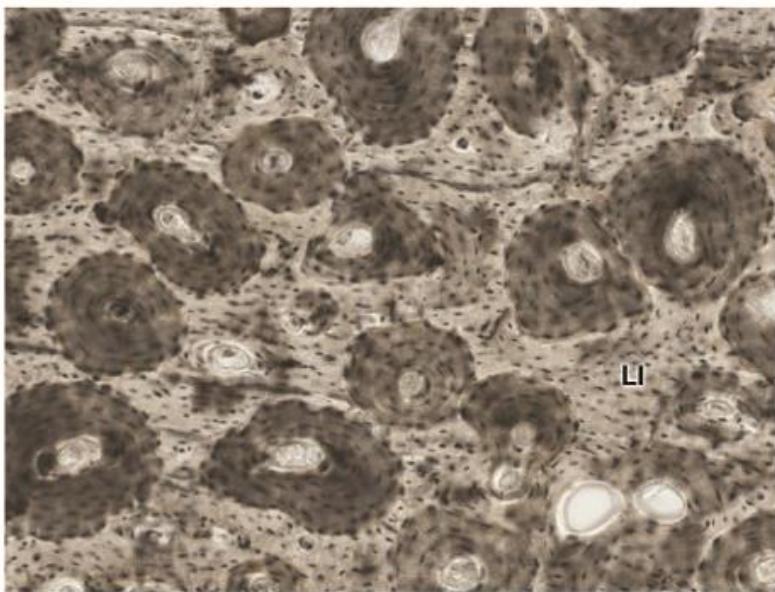
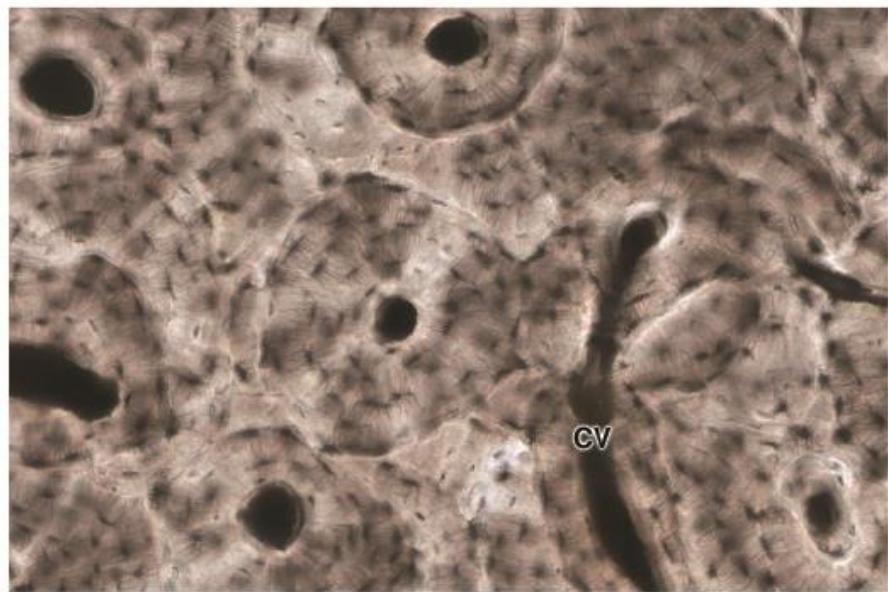


FIGURA 5.9



A

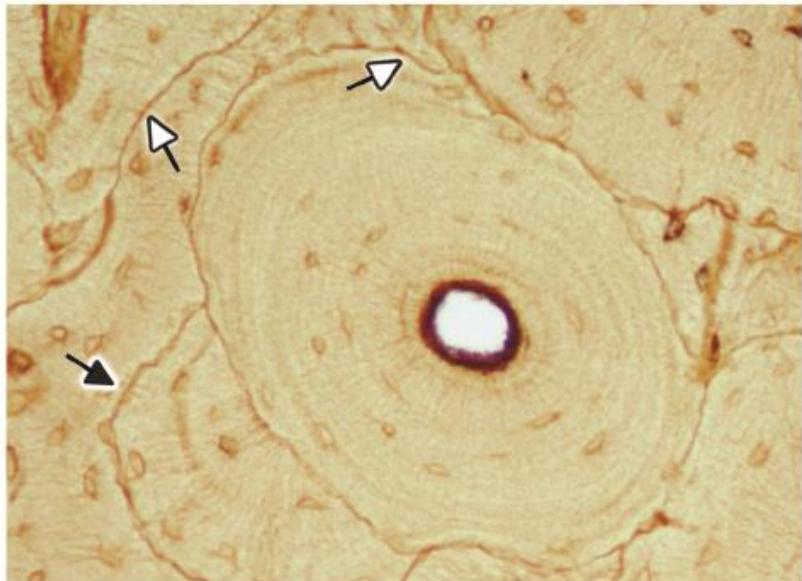


B

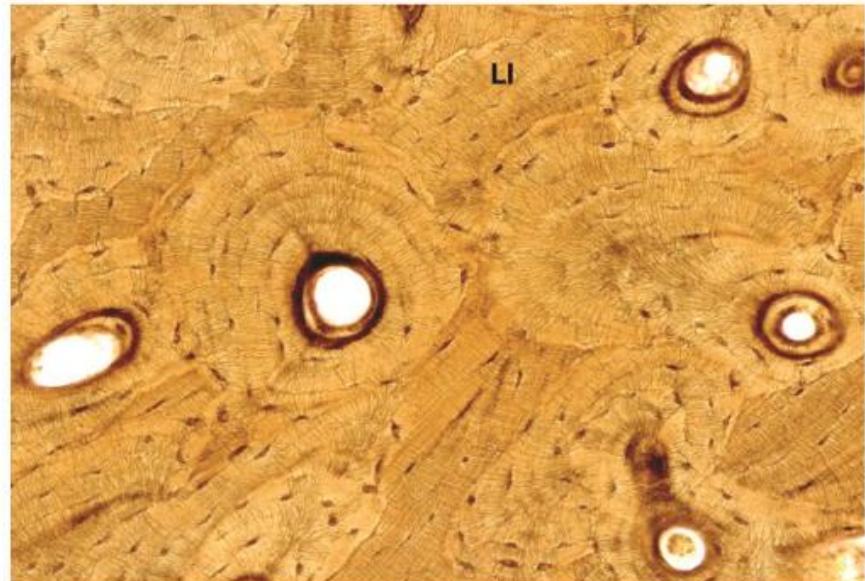
Figura 16.13 ▲ (A-B) Sezione trasversale di tessuto osseo compatto ottenuta per usura (nessuna colorazione) a due diversi ingrandimenti. L'osservazione microscopica a piccolo ingrandimento evidenzia come l'osso compatto della regione diafisaria di un osso lungo sia in prevalenza costituito da osteoni, 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

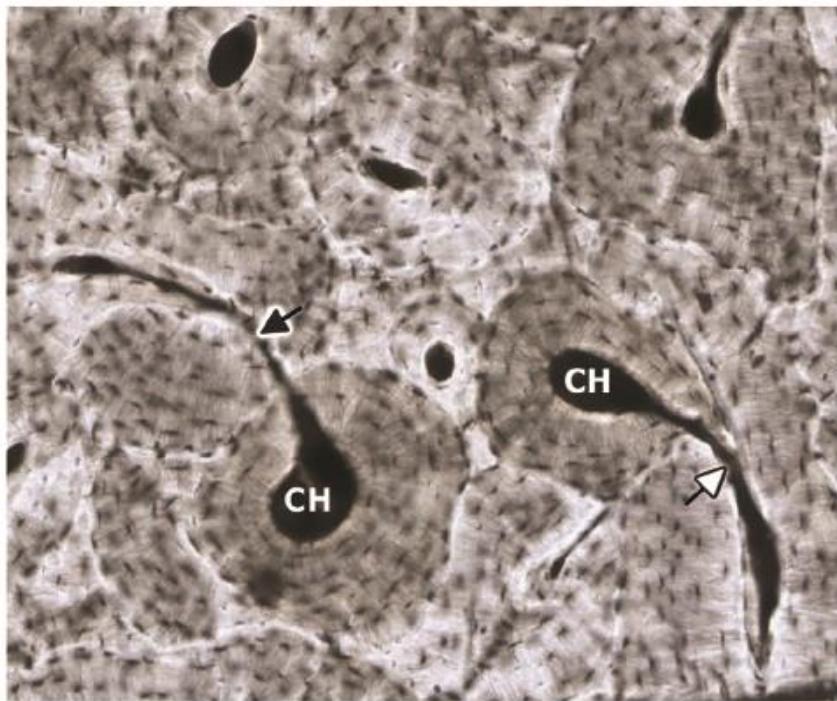


B

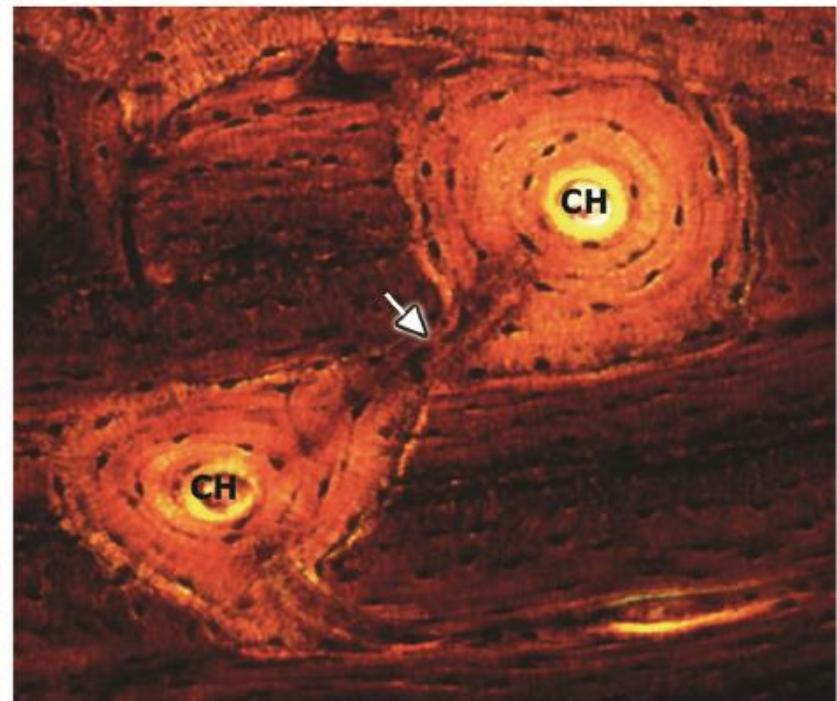
Figura 16.14 ▲ (A-B) Sezione trasversale di tessuto osseo compatto ottenuta per usura osservato a due diversi ingrandimenti. Sono evidenti le linee cementanti che delimitano gli osteoni (freccia bianca). Il residuo di un osteone rimaneggiato è ancora parzialmente delimitato dalla sua linea cementante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

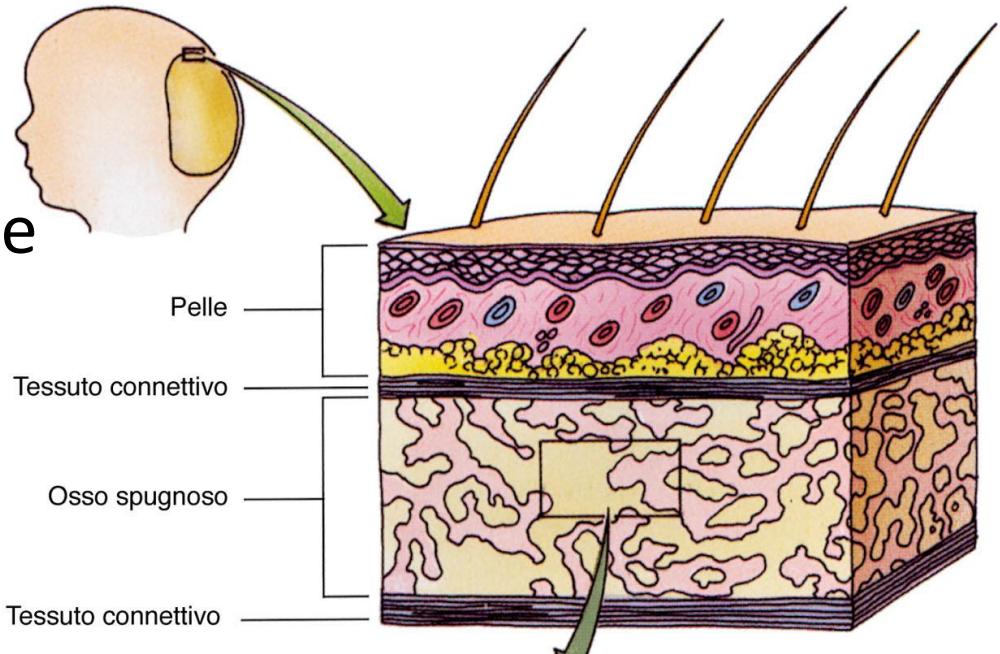


Ossificazione = processo di formazione del tessuto osseo

- 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)

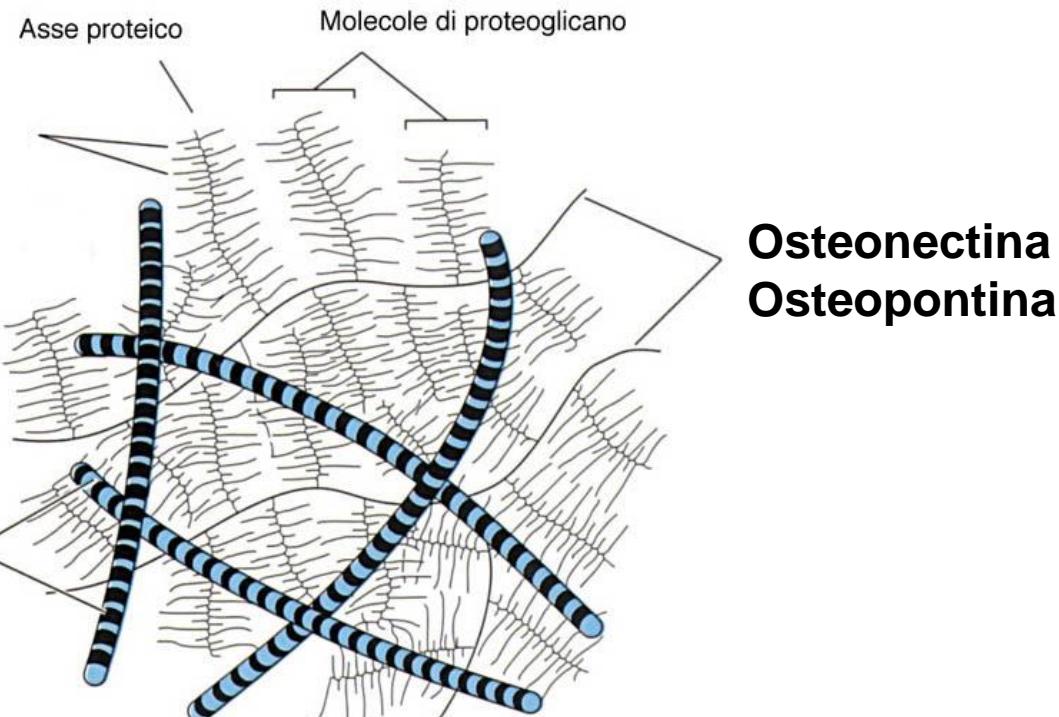


- Avviene all'interno o sotto lo strato dermico della pelle (osso dermico)

Ossificazione membranosa

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

Condroitin-solfato
Cheratan-solfato



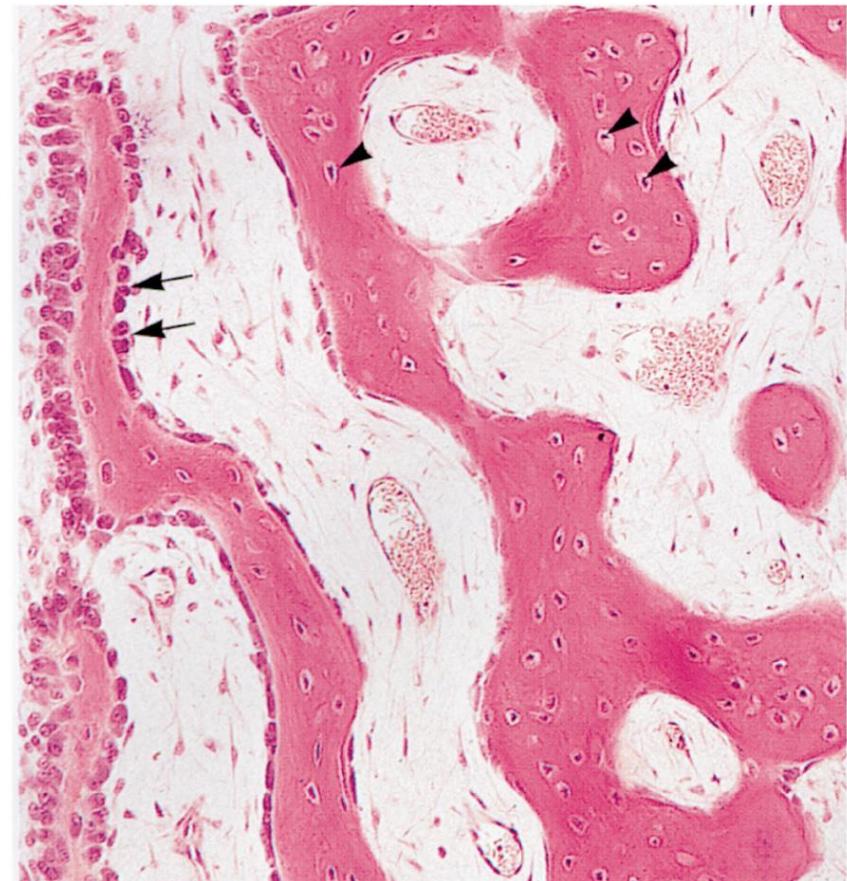
Ossificazione membranosa

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

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

Frecce = osteoblasti secernenti l'osteoide

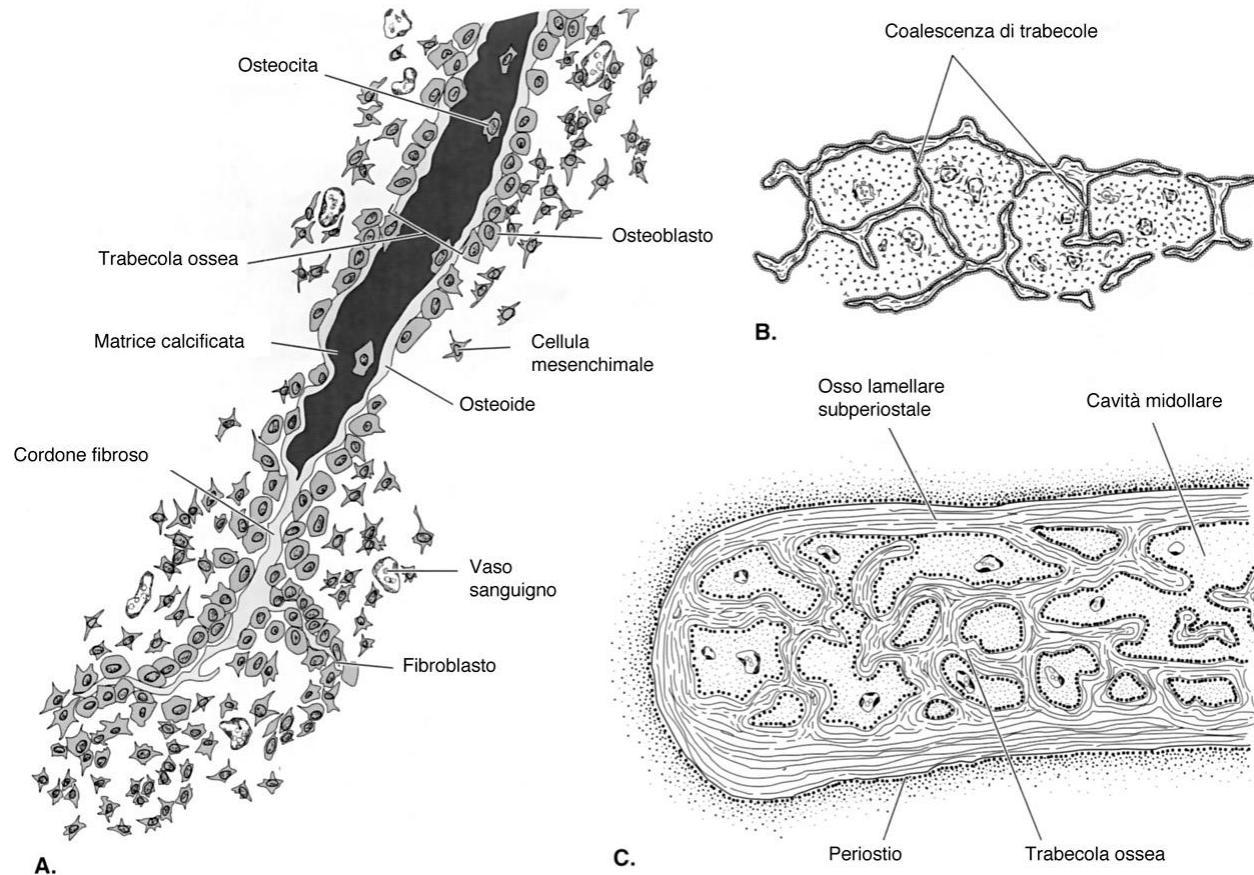
Punte = osteociti intrappolati



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

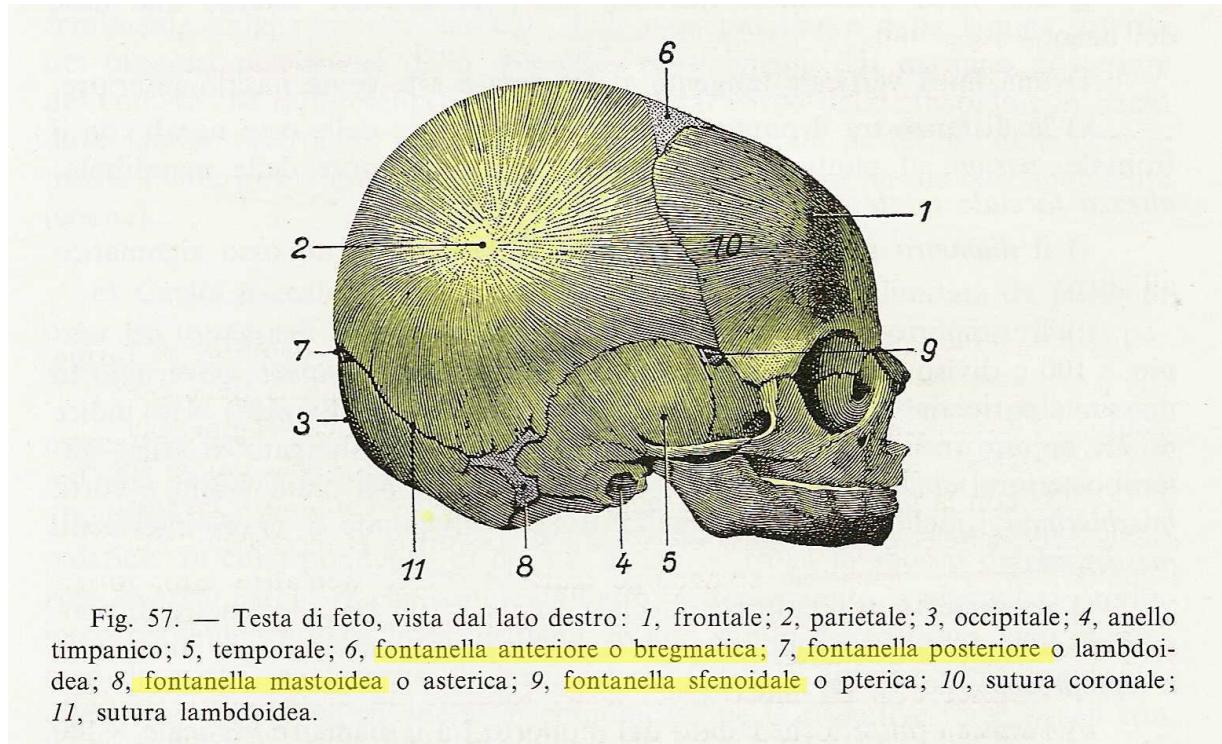
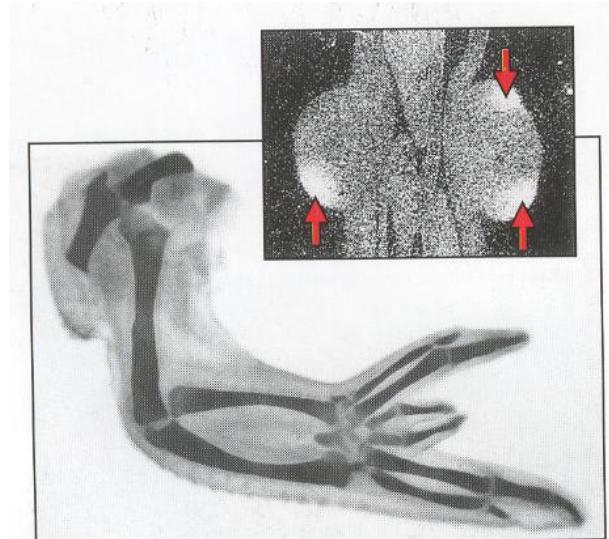


Fig. 57. — Testa di feto, vista dal lato destro: 1, frontale; 2, parietale; 3, occipitale; 4, anello timpanico; 5, temporale; 6, **fontanella anteriore o bregmatica**; 7, **fontanella posteriore o lambdoidea**; 8, **fontanella mastoidea** o asterica; 9, **fontanella sfenoidale** o pterica; 10, sutura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

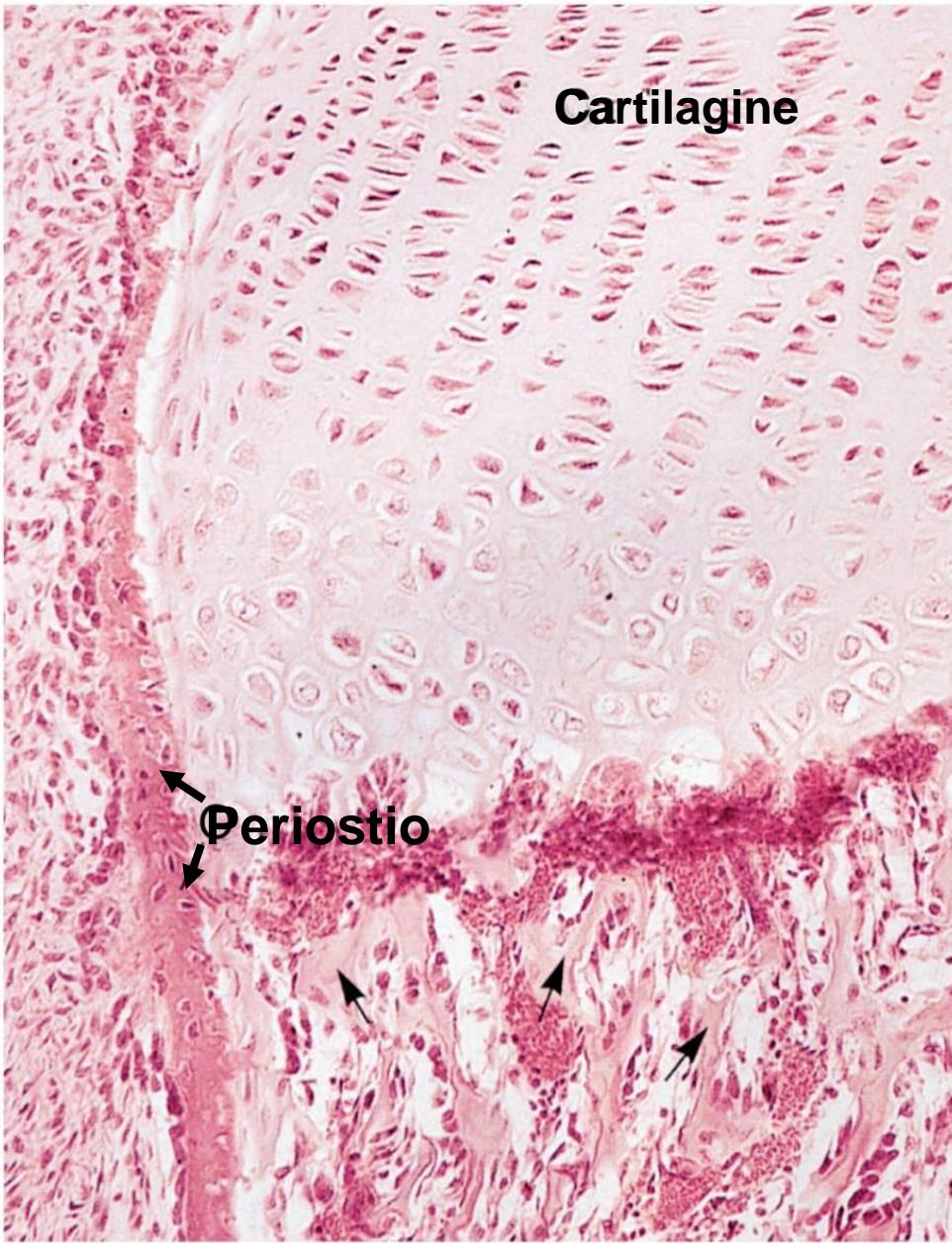


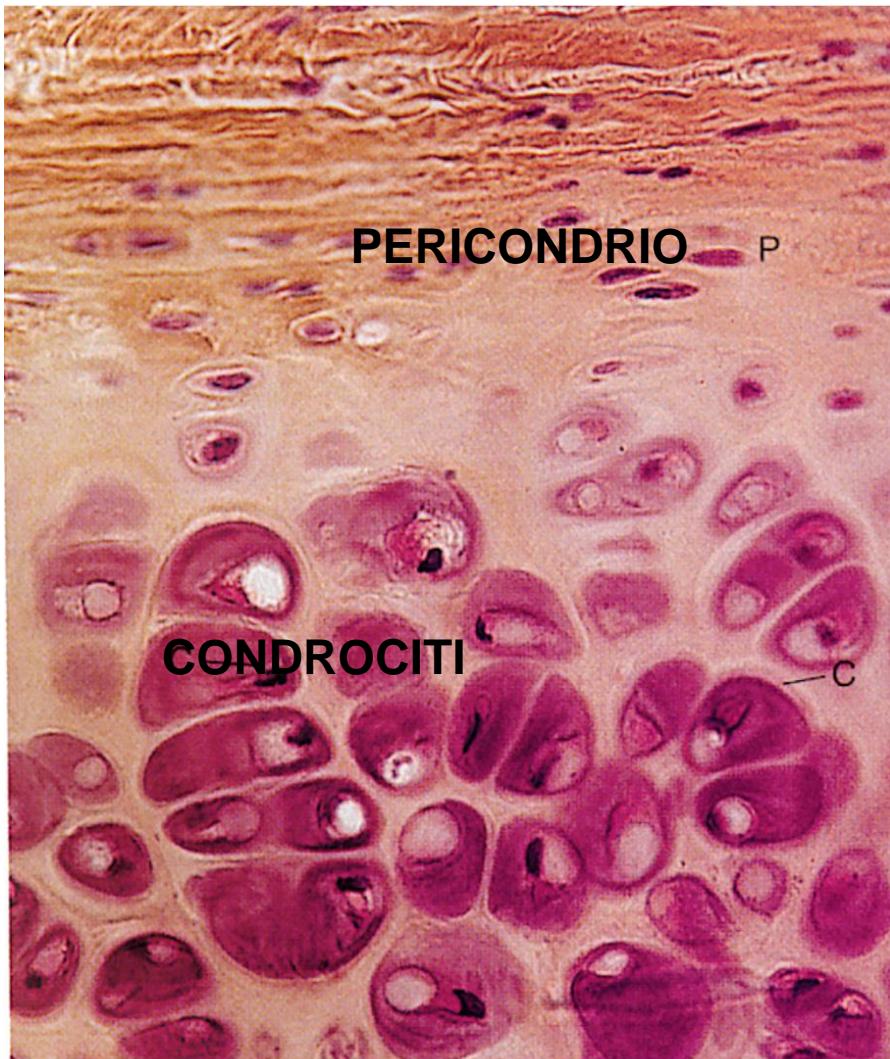
Figura 7-17

Ossificazione
endocondrale
e pericondrale

**Calcificazione endocondrale
della matrice extracellulare
della cartilagine**

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

Ossificazione endocondrale



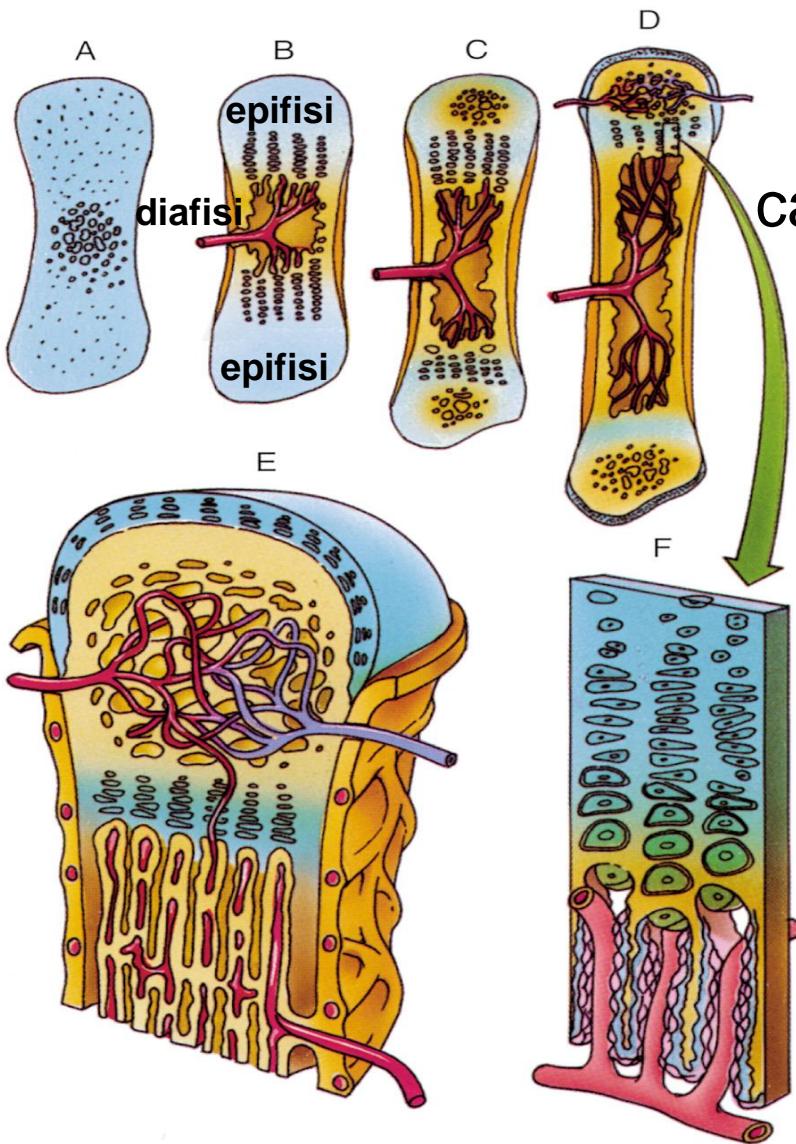
A) Abbozzo cartilagineo embrionale = cartilagine ialina

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



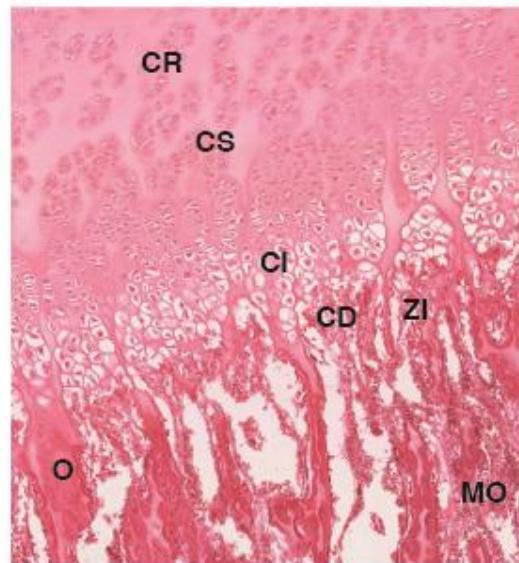
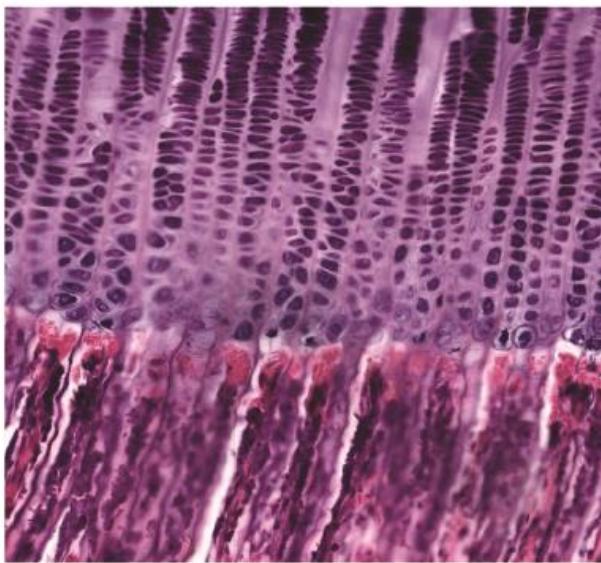
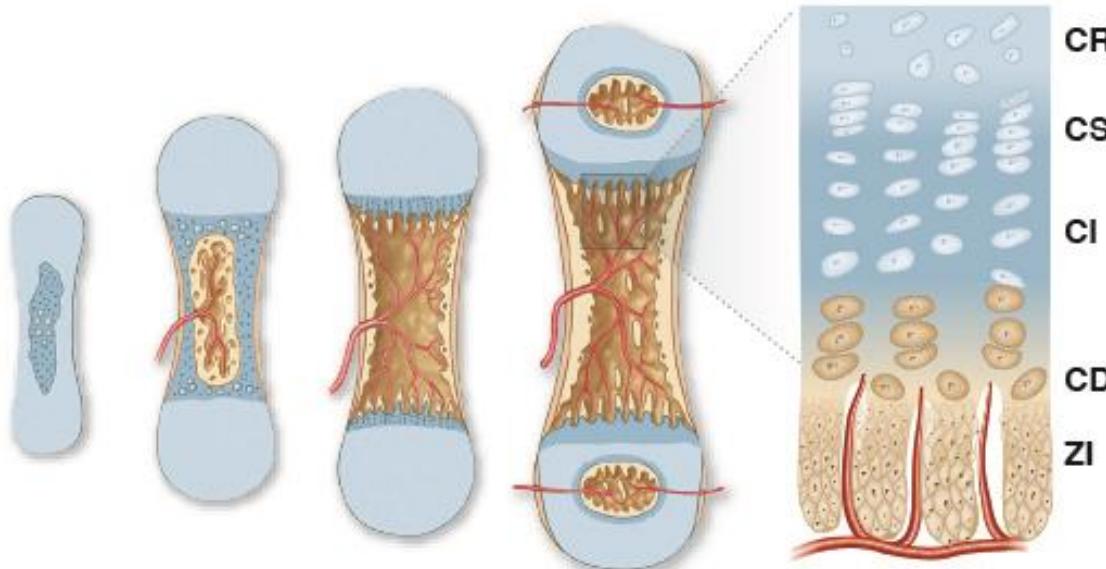
B) Vascolarizzazione dell'abbozzo cartilagineo (zona centrale della diafisi)

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 pericondale)



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

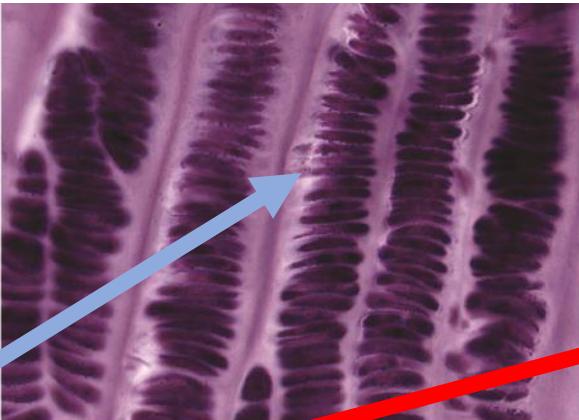
CS = Cartilagine seriata (o zona di proliferazione). Condrociti si dividono e formano gruppi isogeni longitudinali che allungano l'abbozzo.

CI = Cartilagine ipertrofica (o zona di maturazione). Condrociti sono ipertrofici, accumulano glicogeno, dilatano le lacune e la matrice si restringe a strisce.

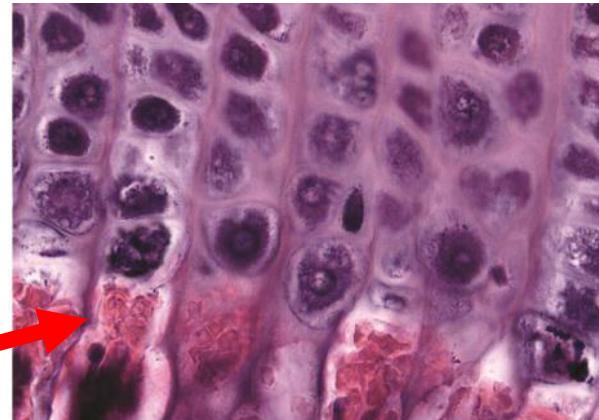
CD = Cartilagine in degenerazione (o di calcificazione). Condrociti ipetrofici vanno in apoptosi, la matrice si calcifica e regredisce lasciando ampie cavità e sottili trabecole di cartilagine.

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)



CD = Cartilagine in degenerazione
(o di calcificazione).

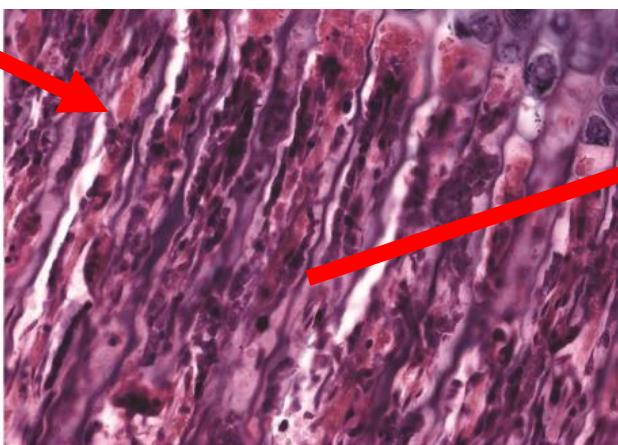


Figura 16.29 ▲ Sezione longitudinale della regione metafisaria di un osso lungo a livello della zona di proliferazione. Si vedono le lacune cartilaginee che ospitano i condrociti proliferanti disposte in file parallele. Colorazione ematossilina-eosina.

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.

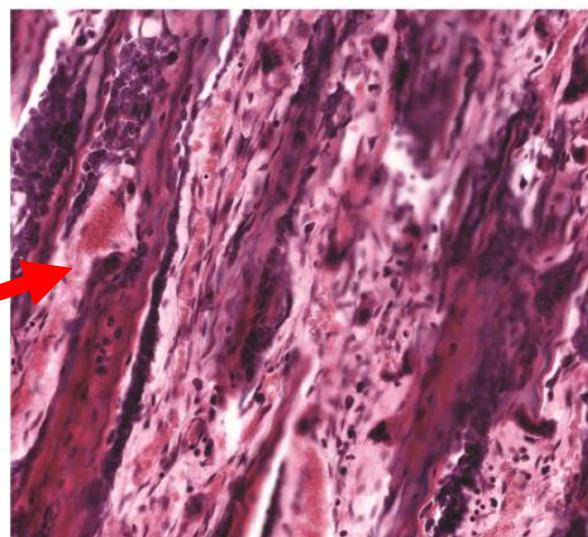
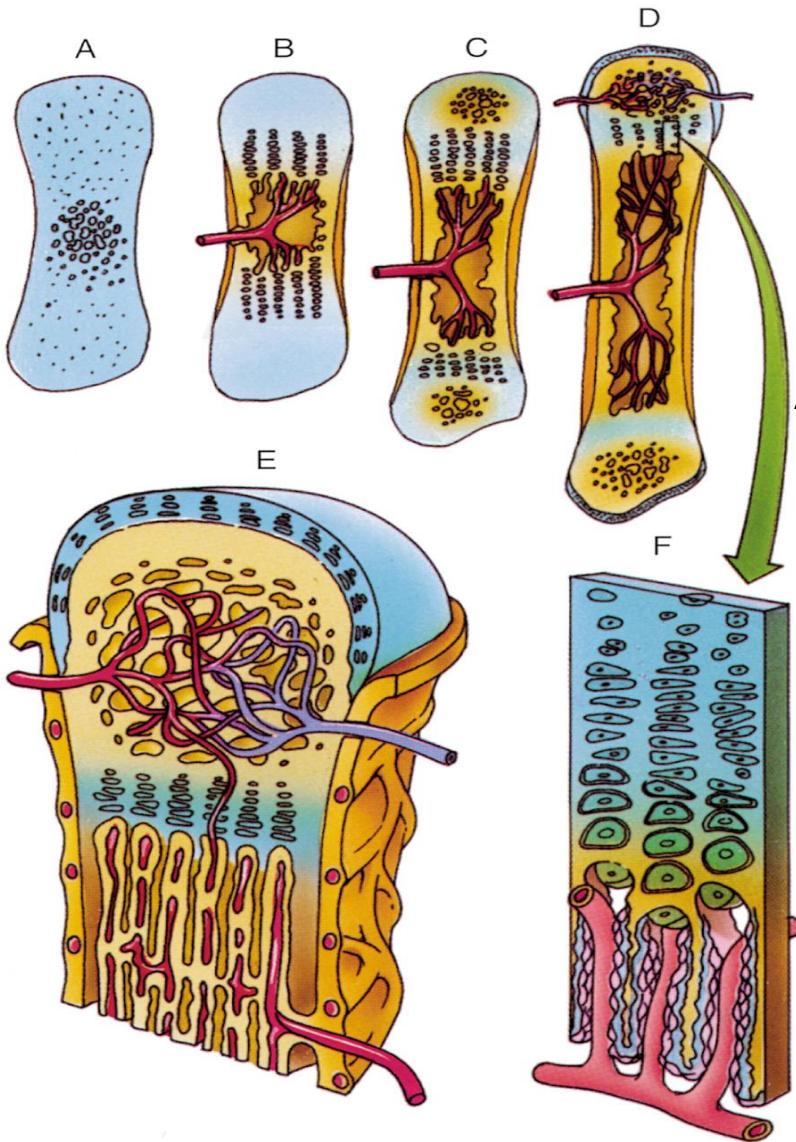


Figura 16.32 ▲ Sezione longitudinale della regione metafisaria di un osso lungo a livello della zona di ossificazione. Sulla superficie delle sottili trabecole cartilaginee viene deposto osteoide grazie ad osteoblasti differenziati da cellule osteoprogenitrici presenti nei tralci di mesenchima. Colorazione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

Ossificazione endocondrale



C) Migrazione di cellule osteoprogenitrici dal periostio

A seguito dell'ossificazione del periostio e della matrice che li avvolge, i condrocyti 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)

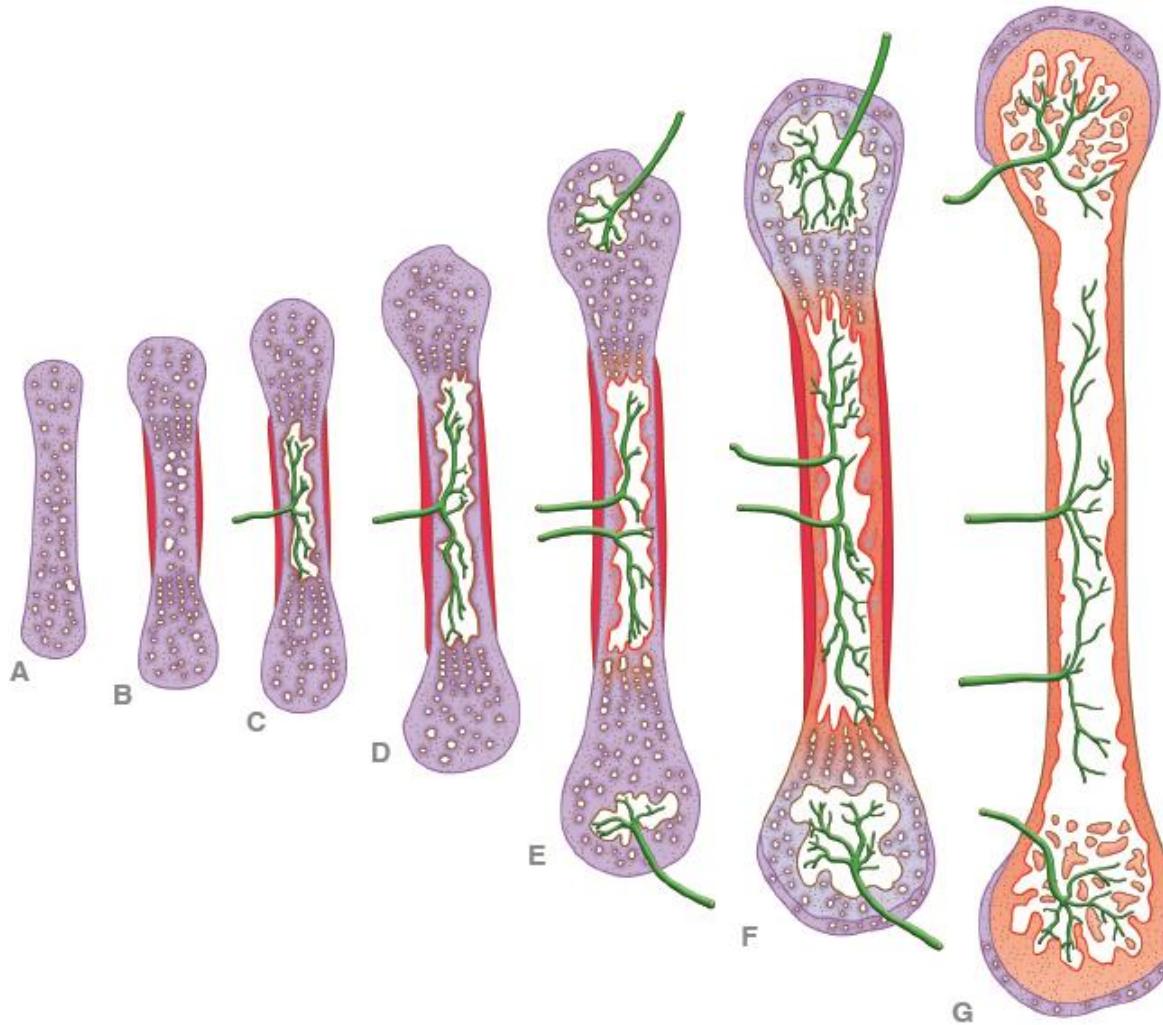


Figura 16.28 ▲ Rappresentazione schematica del processo di ossificazione endocondrale di un osso lungo. Il segmento scheletrico è inizialmente costituito da cartilagine rappresentata in violetto (**A**). Nella diafisi comincia a comparire il mancotto subperiostale (in rosso) per ossificazione intramembranosa (**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 spongioso, 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

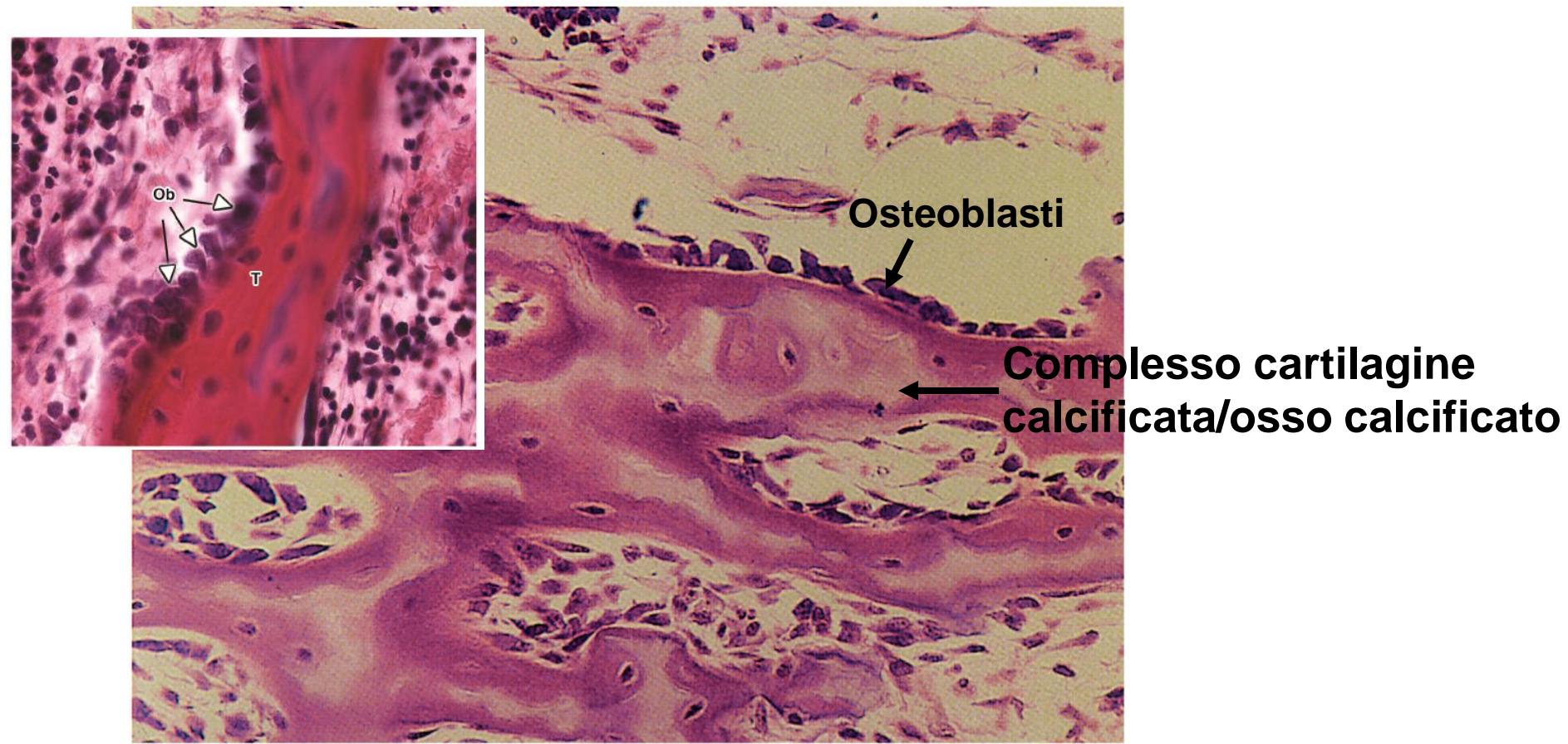


Figura 7-18

Ossificazione endocondrale

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

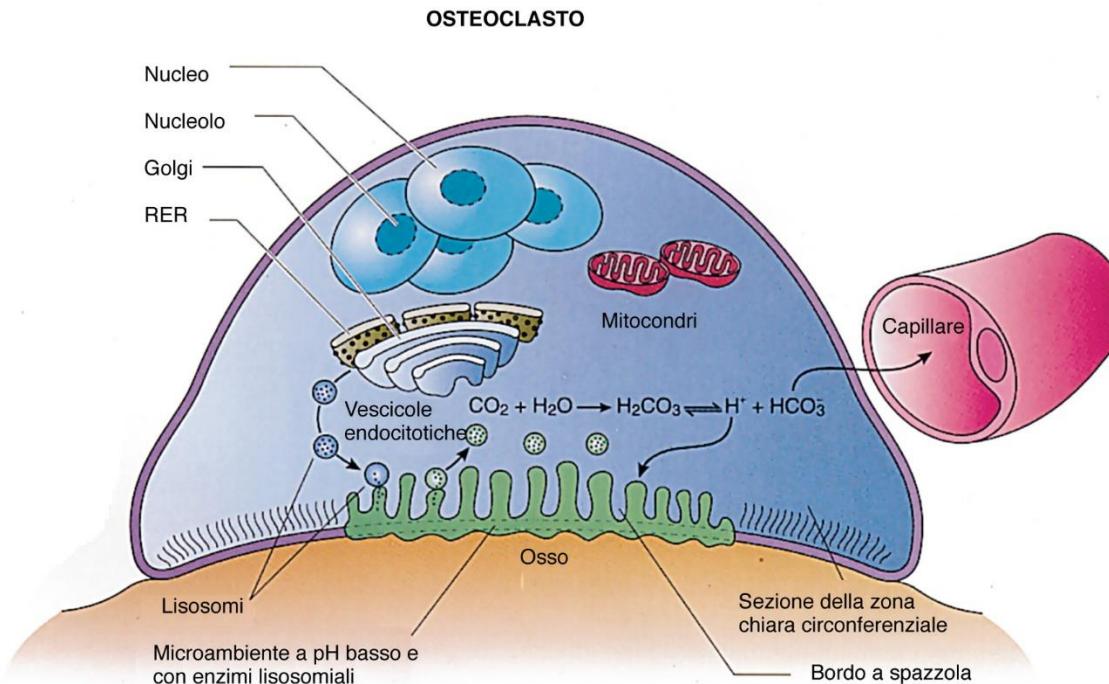


Figura 7-9

Riassorbimento di osso calcificato da parte degli osteoclasti

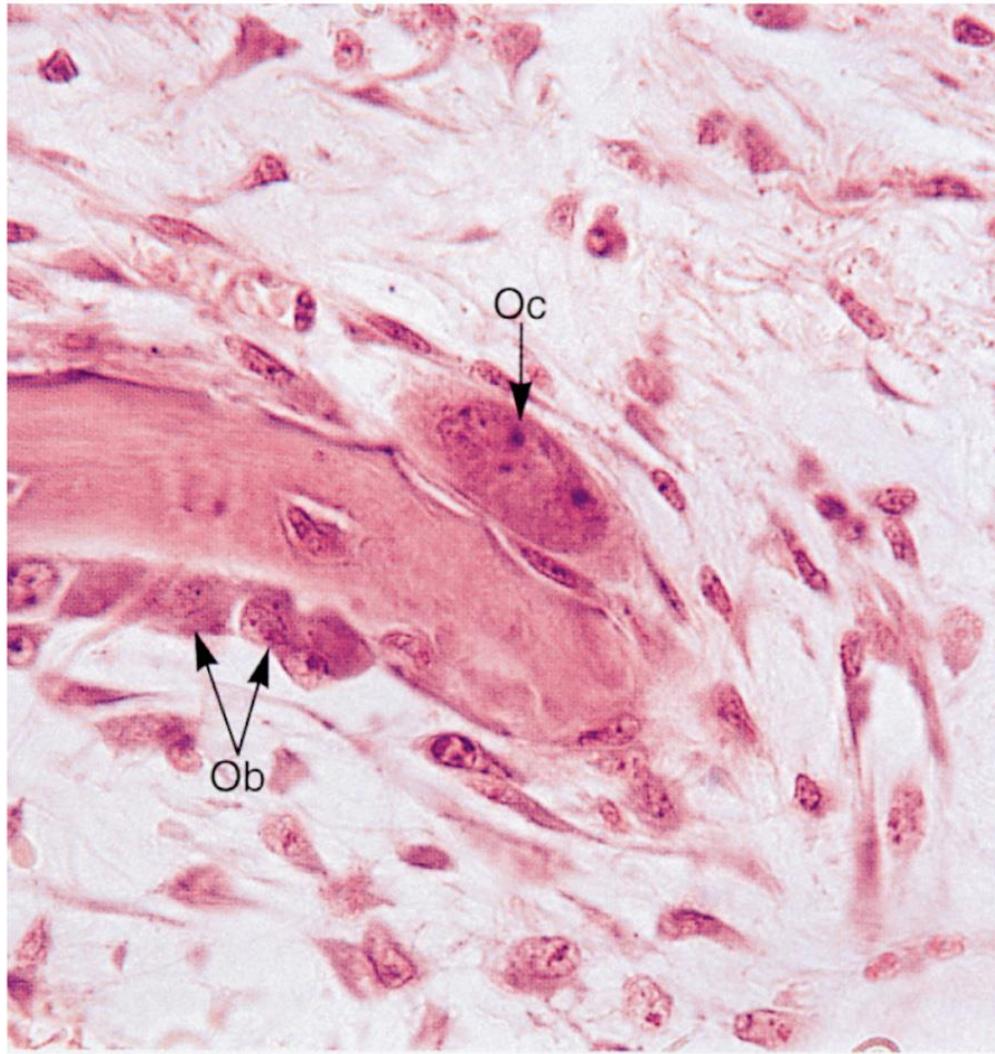
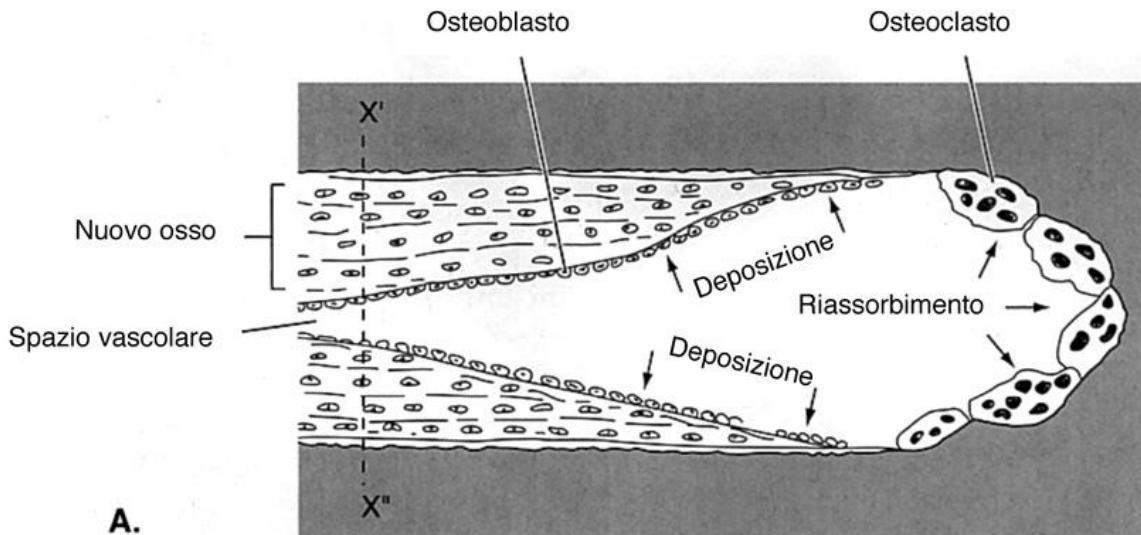


Figura 7–6

Ossificazione endocondrale



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

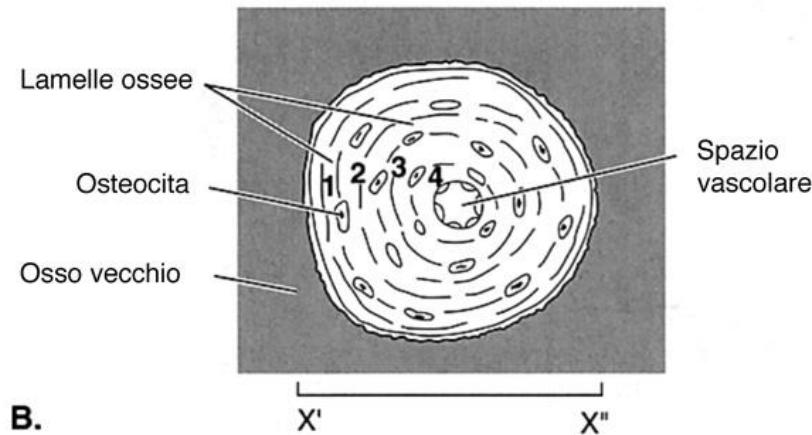
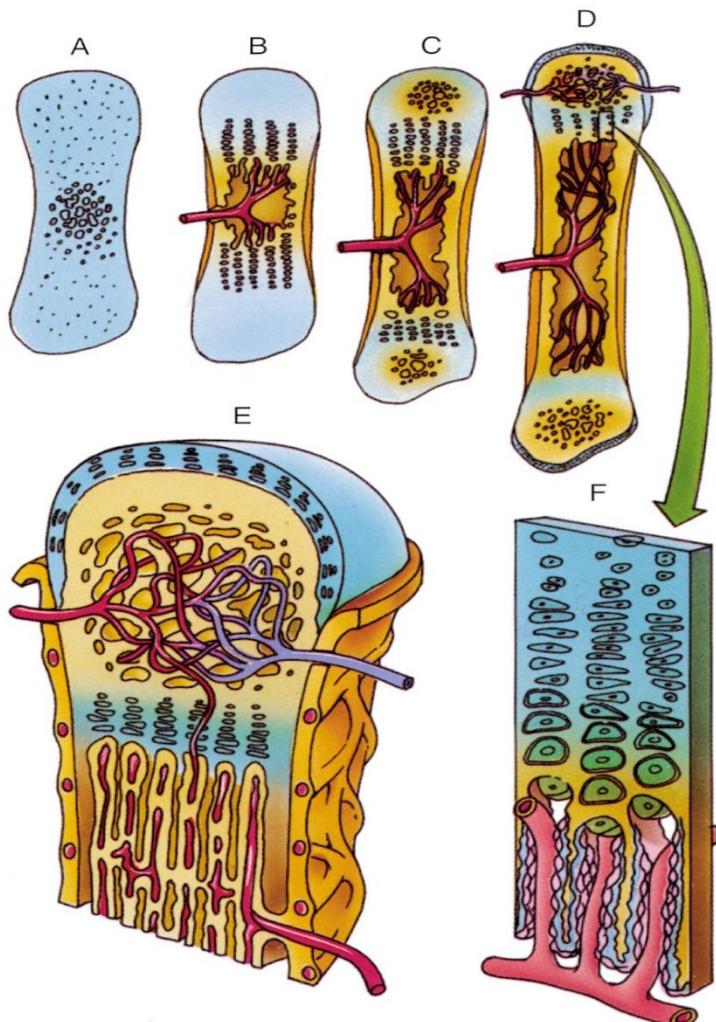


FIGURA 5.10

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

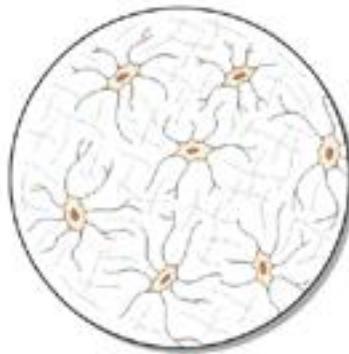


E) Formazione di centri di ossificazione secondaria nelle epifisi

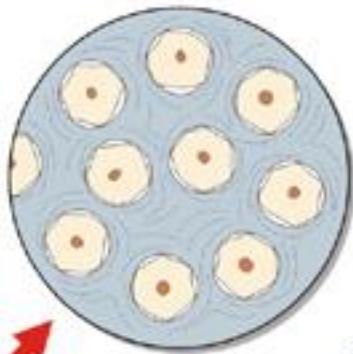
A seguito della vascolarizzazione delle regioni distali dell'abbozzo cartilagineo (epifisi) si ripete lo stesso processo di ossificazione descritto nella diafisi

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

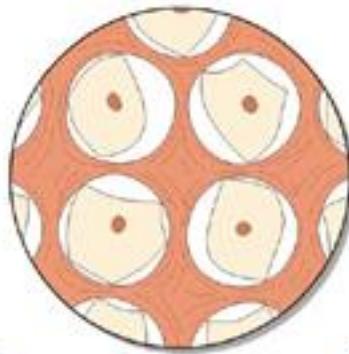
Mesenchima



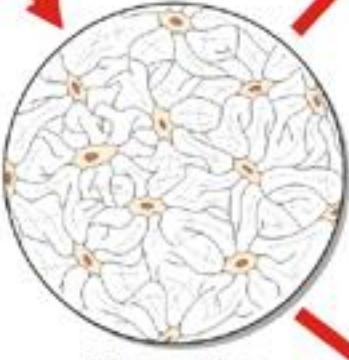
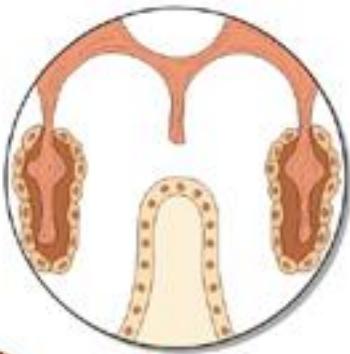
Abbozzo di cartilagine ialina



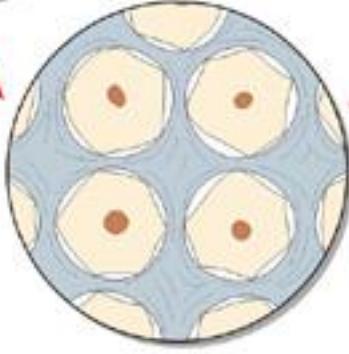
Crtilagine calcificata



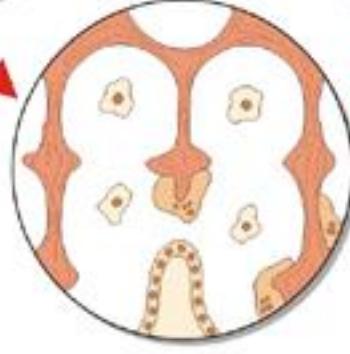
Ossificazione endocondrale



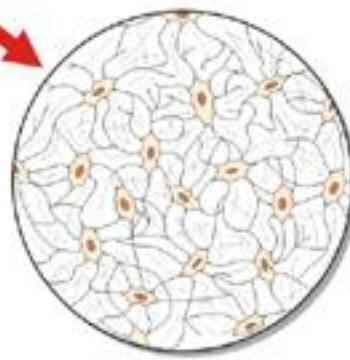
Mesenchima addensato



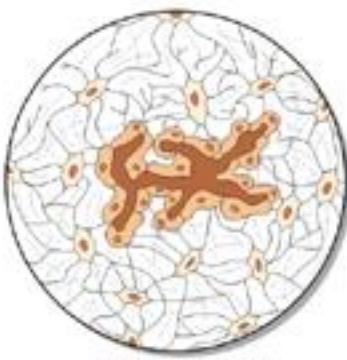
Cartilagine ipertrofica



Condrolisi



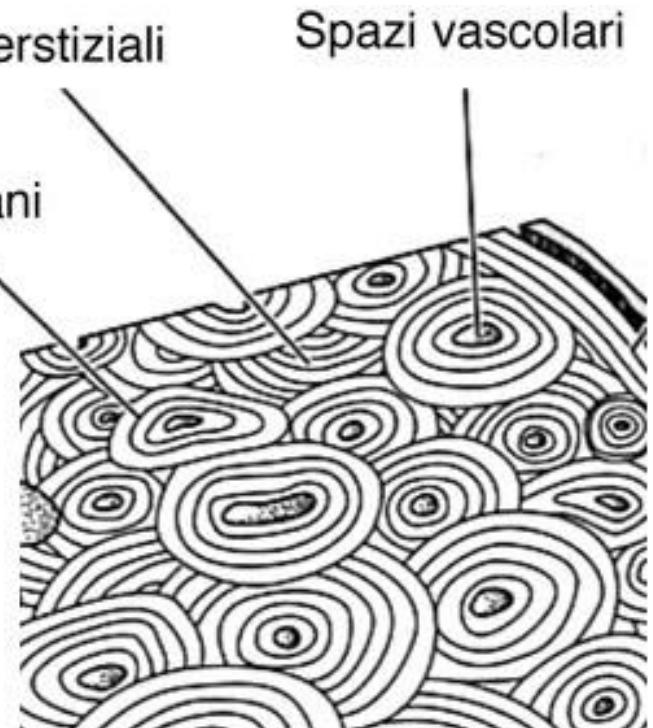
Abbozzo di tessuto fibroso



Ossificazione intramembranosa

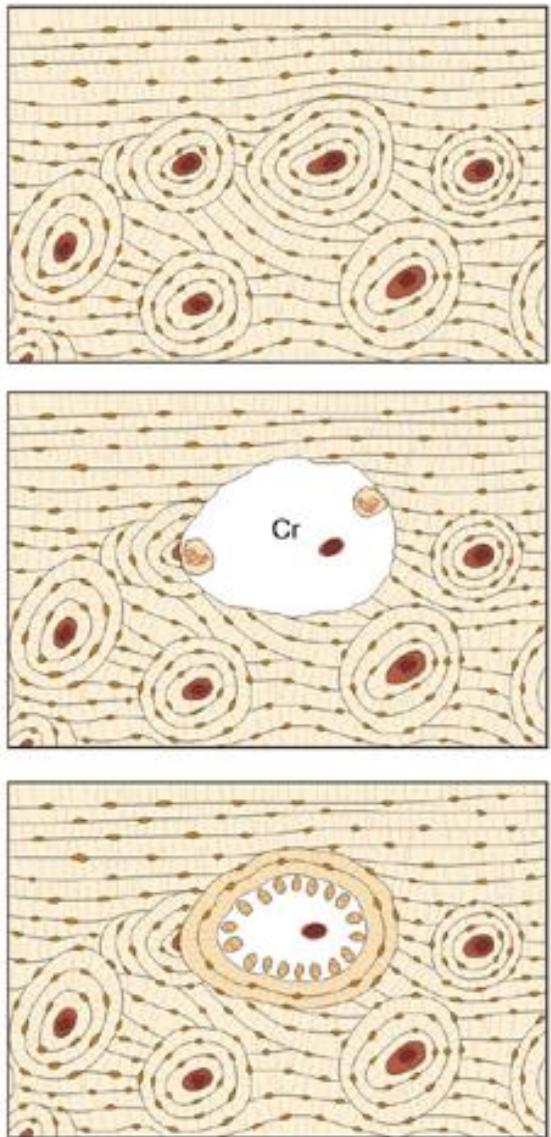
L'ossificazione è un processo continuo: rimodellamento osseo

Osso compatto: calcitonina/ormone paratiroideo

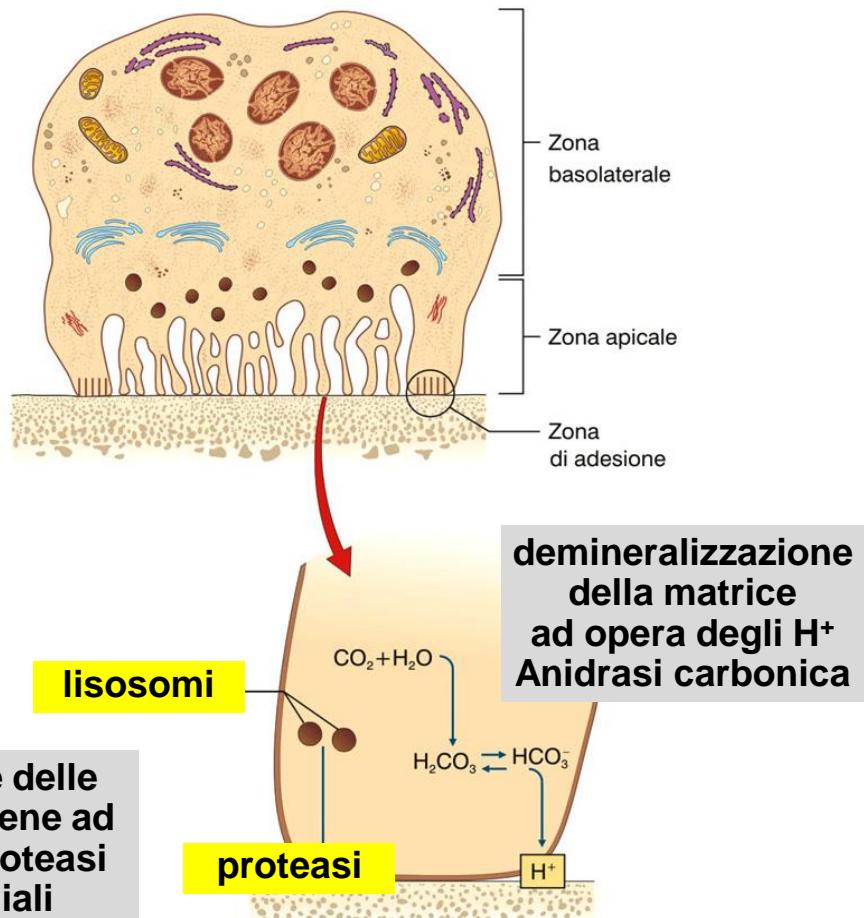
- 1) Riassorbimento dei sistemi di Havers da parte degli osteoclasti (stimolati dall'ormone paratiroideo e inibiti dalla calcitonina)


The diagram illustrates the structure of compact bone. It shows concentric circles representing the Haversian systems (osteons). Between these systems are interstitial lamellae. A vertical line indicates a vascular space (canal for a blood vessel).
- 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



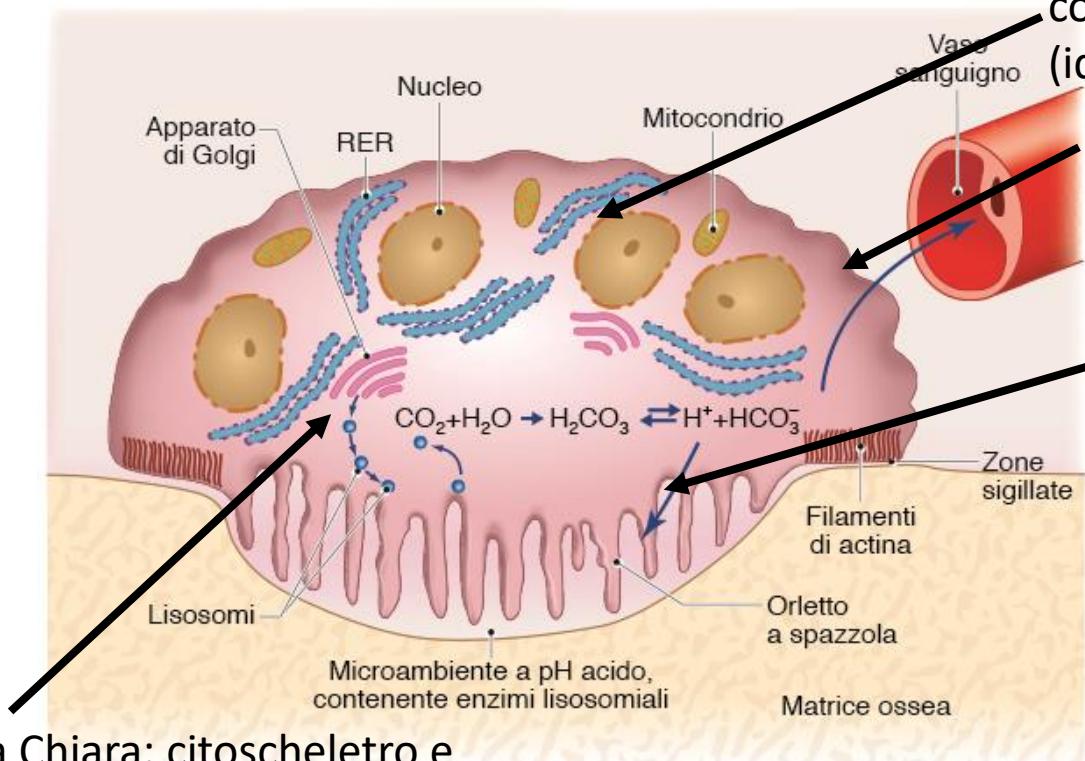
HCO_3^- e Na^+ passano nei capillari vicini
 H^+ è pompato attivamente nello spazio extracellulare
Il pH si abbassa, la matrice inorganica viene solubilizzata, la parte minerale entra nella cellula e da qui va ai capillari



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

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

HCO_3^- e Na^+ passano nei capillari vicini

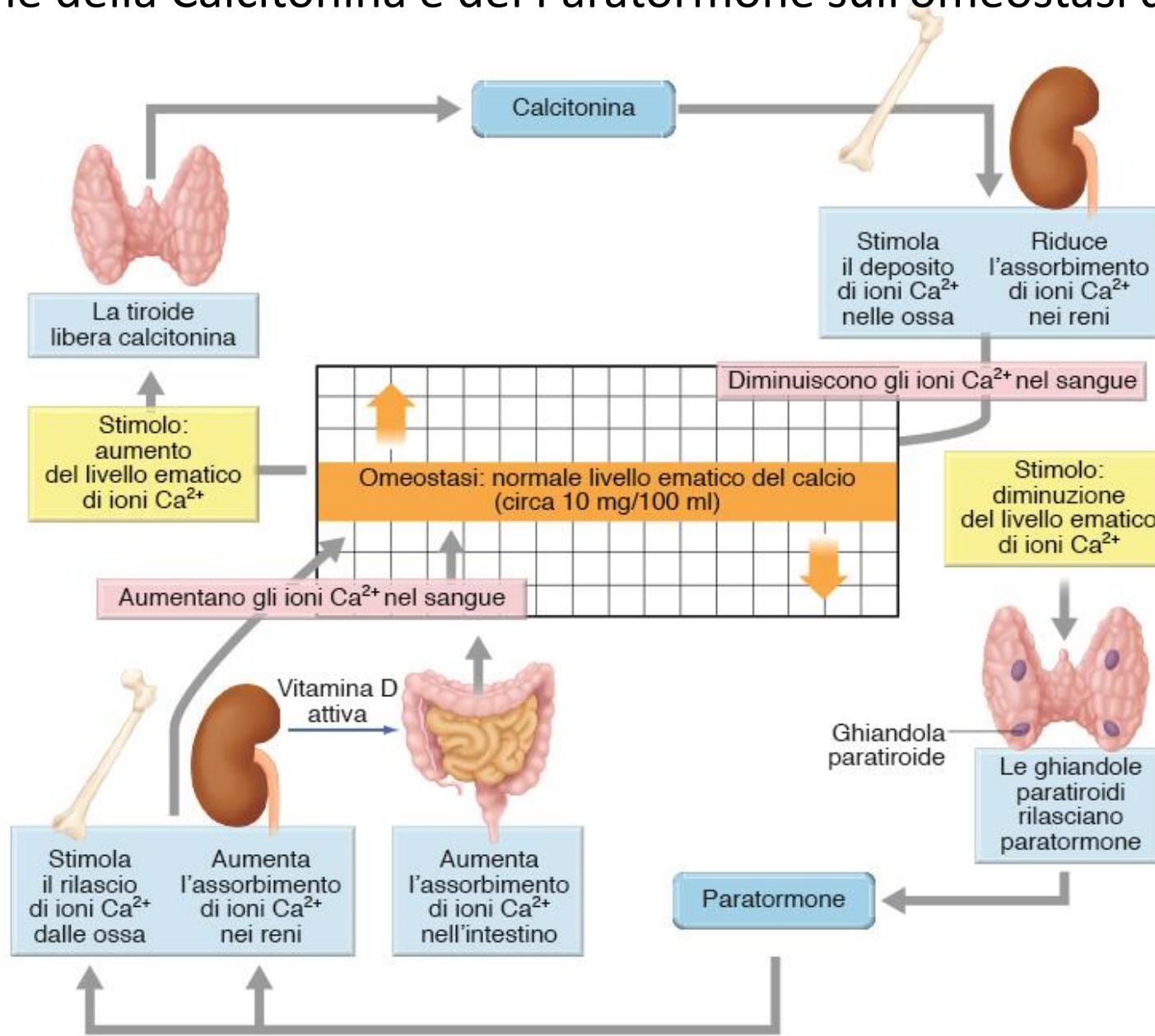
H^+ è pompato attivamente nello spazio extracellulare

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

