

# **APPARATO LOCOMOTORE**

Ai fini della **funzione motoria** è fondamentale  
l'integrazione fra  
**apparato scheletrico e apparato muscolare**,  
che insieme costituiscono  
l'**apparato locomotore**.

Fondamentale è anche  
**il sistema nervoso**  
per il controllo funzionale.

Spostamento nello spazio (contrazione muscolare)  
Forma del corpo

# APPARATO LOCOMOTORE

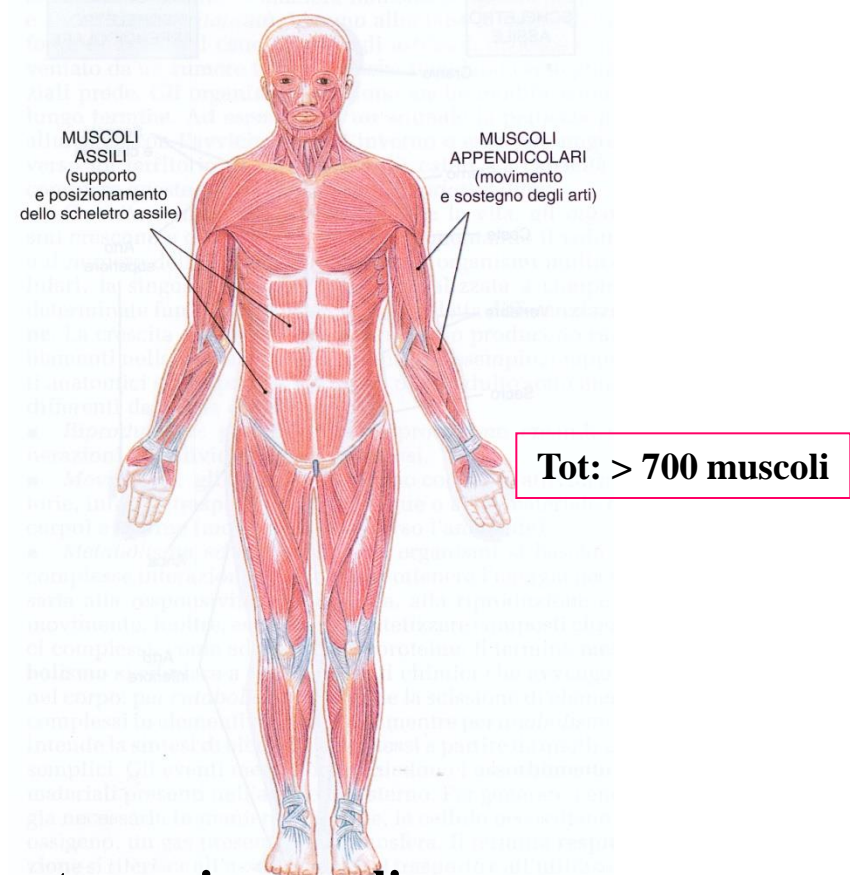
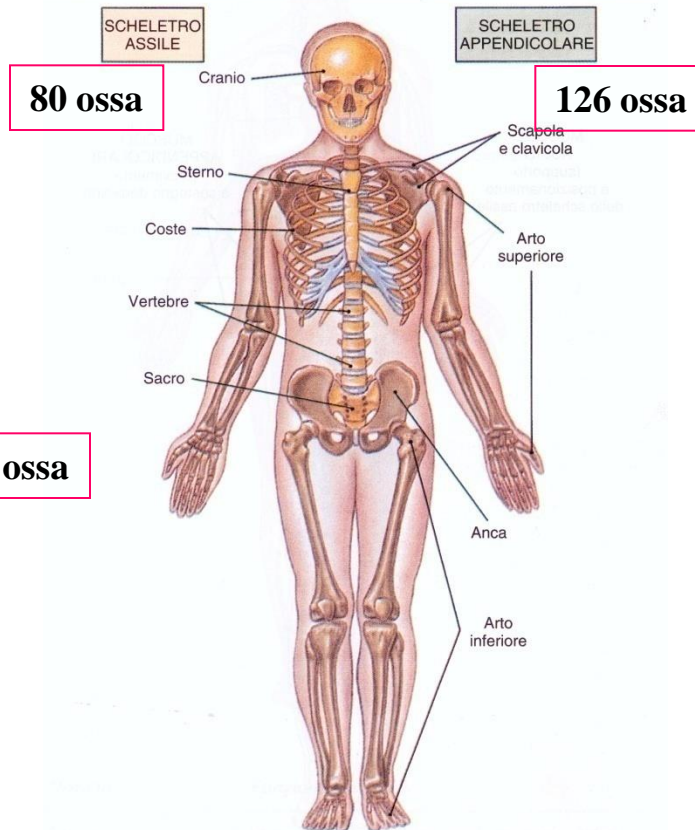
Ossa e Cartilagini → si uniscono a formare lo **SCHELETRO**

Articolazioni → mettono in giunzione le ossa

Muscoli Scheletrici e Tendini → **MUSCOLATURA SCHELETRICA**

## Apparato Scheletrico

## Apparato Muscolare



**Ossa: non solo supporto per i muscoli,  
ma sostegno del peso e cooperazione per il movimento**

# OSSA

- Organi piuttosto omogenei per **composizione e per funzione**
- Molto diverse per **forma e dimensioni**
- 206 nell'uomo adulto; interconnesse da articolazioni (formazioni capsulo-legamentose) mobili o immobili

# FUNZIONI delle OSSA

**SOSTEGNO:** lo scheletro fornisce sostegno rigido e strutturale a tutto il corpo (impalcatura)

**PROTEZIONE:** le strutture scheletriche circondano tessuti ed organi delicati

**MOVIMENTO:** le ossa (organi passivi) lavorano in sintonia con i muscoli (organi attivi) per mantenere la posizione del corpo e per permettere movimenti precisi e controllati (LEVE)

**RISERVA di MINERALI:** la matrice calcificata dell'osso rappresenta una riserva di sali minerali (P e Ca, quest'ultimo 99% nell'osso).

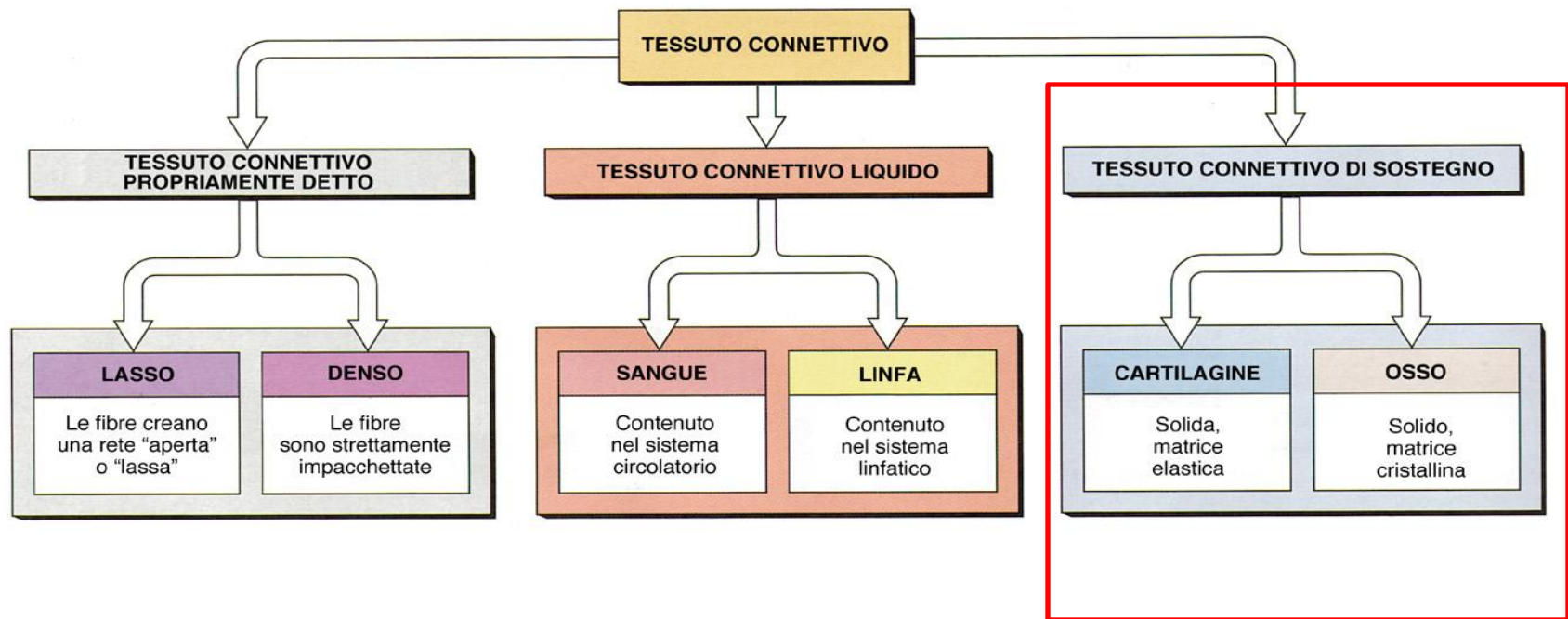
Omeostasi della concentrazione del calcio-> (paratormone: mobilita il Ca dall'osso /calcitonina contrasta)

**EMOPOIESI:** formazione di cellule ematiche (midollo osseo rosso contenuto nella cavità midollare delle ossa)

# TESSUTO OSSEO e CARTILAGINEO

(tess.connettivo di sostegno)

I tessuti connettivi non vengono mai a contatto con l'ambiente esterno.



Composto principalmente da matrice

Cartilagine: gel

Osso: calcificata

# TIPI DI CARTILAGINE

## IALINA:

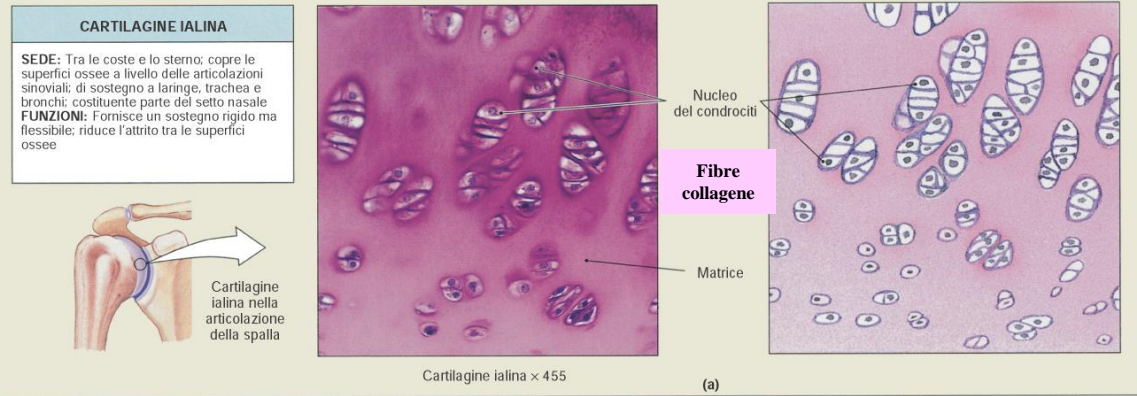
Articolazioni sinoviali

Sostegno a laringe, trachea e bronchi

Costituente del setto nasale, coste

(Scheletro fetale)

Sostegno rigido ma flessibile



## ELASTICA:

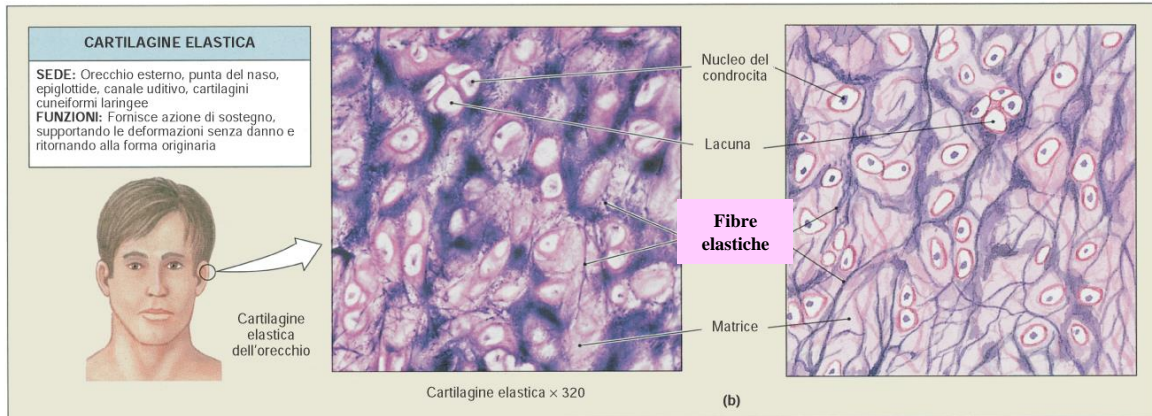
Orecchio esterno

Punta del naso

Epiglottide

Canale uditivo

Sostegno deformabile senza danno



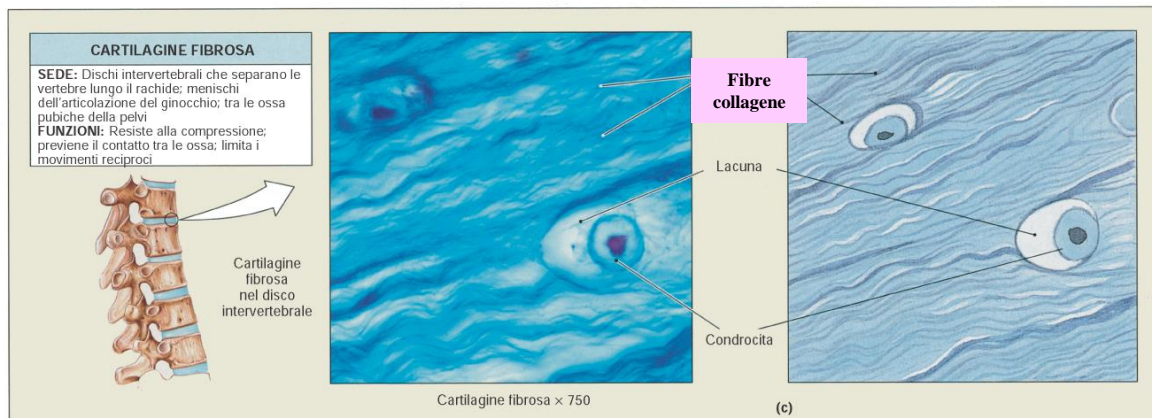
## FIBROSA:

Dischi intervertebrali

Menischi

Resiste alla compressione;

Previene il contatto tra le ossa



# TESSUTO OSSEO

- Forma specializzata di connettivo caratterizzata dalla mineralizzazione della matrice extracellulare che conferisce al tessuto una notevole rigidità e durezza

## **L'osso ha proprietà eccezionali**

- L'osso è al contempo resistente e leggero, forte e flessibile:

Sali di calcio duri ma friabili + fibre collagene deboli ma flessibili (cemento armato)

- Non è un tessuto statico:  
è invece soggetto a rimodellamento e rinnovamento per l'intera durata della vita



# COMPOSIZIONE del TESSUTO OSSEO

## TESSUTO OSSEO:



### Matrice :

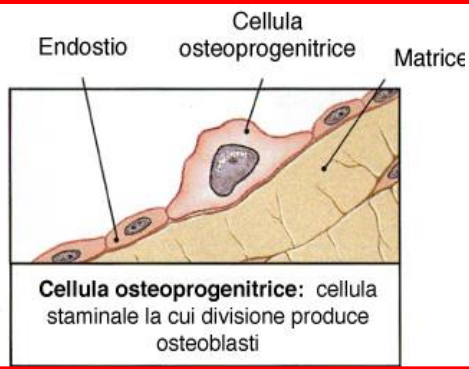
**Componente inorganica mineralizzata (60%):** deposito di sali minerali

- ✓ fosforo e calcio sotto forma di cristalli di IDROSSIAPATITE
- ✓ Carbonato di calcio
- ✓ Tracce di sodio, magnesio, potassio, fluoro (ecc)

**Componente organica (40%) :** prevalentemente **fibre collagene**, in minor parte GAG (glicosamminoglicani) e proteine

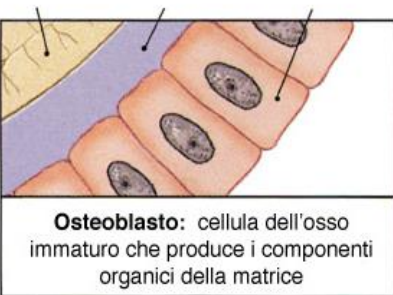
*Il tutto conferisce all'osso rigidità, durezza, resistenza e flessibilità*

# Cellule del tessuto osseo



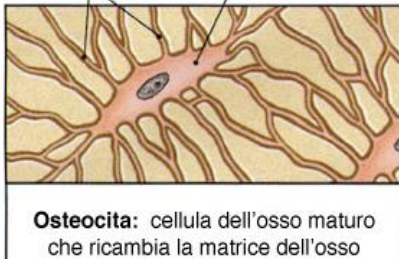
**Osteoprogenitrici:** cell staminali, attive durante l'accrescimento dell'osso, se richiesta neoformazione o riparazione di osso. Vanno incontro a mitosi e possono differenziarsi in osteoblasti. In endostio e periostio.

Matrice    Osteoide    Osteoblasto



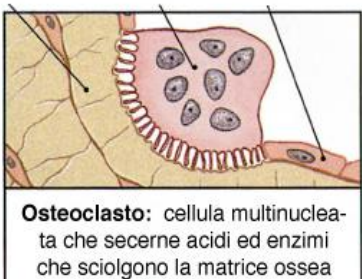
**Osteoblasti** (cellule attive) formano l'osso:  
**depositano matrice organica** ricca di fibre collagene (osteoidi)  
**rilasciano** ioni calcio, magnesio e fosfato per formare idrossiapatite

Canalicoli    Osteocita



**Osteociti** (osteoblasti maturi):  
imprigionati in lacune dopo la mineralizzazione dell'osso  
presentano processi citoplasmatici accolti in canalicoli importanti per il nutrimento dell'osso  
**partecipano al ricambio della matrice**

Matrice    Osteoclasto    Endostio



**Osteoclasti**  
**distruggono** l'osso in quanto responsabili del riassorbimento osseo:  
grandi e polinucleati  
derivano dai monociti del sangue  
producono enzimi che sciolgono la matrice inorganica, i minerali vengono fagocitati e poi rilasciati nei capillari

# TIPI di TESSUTO OSSEO

- Tessuto osseo **non lamellare o fetale**  
cell. immerse in una sostanza extracellulare contenente fibre collagene raccolte in grossi fasci intrecciati o (raramente) paralleli
  - Embrione e feto nei Mammiferi (dalla VI settimana di gestazione)
  - prima fase di riparazione delle fratture
- Tessuto osseo **lamellare**  
(organizzato in sottilissime lamine sovrapposte le une sulle altre)
  - Mammifero adulto

# ESISTONO

## 2 TIPI di OSSO LAMELLARE



COMPATTO

SPUGNOSO

La composizione della matrice è uguale sia nell'osso compatto che nell'osso spugnoso.

Le differenze risiedono nella **disposizione tridimensionale** di osteociti, canalicoli e lamelle .

Gli **osteociti** e la **matrice** costituiscono le **lamelle ossee** disposte a formare:

gli **osteoni nell'osso compatto** e le **trabecole nell'osso spugnoso**.

Gli **osteociti** e la **matrice** costituiscono le **lamelle ossee** disposte a formare: gli **osteoni nell'osso compatto**.

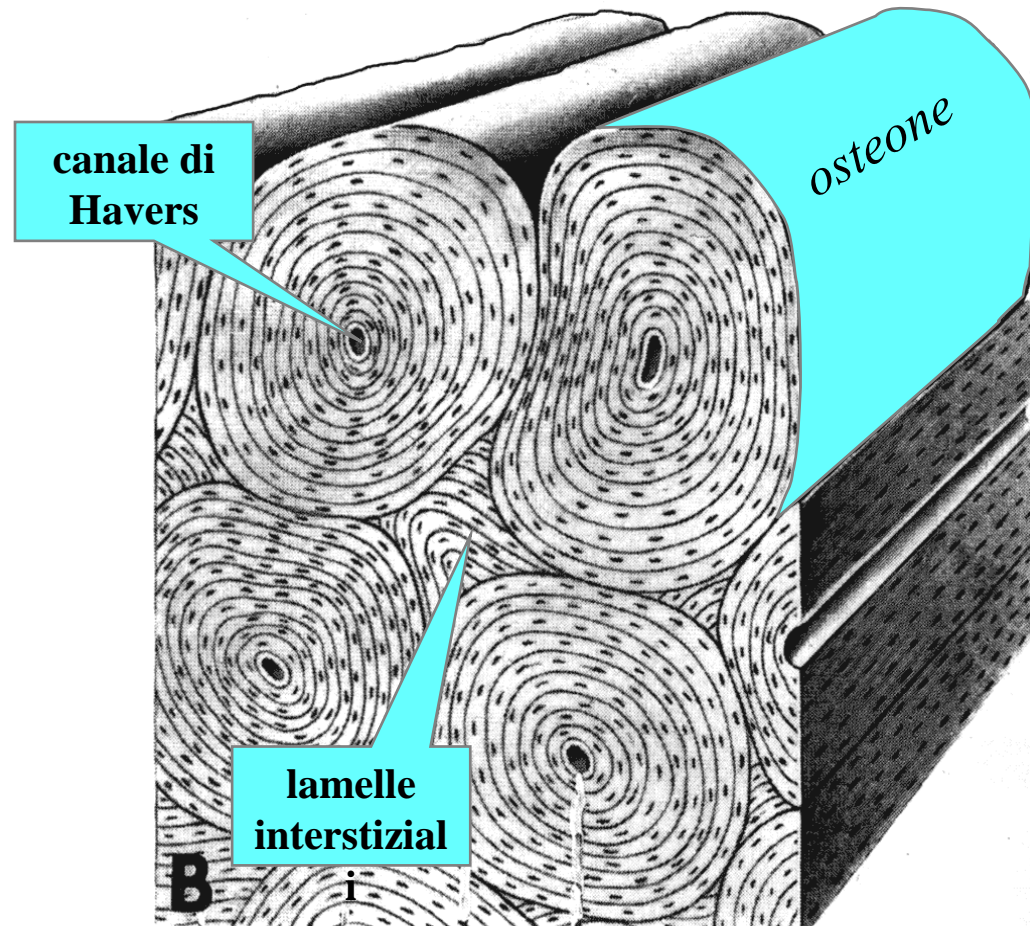
## OSTEONI

Lamelle osse vengono organizzate in **strati concentrici** intorno a un canale centrale, detto di Havers, contenente vasi sanguigni, linfatici e nervi.

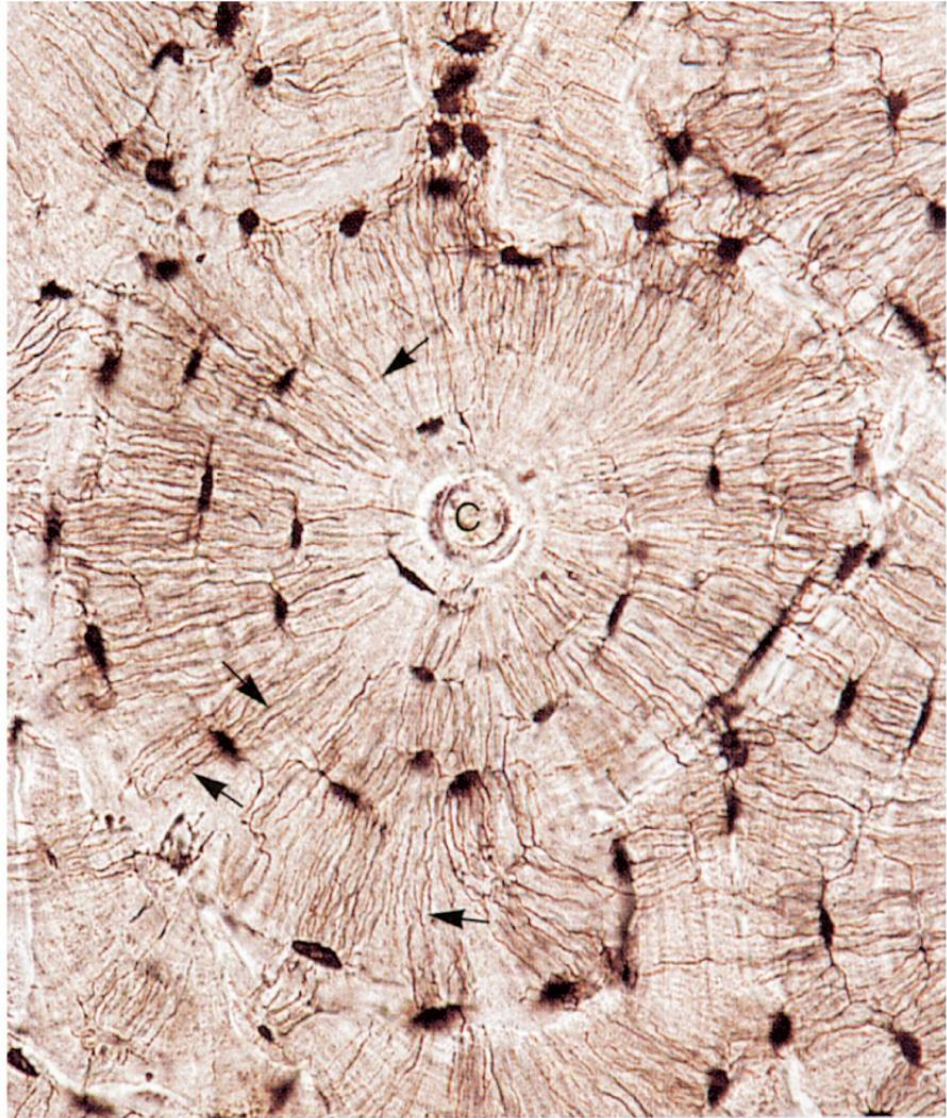
Il canale e le lamelle formano il sistema haversiano o osteone.

Gli spazi tra gli osteoni sono occupati da lamelle a diverso orientamento, dette “interstiziali”.

E' tessuto osseo relativamente denso e solido.



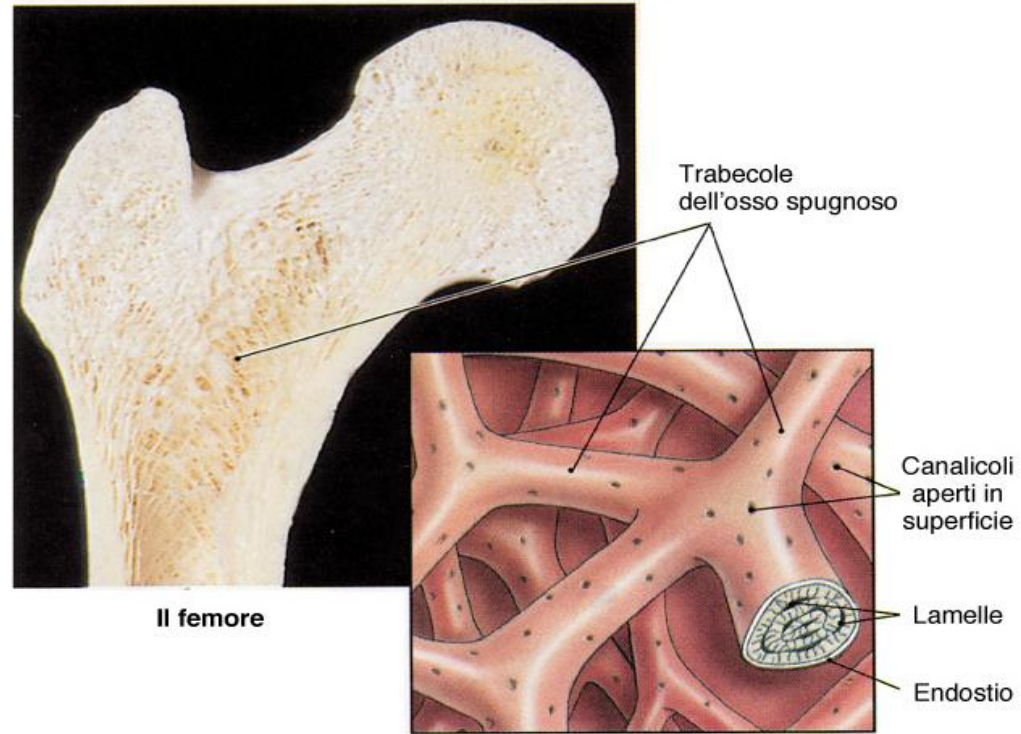
# TESSUTO OSSEO COMPATTO



Gli **osteociti** e la **matrice** costituiscono le **lamelle ossee** disposte a formare: le **trabecole nell'osso spugnoso**.

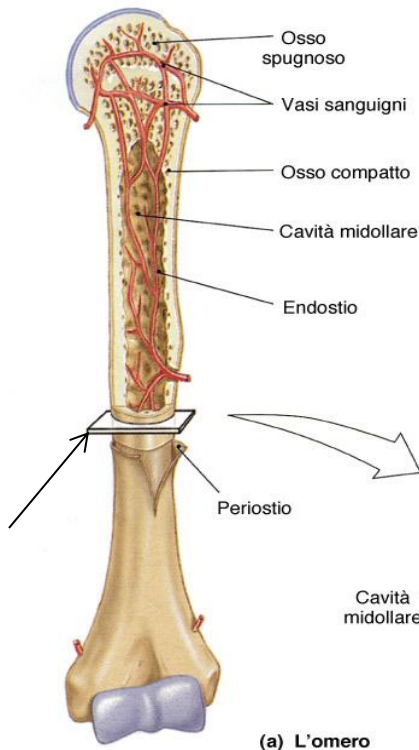
## TRABECOLE

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.

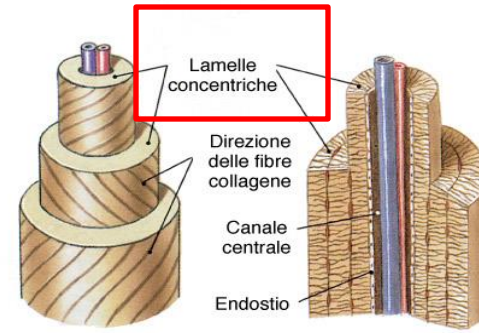
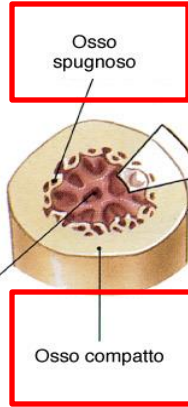


**Leggero; riduce il peso dello scheletro**

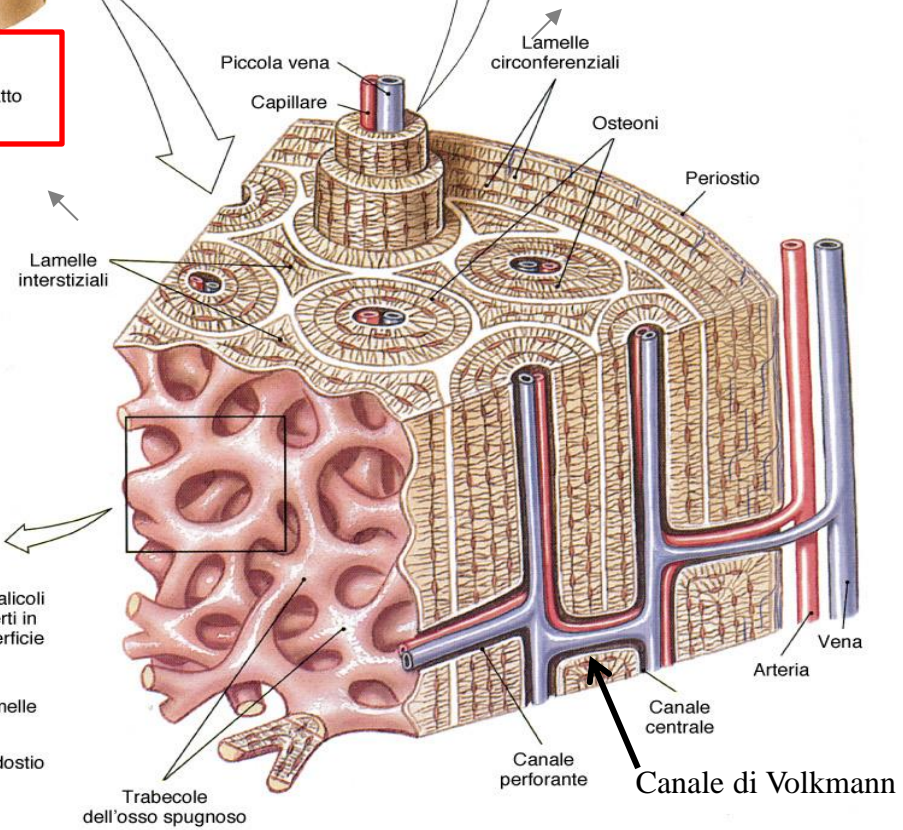
**Spostare la sezione più vicino alle epifisi**



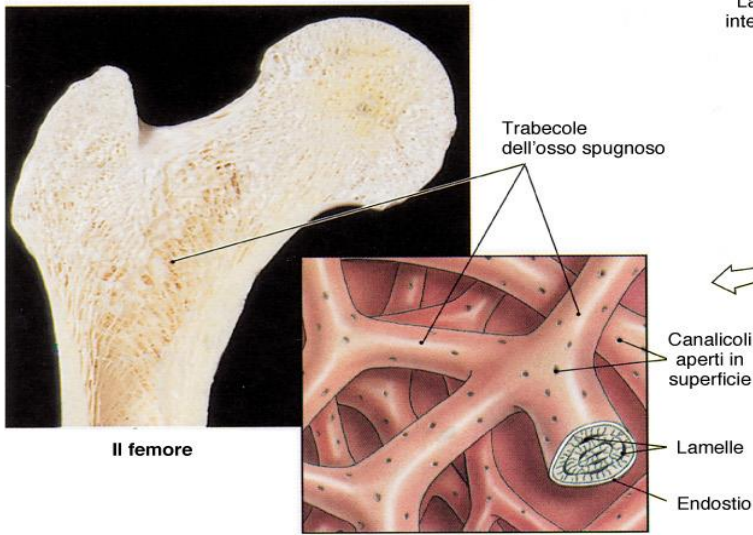
(a) L'omero



(c) Osteone

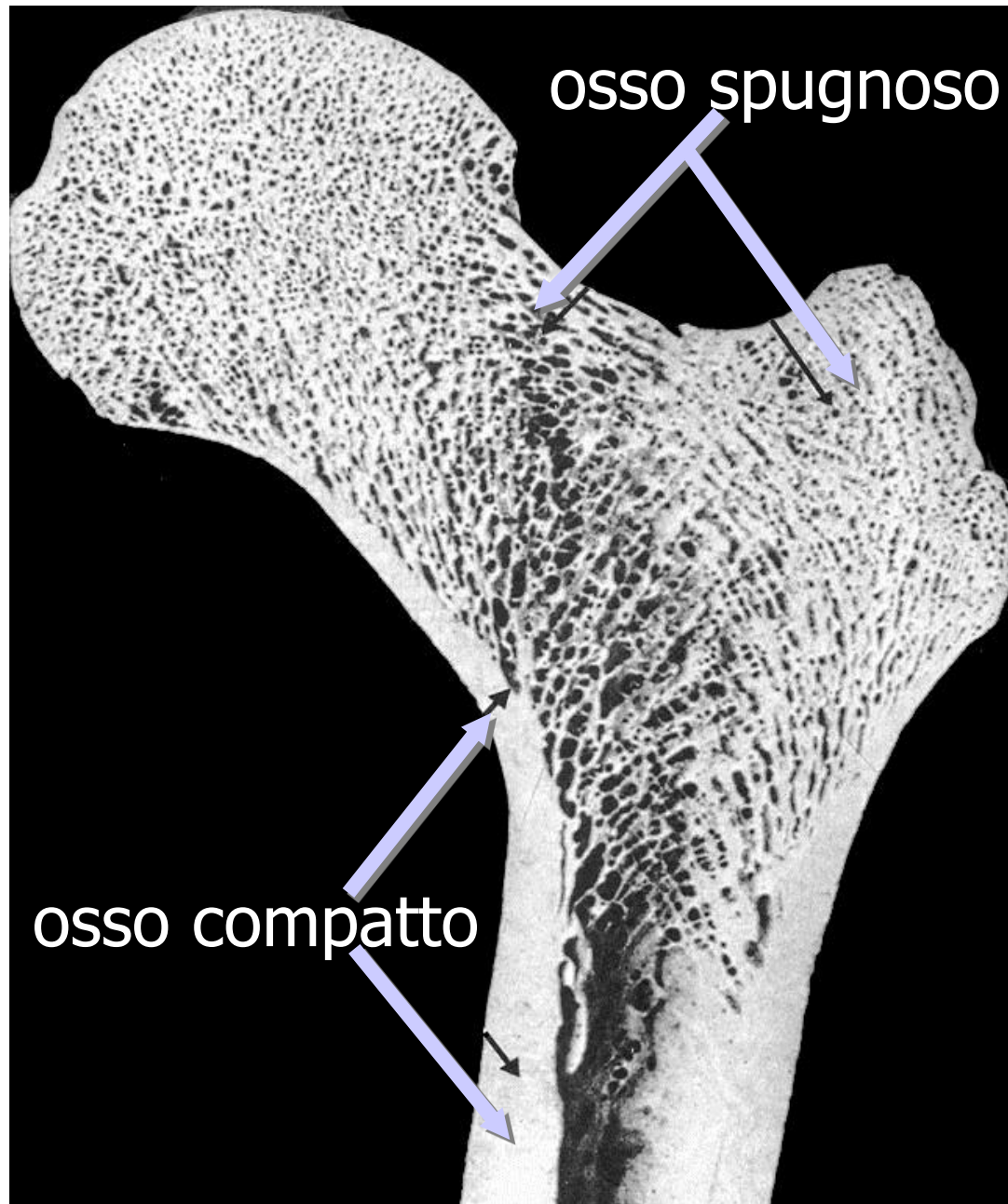


(b) Ossi compatto e spugnoso



(d) Osso spugnoso





## Differenze strutturali tra i due tipi di osso

**L'osso compatto** è formato da colonne ossee parallele formate dai tipici **sistemi haversiani (osteoni)**; riveste sempre la superficie delle ossa.

**L'osso spugnoso** è composto da una **rete di trabecole** formate da lamelle sottili che non formano sistemi haversiani;

-aspetto di spugne con piccole cavità midollari (midollo osseo emopoietico-rosso)

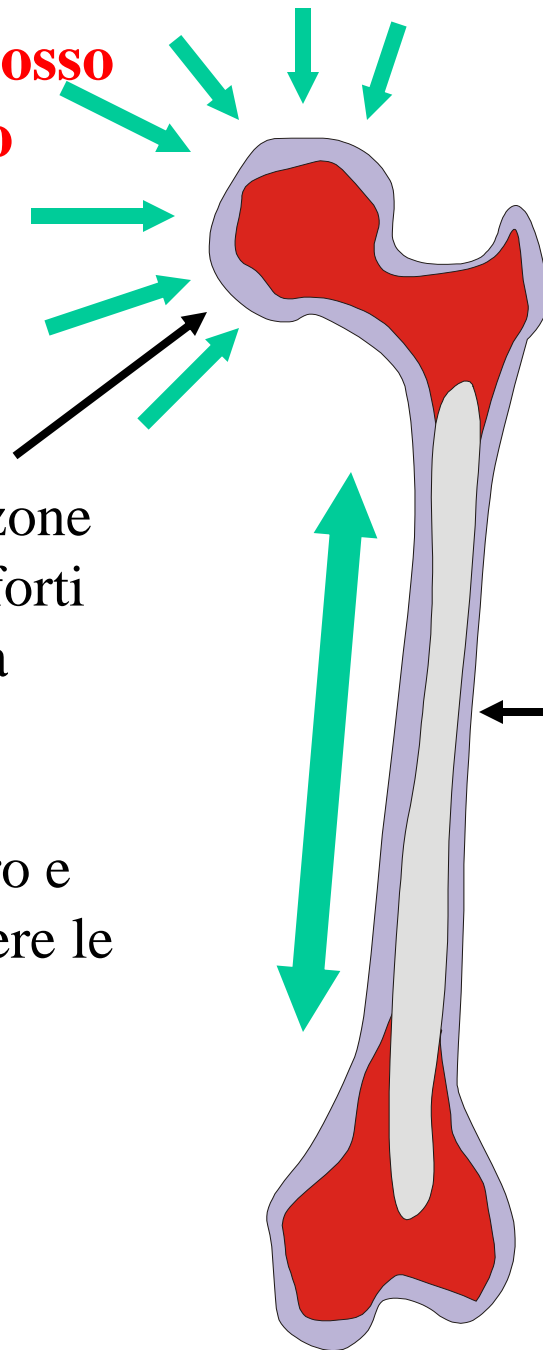
-no canali di Havers, i nutrienti raggiungono gli osteociti per diffusione lungo i canalicoli che si aprono sulla superficie delle trabecole

-- rete aperta molto leggera

- rende l'osso più leggero

-si trova sempre all'interno delle ossa

## Differenze funzionali tra osso compatto e osso spugnoso



**L'osso spugnoso** si trova in zone in cui le ossa non subiscono forti sollecitazioni, ma arrivano da diverse direzioni.

Rende lo scheletro più leggero e permette ai muscoli di muovere le ossa più agevolmente.

(midollo rosso)

**L'osso compatto** è più spesso e si trova in regioni molto sollecitate ma da poche direzioni.

E' molto resistente alla compressione in senso longitudinale (cannuccia).

(midollo giallo)

# PERIOSTIO ed ENDOSTIO

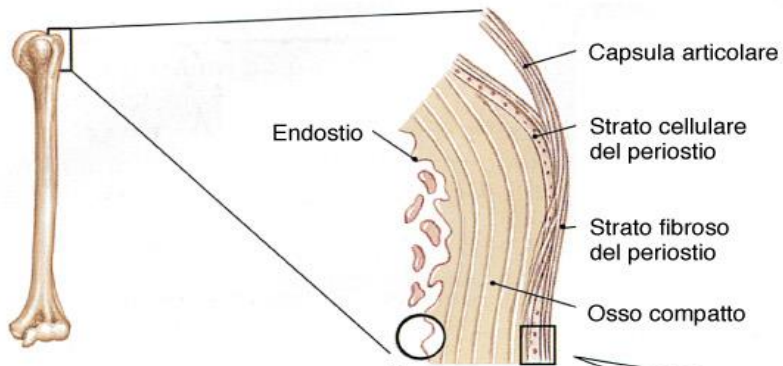
Il **periostio** è il rivestimento della **superficie esterna** di un osso; è costituito da uno strato esterno fibroso e da uno strato interno cellulare (progenitori e osteoblasti)

- separazione e protezione dell'osso
- via per i vasi e i nervi
- crescita e riparazione dell'osso
- attecchimento alla rete tissutale connettivale (connessione con articolazioni)

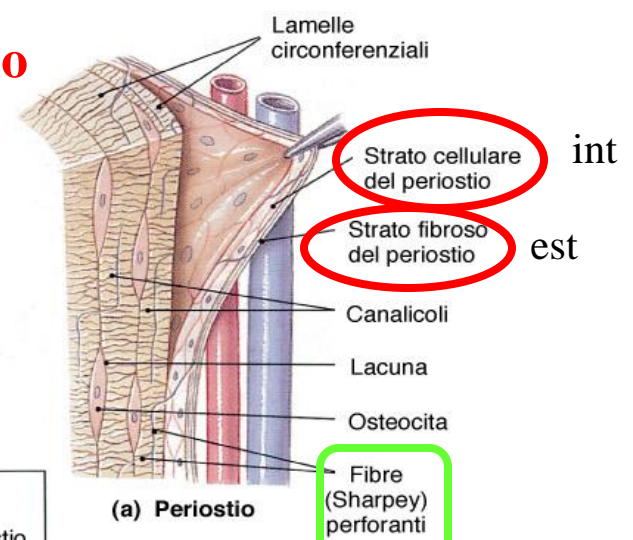
A livello delle **articolazioni** il periostio si continua con il connettivo che circonda e stabilizza le articolazioni, le sue fibre sono intrecciate con quelle dei **tendini** che si inseriscono sull'osso.

Sulla superficie interna dell'osso, l'**endostio** riveste la **cavità midollare** con uno strato cellulare incompleto.

- Riveste le trabecole dell'osso spugnoso e la superficie interna del canale centrale degli osteoni
- è attivo durante la crescita dell'osso e quando è necessario riparare o rimodellare.



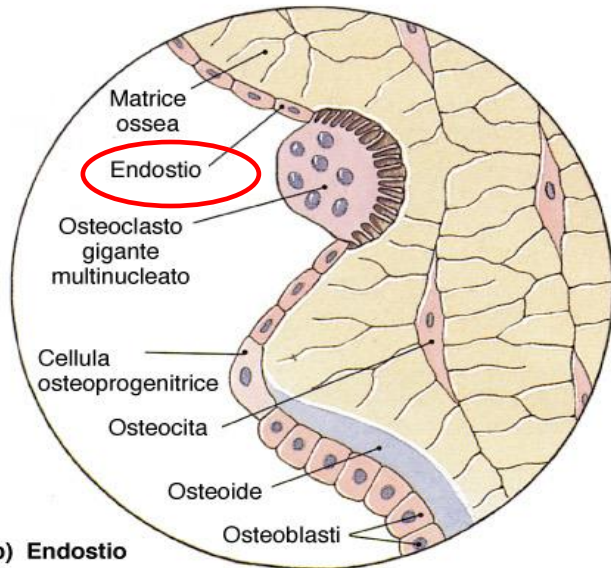
## periostio



(a) Periostio

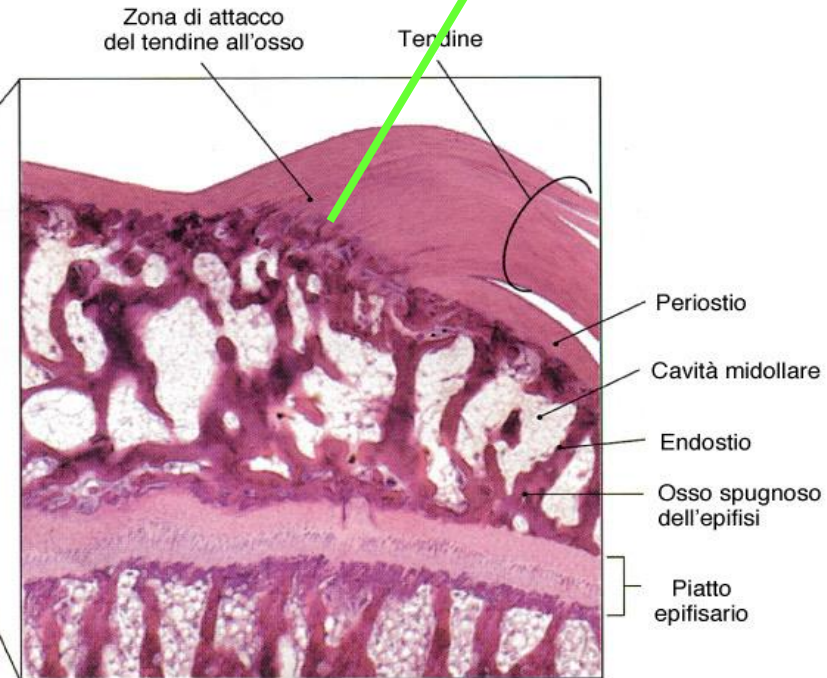
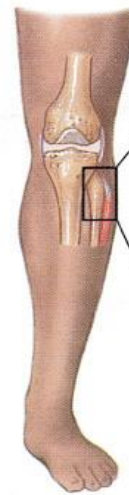
Il periostio è costituito da uno strato esterno (fibroso) e da uno interno (cellulare). Le fibre collagene del periostio si continuano con quelle dell'osso, delle capsule articolari e delle inserzioni di tendini e legamenti.

## endostio



(b) Endostio

L'endostio è uno strato cellulare incompleto. Contiene cellule epiteliali, osteoblasti, cellule osteoprogenitrici ed osteoclasti.

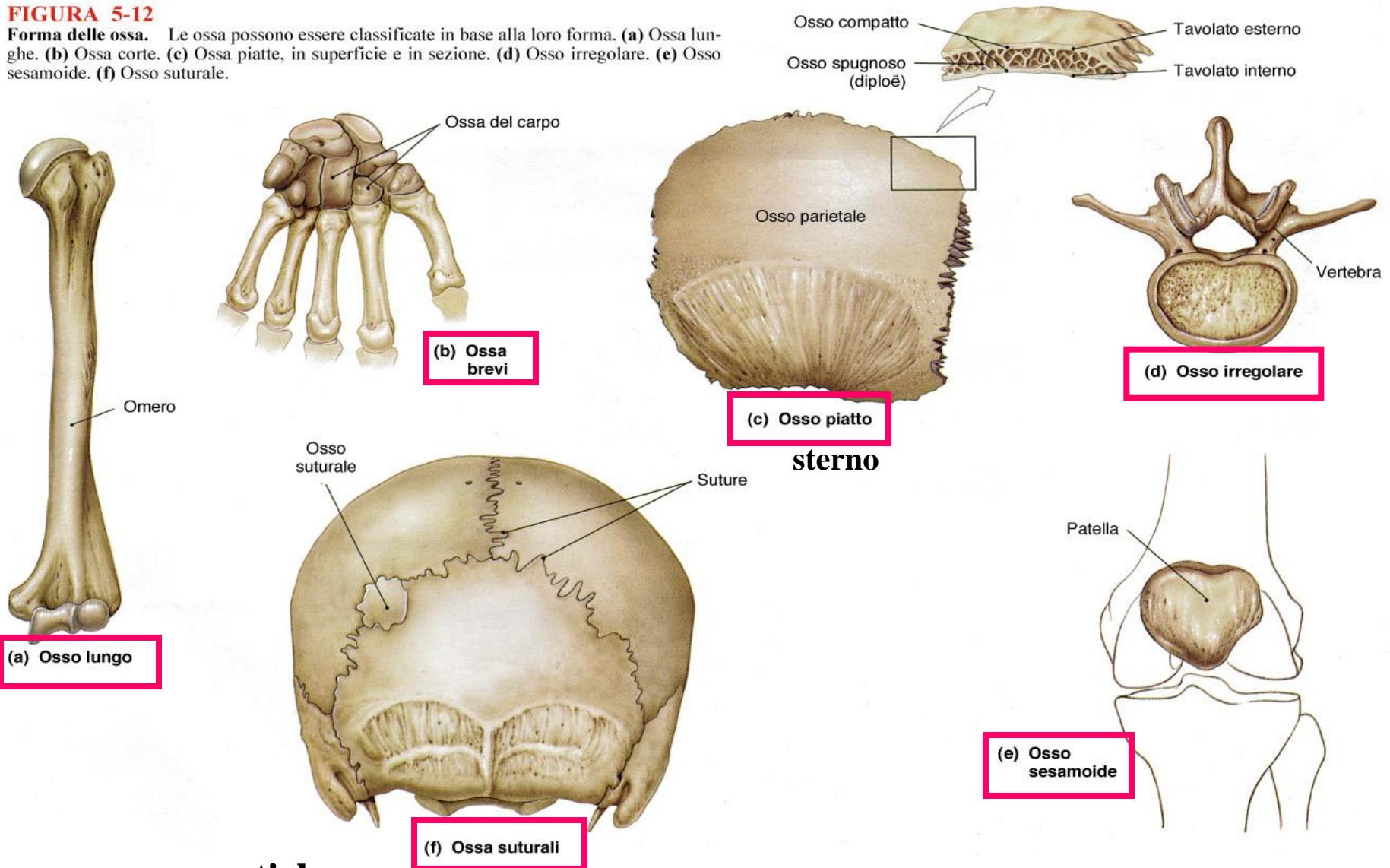


(c) Giunzione tendine-osso

# OSSA: CLASSIFICAZIONE MORFOLOGICA

**FIGURA 5-12**

**Forma delle ossa.** Le ossa possono essere classificate in base alla loro forma. (a) Ossa lunghe. (b) Ossa corte. (c) Ossa piatte, in superficie e in sezione. (d) Osso irregolare. (e) Osso sesamoide. (f) Osso suturale.



+ ossa pneumatiche

# OSSA: MORFOLOGIA

**CIASCUN SEGMENTO SCHELETRICO HA FORMA PARTICOLARE  
E SPECIFICHE CARATTERISTICHE di superficie:**

## **RILIEVI o PROIEZIONI:**

Punti di inserzione di tendini e legamenti  
Nei punti in cui le ossa si articolano tra loro

## **DEPRESSIONI, FOSSE e CANALI:**

Zone presenti sull'osso  
Indicano zone di penetrazione o di rapporto con vasi o nervi

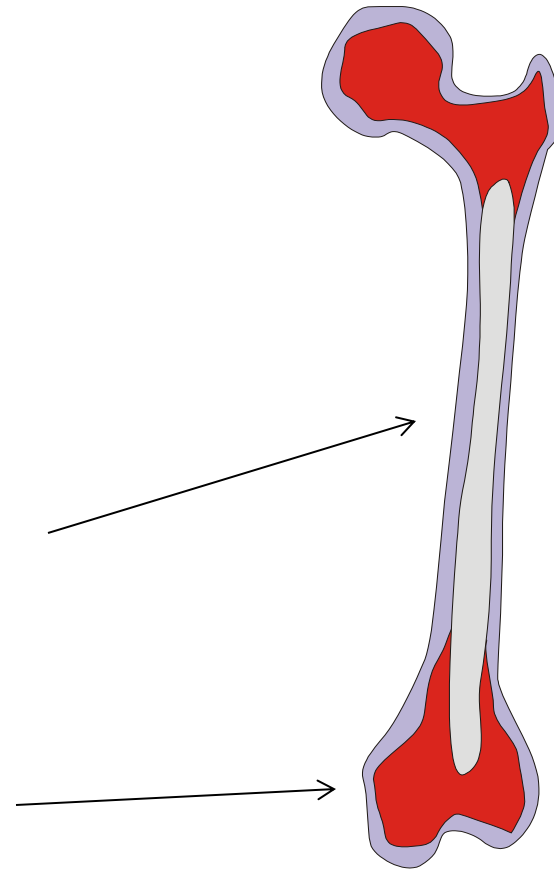
## *Ossa lunghe:*

la lunghezza prevale sulla larghezza e sullo spessore

•Ossa dalla forma irregolarmente cilindrica, formate da una parte centrale allungata detta *diafisi* e due estremità rotondeggianti denominate *epifisi*

*Diafisi:* tessuto osseo compatto che circonda un canale centrale (la cavità midollare)

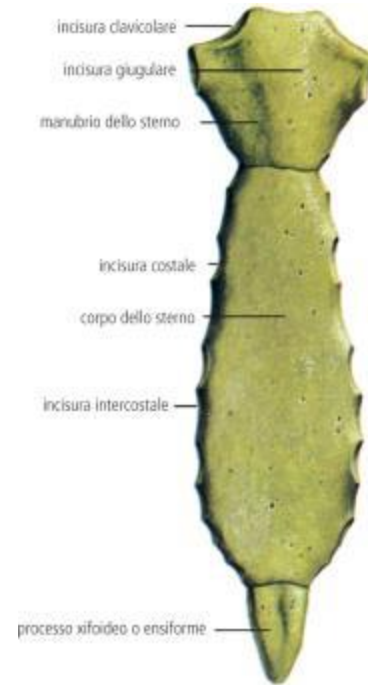
*Epifisi:* costituite prevalentemente da tessuto osseo spugnoso rivestite da un sottile strato di osso compatto





## *Ossa piatte:*

Piatte e, con due assi maggiori rispetto al terzo. Sono costituite da due sottili lamine di osso compatto che racchiudono la parte spugnosa contenente il midollo osseo (es. cranio, sterno, coste).



## *Ossa brevi:*

Forma cubica irregolare- costituite da 2 strati di osso compatto che racchiudono 1 strato di osso spugnoso- mostrano 3 dimensioni più o meno uguali (es. ossa del carpo e del tarso).



## *Ossa irregolari:*

Forma complessa con superfici corte, appiattite, incavate o spigolose (vertebre). Spesso raggruppate.

## *Ossa suturali:*

Piccole, appiattite, di forma strana che si trovano nelle linee di sutura tra le ossa piatte del cranio. I loro margini sono simili ai pezzi di un puzzle.

## *Ossa sesamoidi (irregolari isolate):*

In genere piccole, tondeggianti ed appiattite; si sviluppano all'interno di tendini e sono frequentemente localizzate in prossimità dell'articolazione del ginocchio (patella), nelle mani e nei **piedi**.



Supporto per i tendini  
Bilanciano il peso corporeo  
Soggette a lesioni se sottoposte a  
pressione eccessiva (es ballerini)

# Struttura di un OSSO LUNGO

## OSSO SPUGNOSO

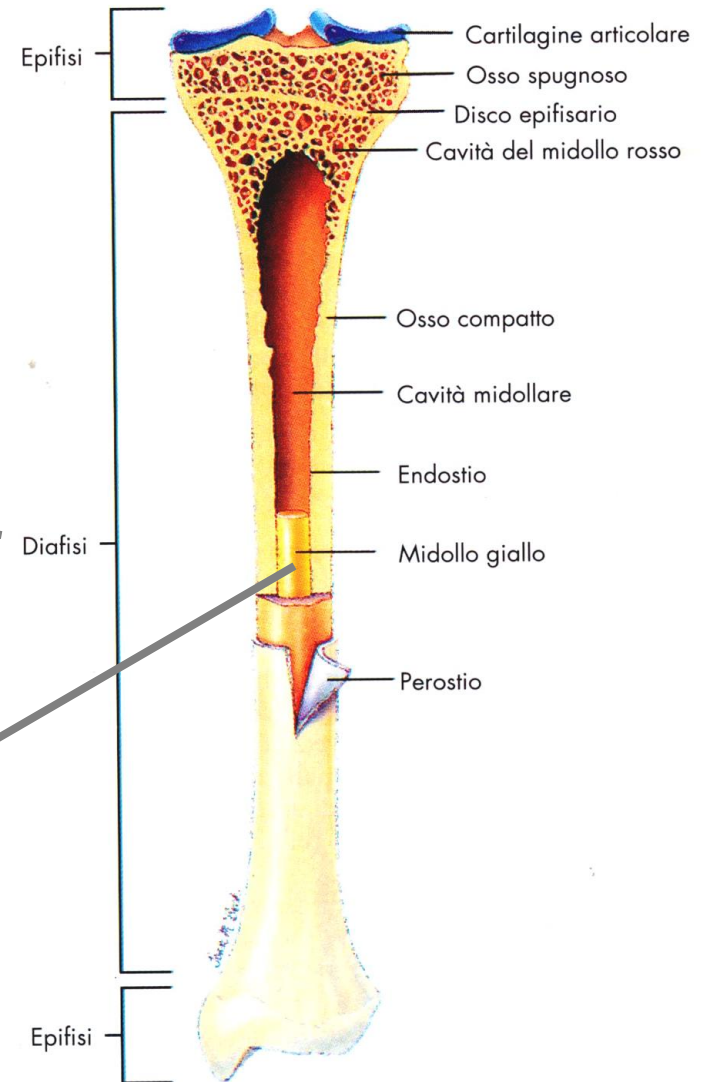
- rete aperta di trabecole e spicole
- disposizione irregolare delle lamelle
- presente nelle epifisi
- cavità (midollo: tessuto emopoietico)

## OSSO COMPATTO

- osteoni
- lamelle interstiziali
- esternamente
- forma le pareti dell'osso

## CAVITA' MIDOLLARE CENTRALE

- nell'embrione midollo osseo rosso emopoietico
- nell'adulto tessuto adiposo (midollo giallo)



# IL MIDOLLO OSSEO

Il midollo osseo è un tipo specializzato di tessuto connettivo responsabile dell'emopoiesi. E' costituito da due componenti principali:

-**stroma** di fibre reticolari e cellule (fibroblasti specializzati), che rappresentano la struttura di supporto per le **cellule ematiche** in via di sviluppo (+ fattori di crescita)

-un sistema di **sinusoidi ematici** collegati tra loro che defluiscono verso le vene

**MIDOLLO ROSSO:** midollo osseo in attività, ripieno di **cellule staminali** in replicazione e di precursori di tutte le cellule ematiche.

Nel bambino presente in tutte le ossa, nell'adulto nelle coste, corpo vertebre, epifisi omero e femore, ossa cranio.

**MIDOLLO GIALLO:** con il passare del tempo, il midollo delle ossa diventa meno attivo ed è progressivamente sostituito da **adipociti**

# OSSIFICAZIONE

processo attraverso il quale un tessuto viene sostituito da tessuto osseo



## DI MEMBRANA (DIRETTA)

L'osso si forma a partire da una membrana di **tessuto connettivo**

- ossa piatte del cranio
- mandibola
- clavicola
- ossa sesamoidi (patella)
- riparazione ossea
- sfregamento (es cowboys)

## DI SOSTITUZIONE

### (INDIRETTA-ENDOCONDRALE)

Inizialmente si forma uno **scheletro cartilagineo (c.Ialina)** che attraverso dei **centri di ossificazione** viene poi sostituito da osso; riguarda la gran parte delle ossa

- ossa lunghe e corte del corpo

# OSSIFICAZIONE DI SOSTITUZIONE

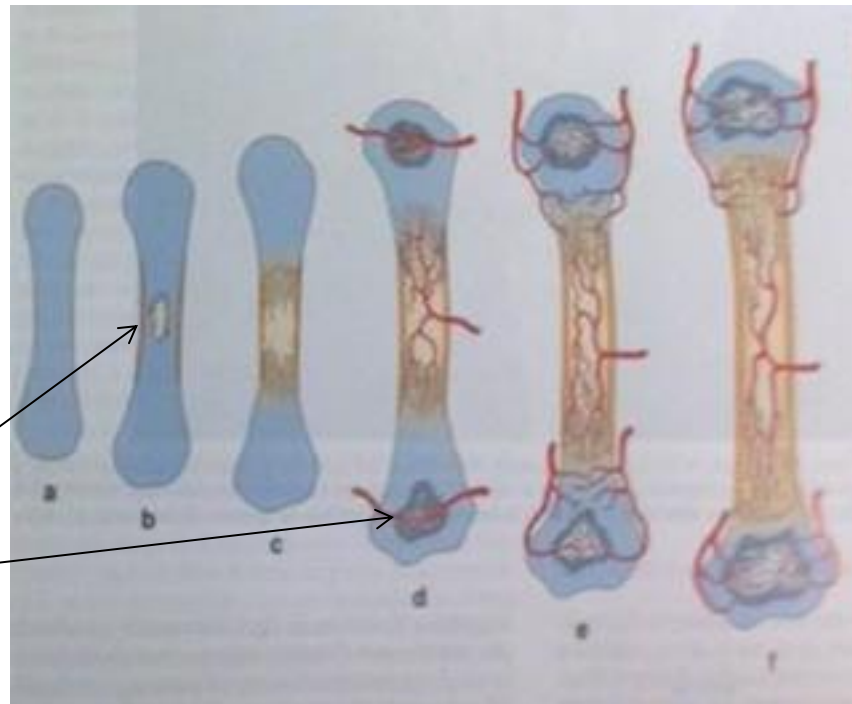
Feto: scheletro cartilagineo

Nei centri di ossificazione inizia la mineralizzazione

I condrociti muoiono e vengono sostituiti da osteoblasti

I vasi sanguigni invadono la cartilagine in via di degenerazione

Nelle metafisi ancora alcuni condrociti: per accrescimento osseo



**Centro di ossificazione**

# PROGRESSIONE dell' OSSIFICAZIONE

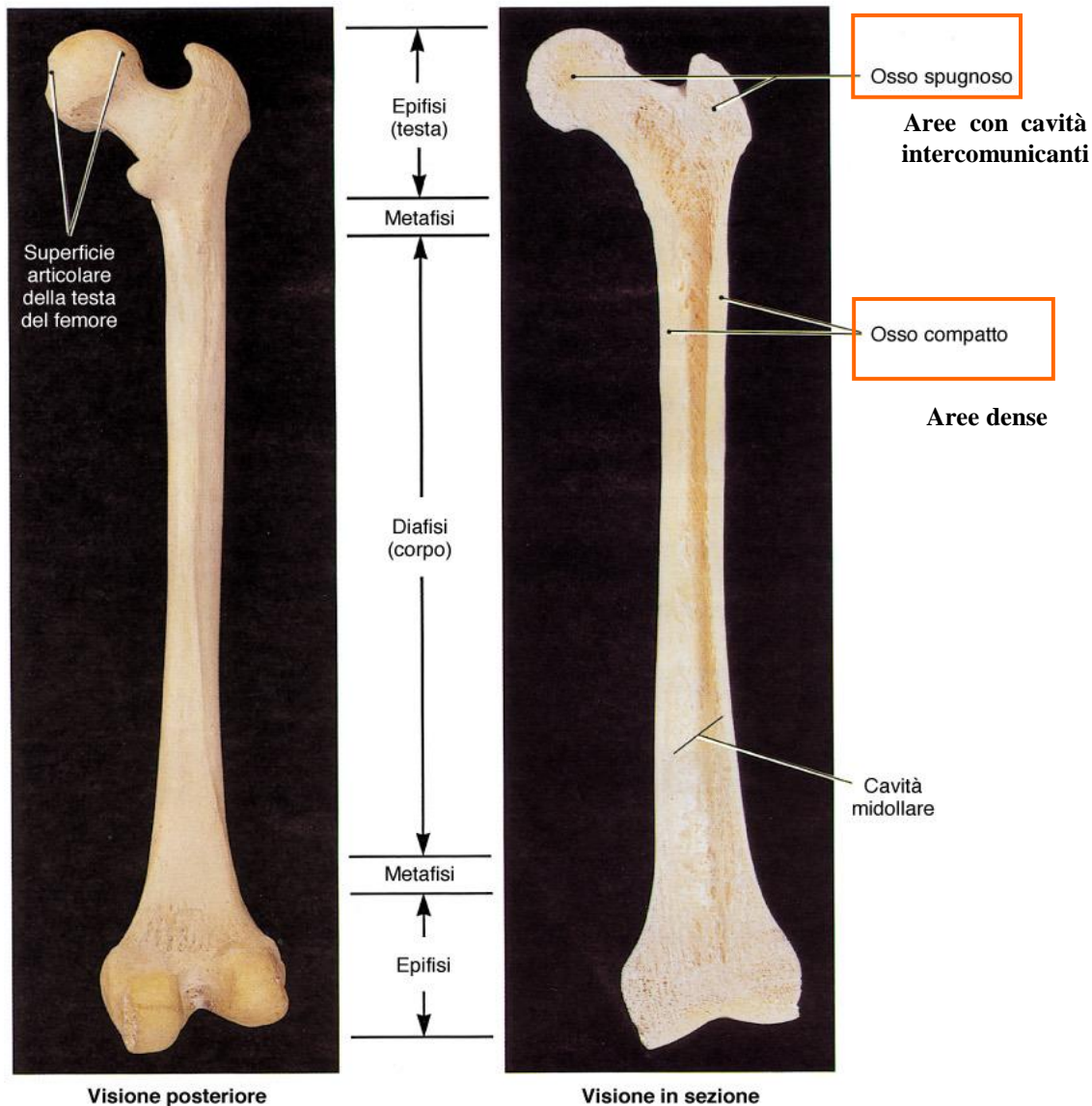
Il tessuto osseo è l'ultimo tessuto a iniziare a essere prodotto durante la gestazione.

Il processo di ossificazione continua per circa i primi 25 anni di vita dell'individuo.

La crescita dell'osso risulta essere sotto il controllo **dell'ormone della crescita** nel periodo che precede la pubertà, per poi passare sotto il controllo degli **ormoni sessuali** nel periodo successivo.

Periodo	Ossa coinvolte
Terzo mese di gestazione	Comincia l'ossificazione delle ossa lunghe
Quarto mese di gestazione	La maggior parte dei centri di ossificazione primaria sono apparsi a livello della diafisi ossea
Dalla nascita all'infanzia	Comparsa dei centri di ossificazione secondaria a livello epifisiario
Dall'infanzia alla pubertà	Ossificazione rapida di numerose ossa
Dopo la pubertà	Ossificazione completa della <b>scapola</b> e delle ossa dell'arto superiore
A partire dai 18 anni	Ossificazione completa dell' <b>anca</b> e delle ossa dell'arto inferiore
A partire dai 23 anni	Ossificazione completa della <b>clavicola</b> , delle ossa dello <b>sterno</b> e delle <b>vertebre</b>
A partire dai 25 anni	Praticamente tutte le ossa sono formate

# Accrescimento di un OSSO LUNGO: es femore

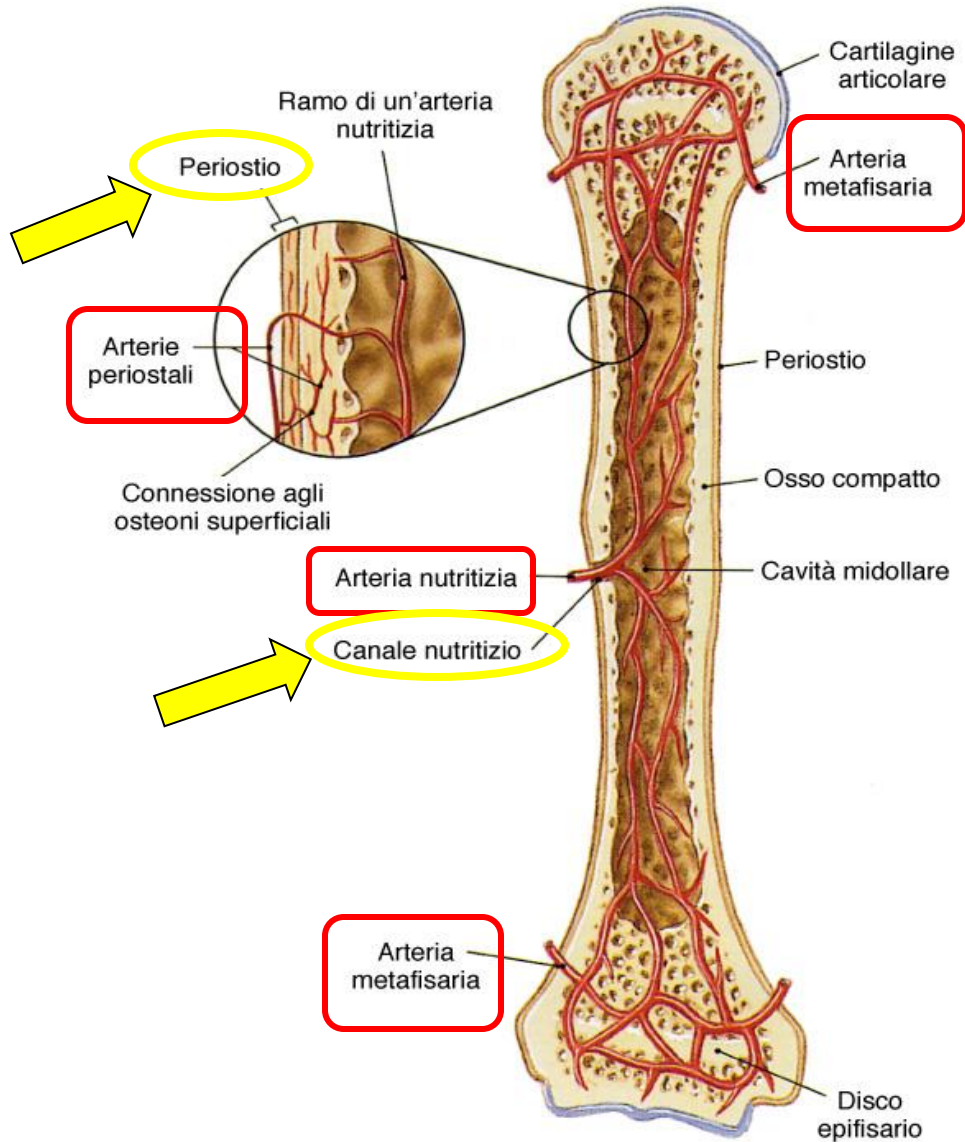


Un osso lungo in via di sviluppo aumenta di LUNGHEZZA a livello del **DISCO ipofisario**, strato cartilagineo che separa l'epifisi dalla diafisi.

Il DIAMETRO di un osso lungo invece si accresce per **apposizione**, cioè per deposizione sulla superficie esterna.



# VASCOLARIZZAZIONE DELL'OSSO



Il tessuto osseo è molto vascolarizzato.

Attraverso i **forami** dove passano i vasi, passano anche le terminazioni nervose.

**FIGURA 5-10**

Vascolarizzazione sanguifera di un osso maturo. Disposizione dei vasi ematici nell'omero.

## *L'osso è un tessuto dinamico, viene continuamente deposto e riassorbito*

- osso in continuo rimodellamento anche nell'adulto: osteoclasti(citi)-osteoblasti
- ogni anno circa 1/5 dello scheletro adulto viene demolito e poi ricostruito. L'osso spugnoso (trabecolare) della testa del femore può essere sostituito 2 o 3 volte l'anno, mentre l'osso compatto della diafisi ha un rimodellamento molto più lento.

# Fattori che controllano lo sviluppo, accrescimento e rimodellamento dell'osso

**ALIMENTAZIONE (sali minerali e VIT. A e C)**

**ESPOSIZIONE alla LUCE SOLARE**

**vitamina D** stimola assorbimento di ioni calcio a livello intestinale

**FATTORI ORMONALI (differenze tra m e f)**

- **Ormone della crescita (GH) e tiroxina**

- ormoni sessuali (**estrogeni e testosterone**)

- **paratormone** (ipercalcemizzante): **stimola** attività degli osteoblasti/clasti e aumenta l'assorbimento di calcio a livello intestinale e **riduce quello eliminato con le urine**

- **calcitonina** (ipocalcemizzante): **inibisce** attività osteoclasti e **aumenta la quantità di calcio eliminato con le urine**

**ATTIVITA' FISICA**

## Esempio clinico: il rachitismo

Il rachitismo è una malattia tipica dell'età pediatrica ed è causato da un difetto di ossificazione della **matrice osteoide** di nuova formazione, soprattutto a livello delle cartilagini delle articolazioni e delle zone di calcificazione provvisoria.



Al centro dell'eziopatogenesi del rachitismo si trovano alterazioni del metabolismo osseo e della vitamina D

# Esempio clinico: l'osteoporosi

**Nell'anziano: crollo ormoni sessuali  
scarsa attività fisica**

