

SISTEMA SCHELETRICO



TESSUTI SCHELETRICI

- Il tessuto cordoide
- Il tessuto cartilagineo
- Il tessuto osseo
- Altri tessuti scheletrici mineralizzati, quali la dentina e lo smalto, a livello dello scheletro più superficiale di vertebrati, in acquatici estinti e nelle scaglie dei pesci moderni

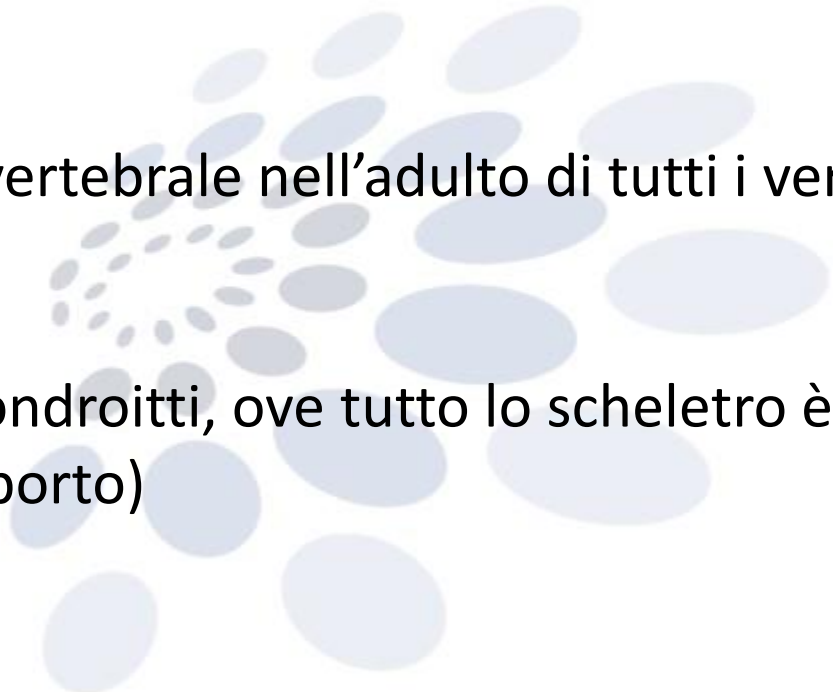
Il tessuto cordoide

forma la notocorda,

l'organo di sostegno assiale dell'embrione di tutti i vertebrati.

Sostituita dalla colonna vertebrale nell'adulto di tutti i vertebrati,

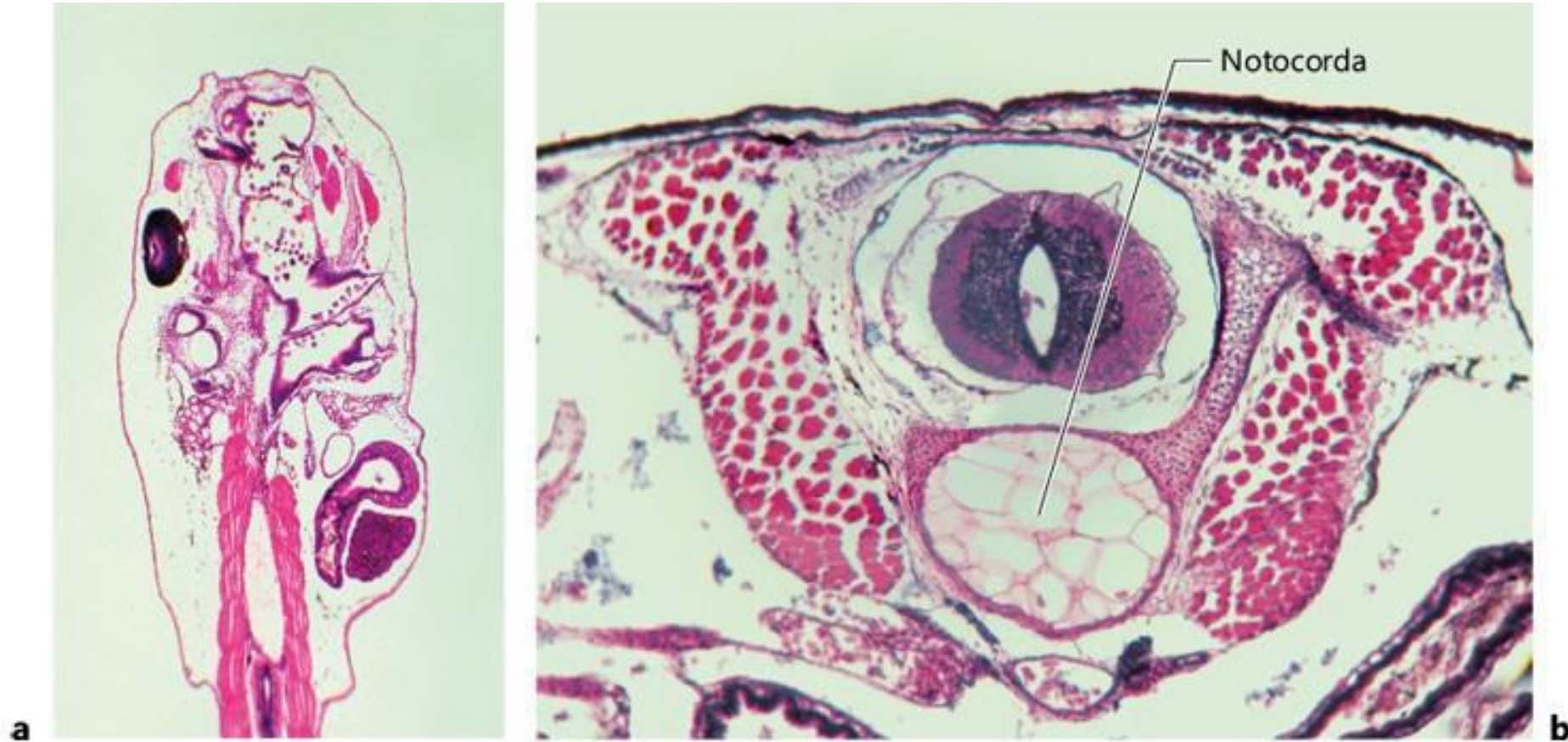
eccezione dei ciclostomi e dei condroitti, ove tutto lo scheletro è costituito da cartilagine (con acqua di supporto)



Tessuto cordoide

Notocorda di larva di rana

Le cellule della notocorda sono vescicolose, perché ripiene di liquido, e atte a esercitare una funzione di sostegno. La parete della notocorda è formata da una guaina connettivale. a, Sezione longitudinale in visione dorsale. b, Sezione trasversa.



Tessuto cartilagineo

Tipi di cartilagine

La cartilagine è un tessuto connettivo di sostegno

Composta da

condrociti, producono matrice cartilaginea

condroclasti, degradano la cartilagine.

La matrice cartilaginea è composta da fibre collagene,

NB: i condrociti mantengono la loro capacità di dividersi per mitosi e ogni cellula figlia è in grado di produrre nuova matrice.

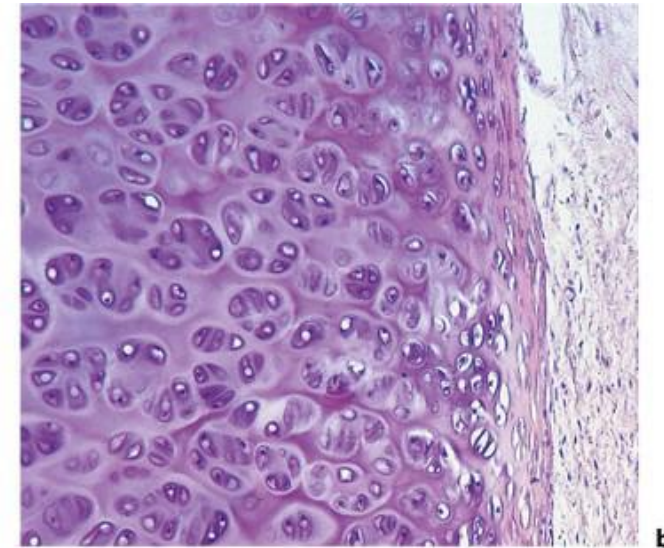
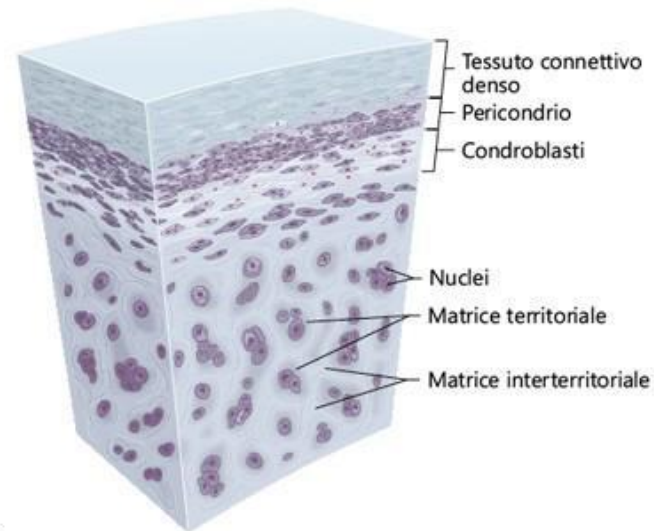
Cartilagine è unica tra i tessuti scheletrici, in quanto è in grado di accrescersi dall'interno

Tessuto cartilagineo

Tipi di cartilagine

Tipi di cartilagine

- Ialina (più comune)
- Elastica (padiglione auricolare dei mammifer)
- Fibrosa (sinfisi pubica)

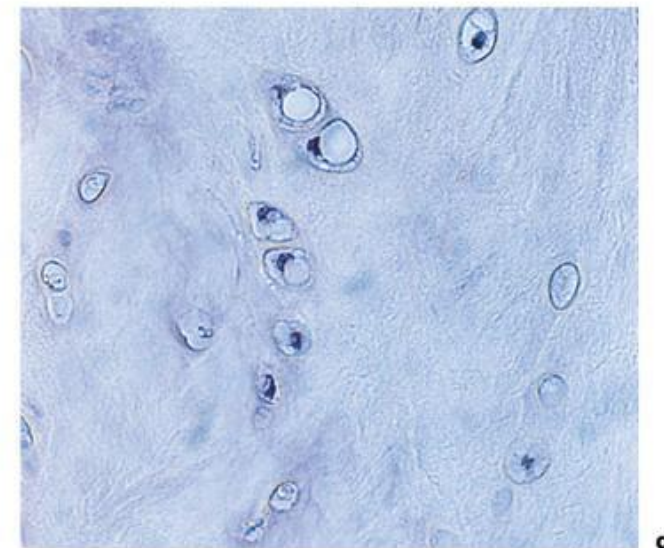
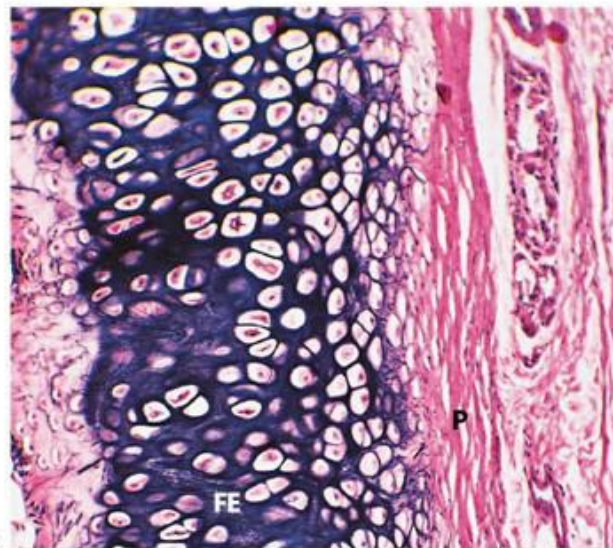


a, Struttura della cartilagine ialina.

b, Cartilagine ialina della trachea (ematossilina-eosina).

c, Cartilagine elastica dell'orecchio esterno di mammifero (ematossilina di Verhoeff per l'elastina).

d, Cartilagine fibrosa di sinfisi pubica di mammifero. FE, fibre elastiche; P, pericondrio.



© edi.ermes, milano

Tessuto osseo

I diversi tipi di tessuto osseo dipendono da:

- processi ontogenetici
- influenze filogenetiche
- sollecitazioni meccaniche
- ambiente

Quattro sono i tipi cellulari presenti nell'osso:

- cellule osteoprogenitrici, osteoblasti, osteo-citi (stadi funzionali successivi di un unico citotipo.)
- osteoclasti.

Sollecitazioni meccaniche

Legge di Wolff

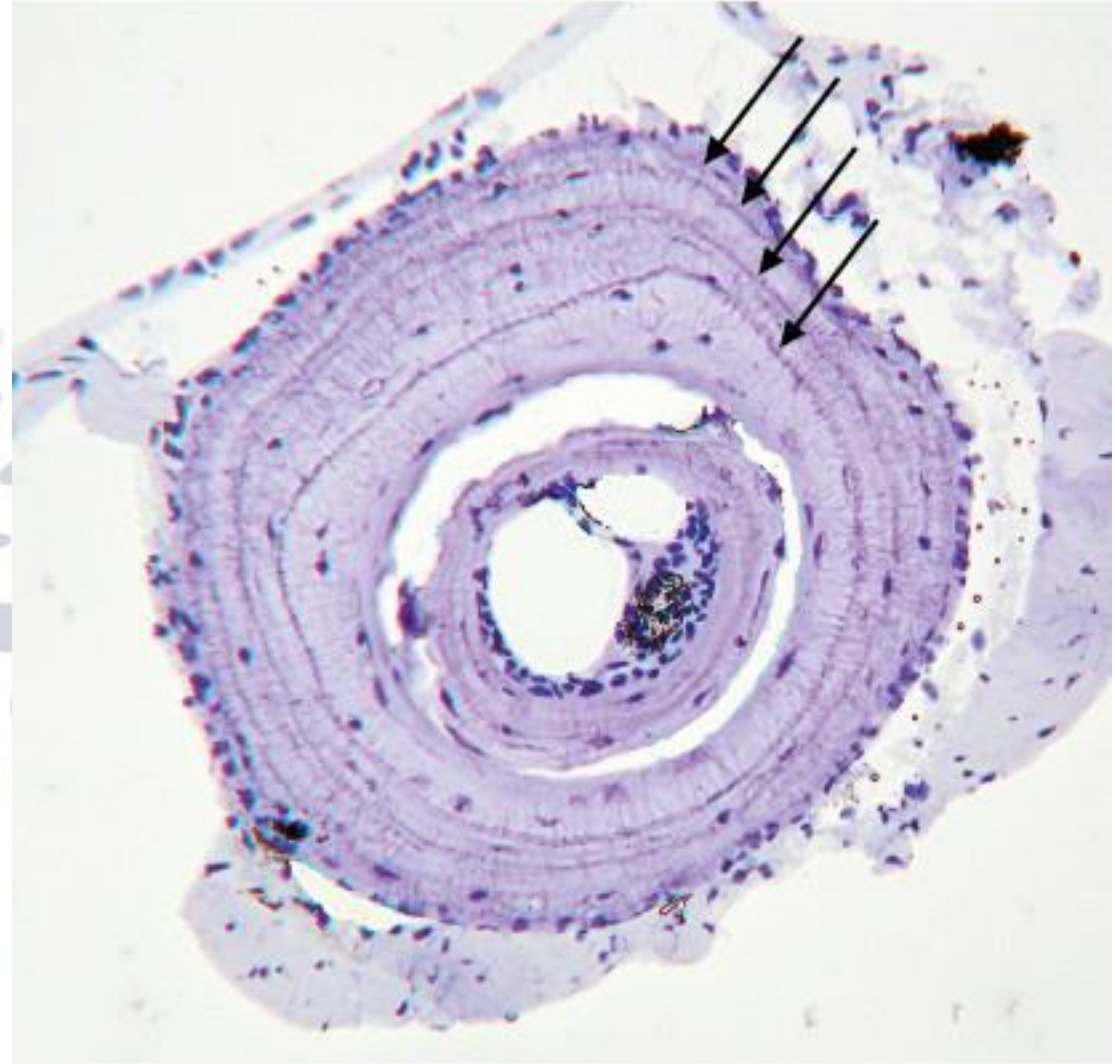
Le variazioni funzionali o morfologiche delle ossa determinano alterazioni della struttura della sostanza ossea e cambiamenti della conformazione esterna delle ossa.

Condizioni ambientali

Per esempio, nei vertebrati ectotermi i tassi metabolici rallentano quando le temperature sono relativamente basse; ciò provoca anche un decremento o arresto della crescita somatica per periodi più o meno prolungati in dipendenza delle condizioni climatiche. (linee di arresto della crescita)

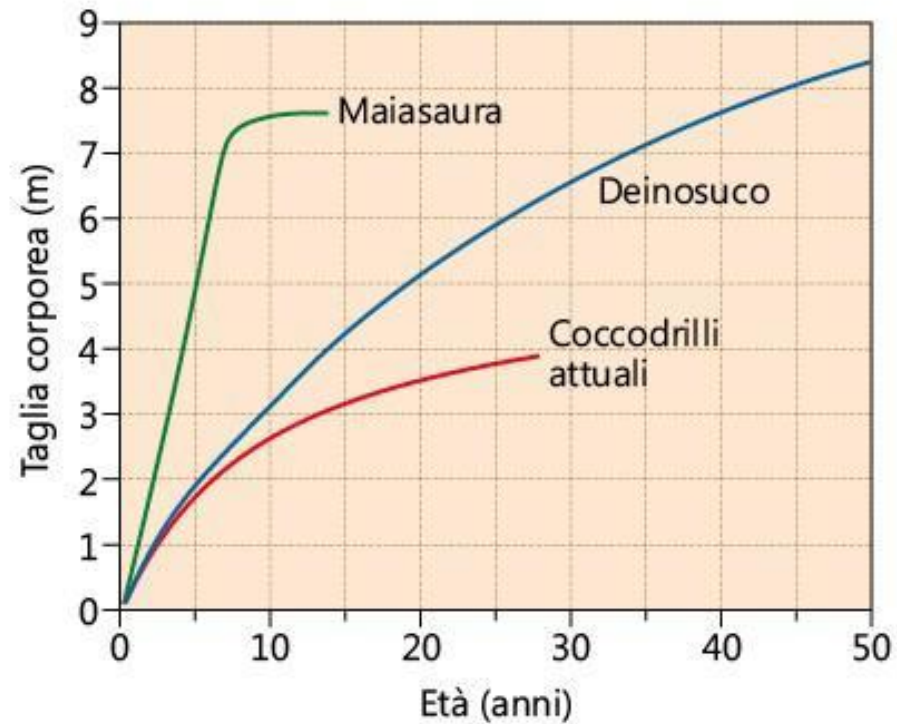
Scheletrocronologia

Sezione trasversa colorata di falange di anfibio. Le frecce indicano le lines of arrested growth (LAG) (pgc Fabio M. Guarino)



Scheletrocronologia

Relazione tra età e taglia corporea in due specie di dinosauri e nei coccodrilli



© edi.ermes, milano

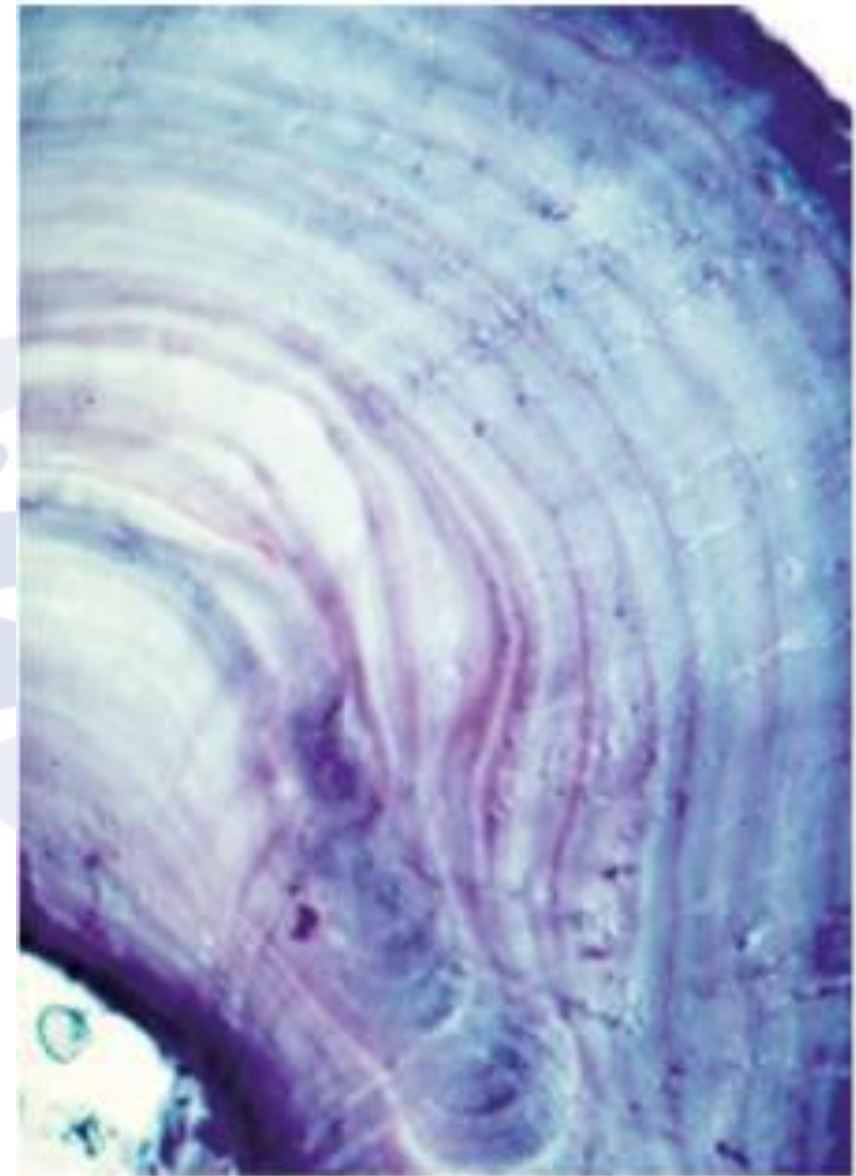
Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Tessuto osseo acellulare

Aspidina,

nei vertebrati esistenti l'osso acellulare si rinvia solo nei teleostei e soprattutto a livello dello scheletro cutaneo

Tipo di osso acellulare che caratterizzava i primi vertebrati, per esempio gli eterostraci.



Osso acellulare in una sezione del raggio endoscheletrico della pinna di teleosteo

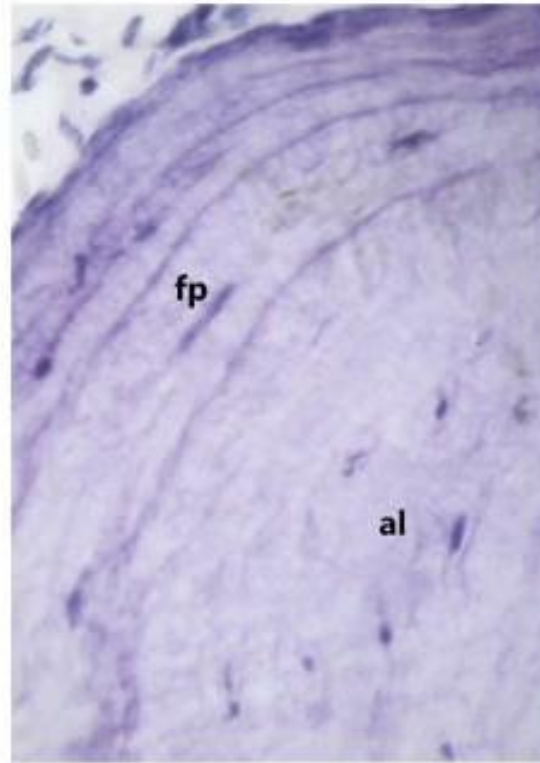
Tessuto osseo cellulare

Classificazione secondo la vascolarizzazione

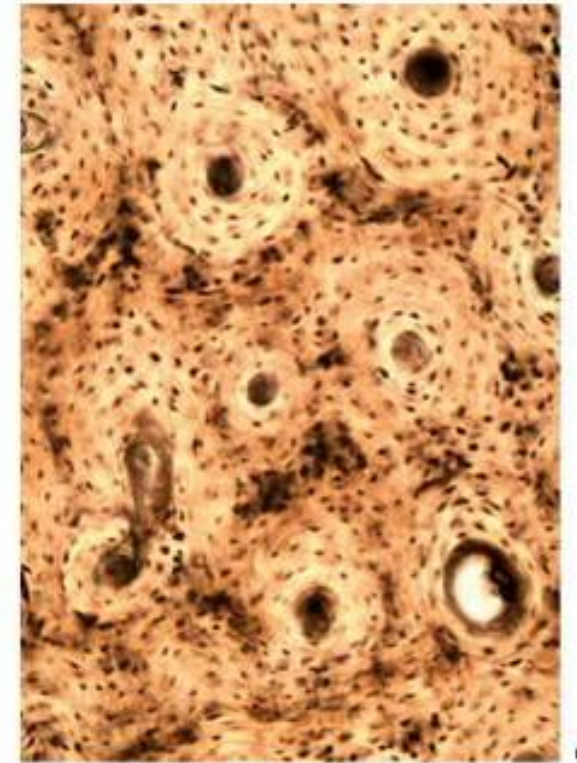
- avascolare
- vascolare

Classificazione secondo la disposizione delle fibre:

- alamellare– pseudolamellare
- lamellare– osteonico– laminare
- fibrolamellare– plessiforme
- lamellare zonale



b



c

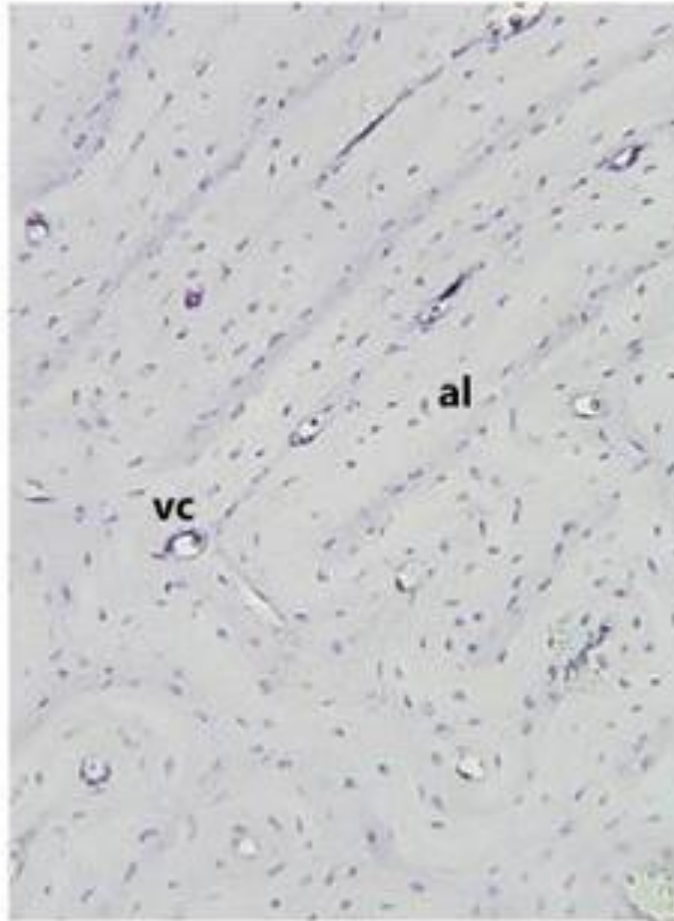
b, Osso alamellare o fibroso (al) e pseudolamellare o a fibre parallele (fp) in una sezione di falange dell'anfibio Rana temporaria. Si noti che le linee concentriche costituiscono le linee di arresto di crescita ossea. c, Osso lamellare osteonico in una sezione di metatarso di mammifero (cavallo).

pseudolamellare (o a fibre parallele) in cui le fibre collagene sono orientate in modo piuttosto parallelo ma non si organizzano mai in unità distinte (o lamelle);

d, Osso lamellare non osteonico (ln), lamellare osteonico (lo) e alamellare (al) in una sezione di femore dell'anfibio *Bombina pachypus*.



d



e

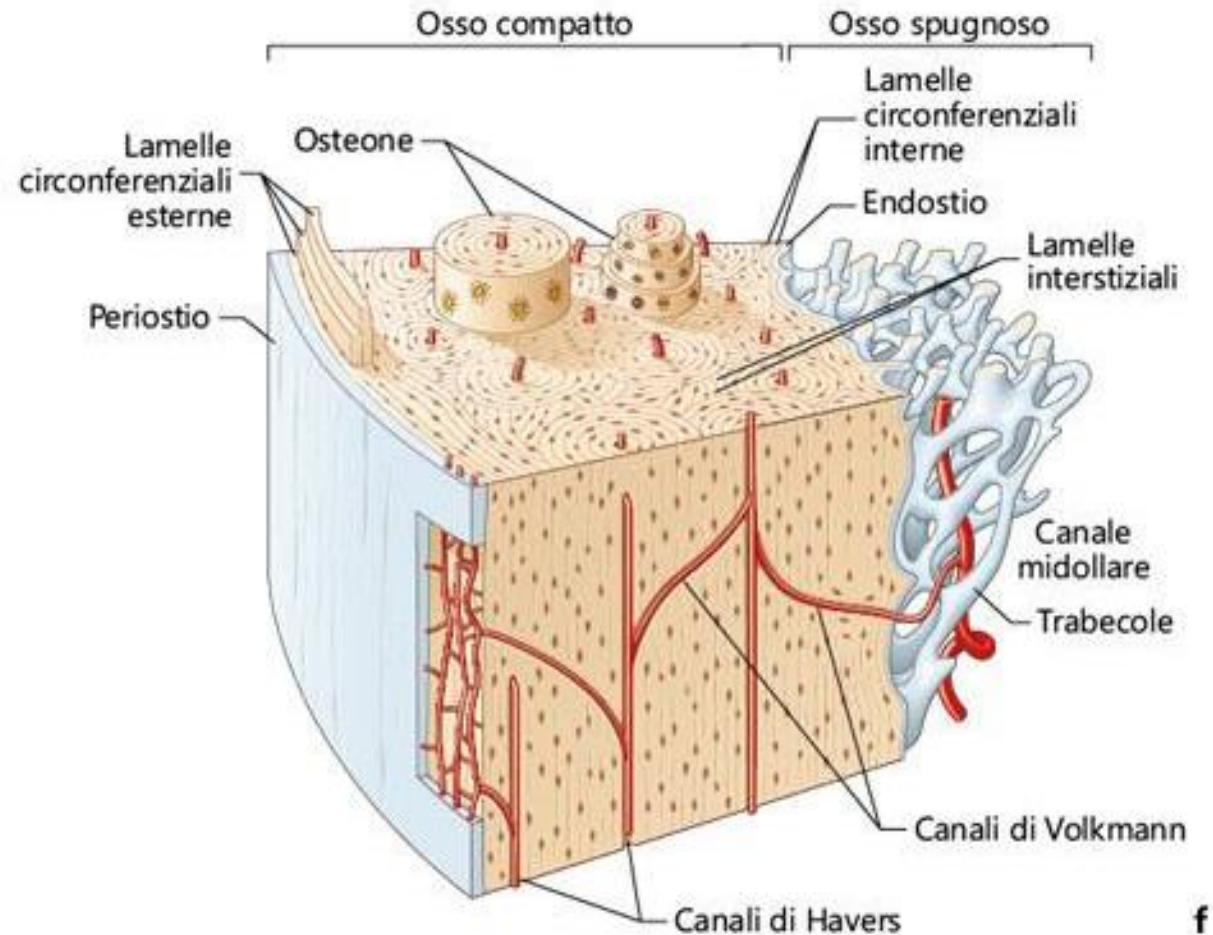
e, Osso fibrolamellare (o plessiforme) in una sezione di tibia di maiale. al, osso alamellare; vc, canale vascolare primario

tessuto osseo alamellare, detto anche fibroso o a fibre intrecciate

osso lamellare le fibre sono organizzate in unità distinte, le lamelle, all'interno delle quali le fibre sono orientate tutte nella stessa direzione

Tessuto osseo

Tipi di tessuto osseo



Lacune ossee.

Tessuto osseo avascolare, che è completamente privo di vasi, dal tessuto osseo vascolare, che invece presenta vasi variamente orientati (radiali, longitudinali eccetera).

Tessuto osseo osteonico o harvesiano

© edi.ermes, milano

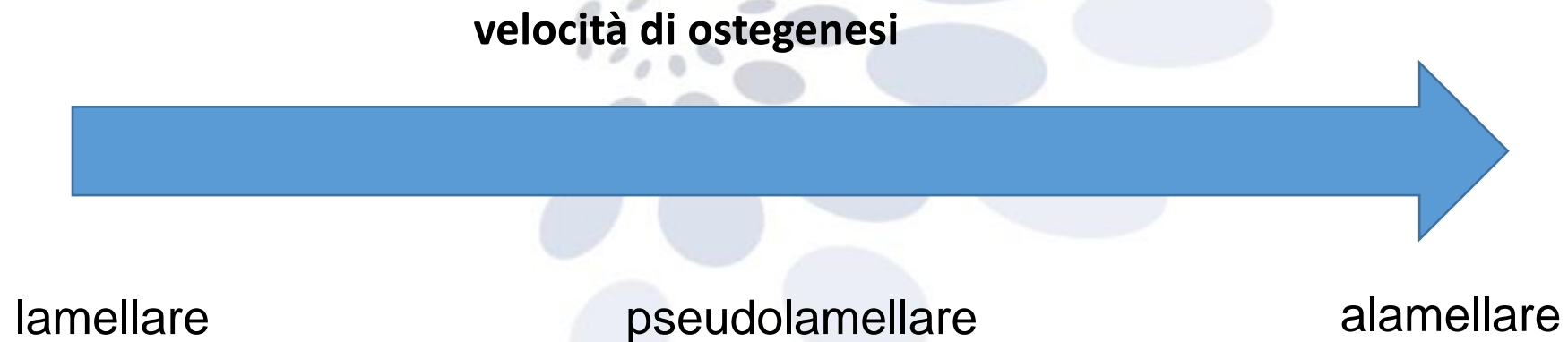
Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Tessuto osseo

Dal punto di vista funzionale:

i diversi tipi di tessuto osseo = diversi tassi di osteogenesi

Ad esempio l'osso lamellare generalmente ha un più basso grado di osteogenesi rispetto all'osso pseudolamellare e questo a sua volta ha tassi osteogenetici inferiori all'osso alamellare.



Tessuto osseo

Tipi di tessuto osseo

Smalto (s) e Dentina (d) in un dente umano

il tipo più primitivo è la mesodentina

Dalla mesodentina probabilmente sono

derivate la semidentina e la quindi la

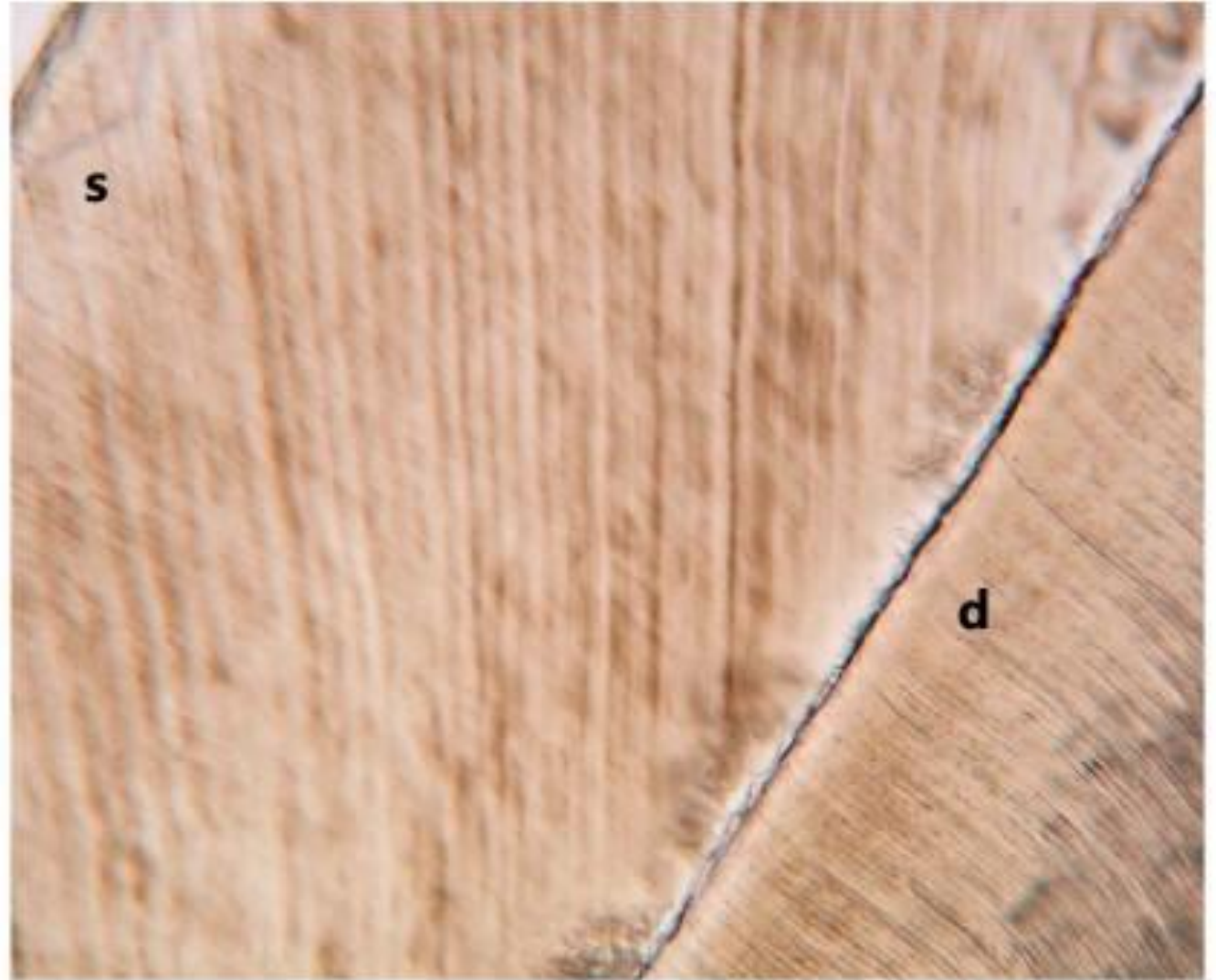
dentina acellulare ortodentina o vera

dentina

gbaj@units.it

© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
di
GABRIELE BAJ della Vita



DI TRIESTE

Tessuto osseo

Smalto: un tessuto altamente mineralizzato depositato dagli ameloblasti, cellule di derivazione ectodermica, dopo che è cominciata la formazione della dentina

La questione se lo smalto presente nei tetrapodi sia omologo a tessuti strutturalmente simili e con la medesima derivazione embrionale presenti nei pesci sensu lato è ancora ampiamente dibattuta



© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Ossa

Classificazione secondo la morfologia:

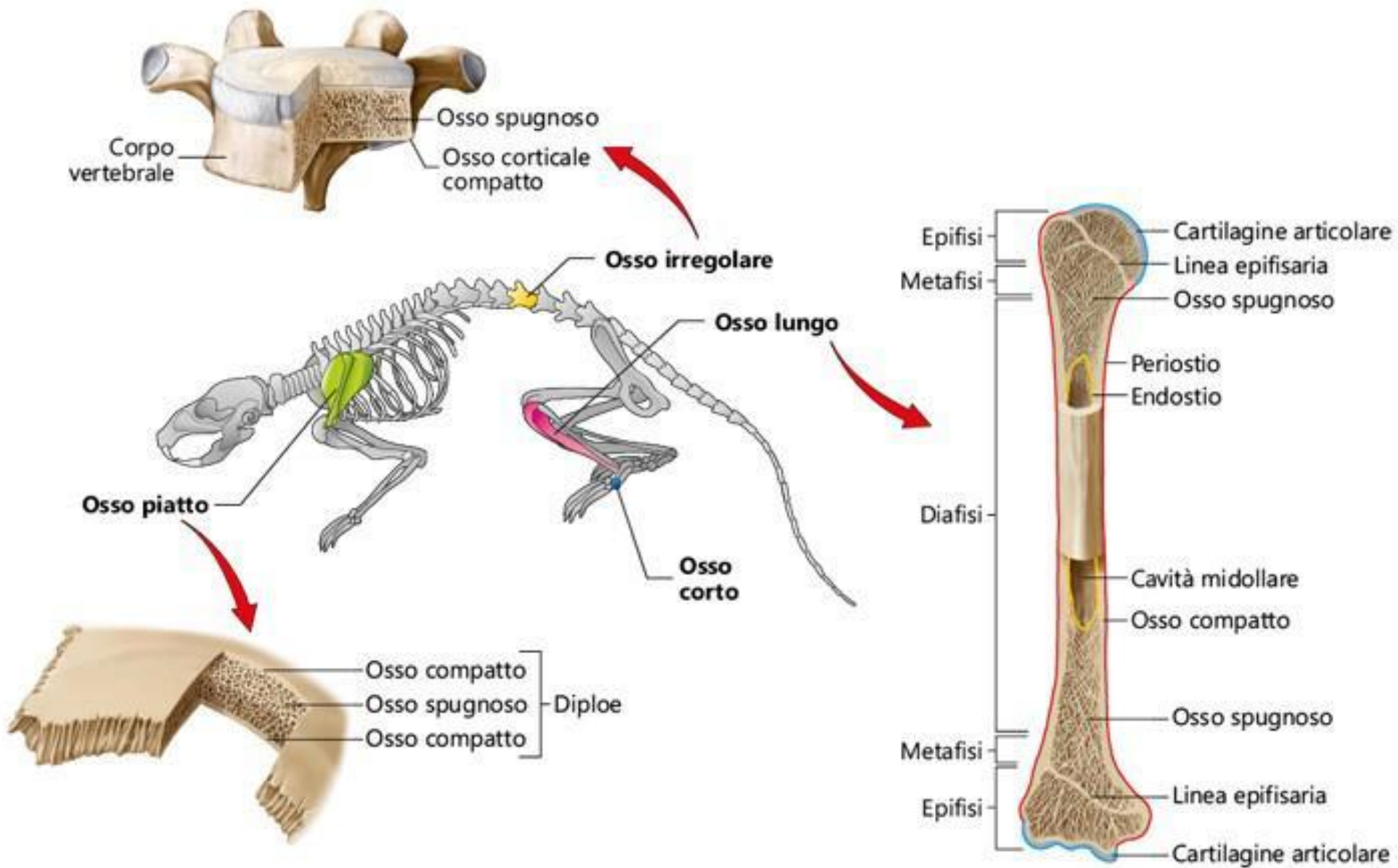
- lunghe
- corte
- piatte
- irregolari

Classificazione secondo un'osservazione macroscopica:

- compatte
- spugnose

Classificazione secondo il processo di ossificazione:

- autostosi (ossa dermiche)
- allostosi (ossa di sostituzione)

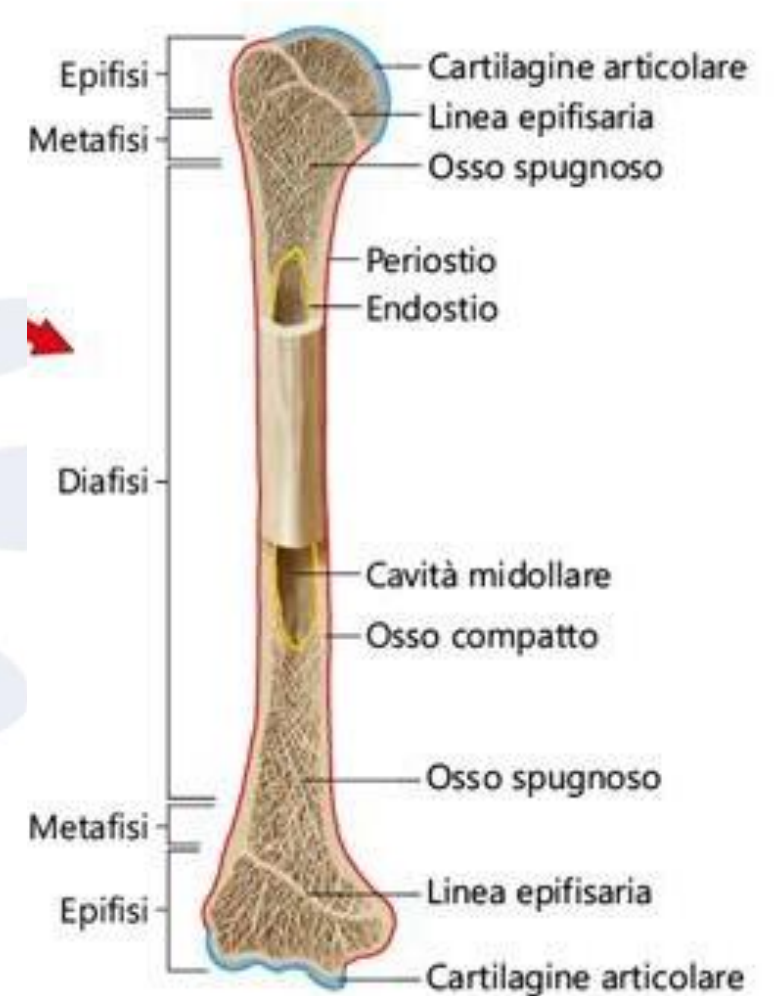
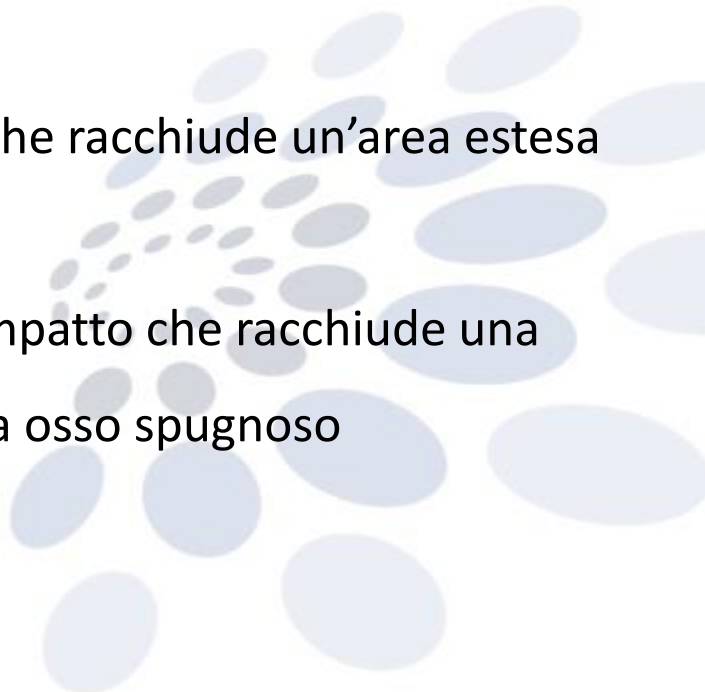


Classificazione morfologica delle ossa e processi di ossificazione

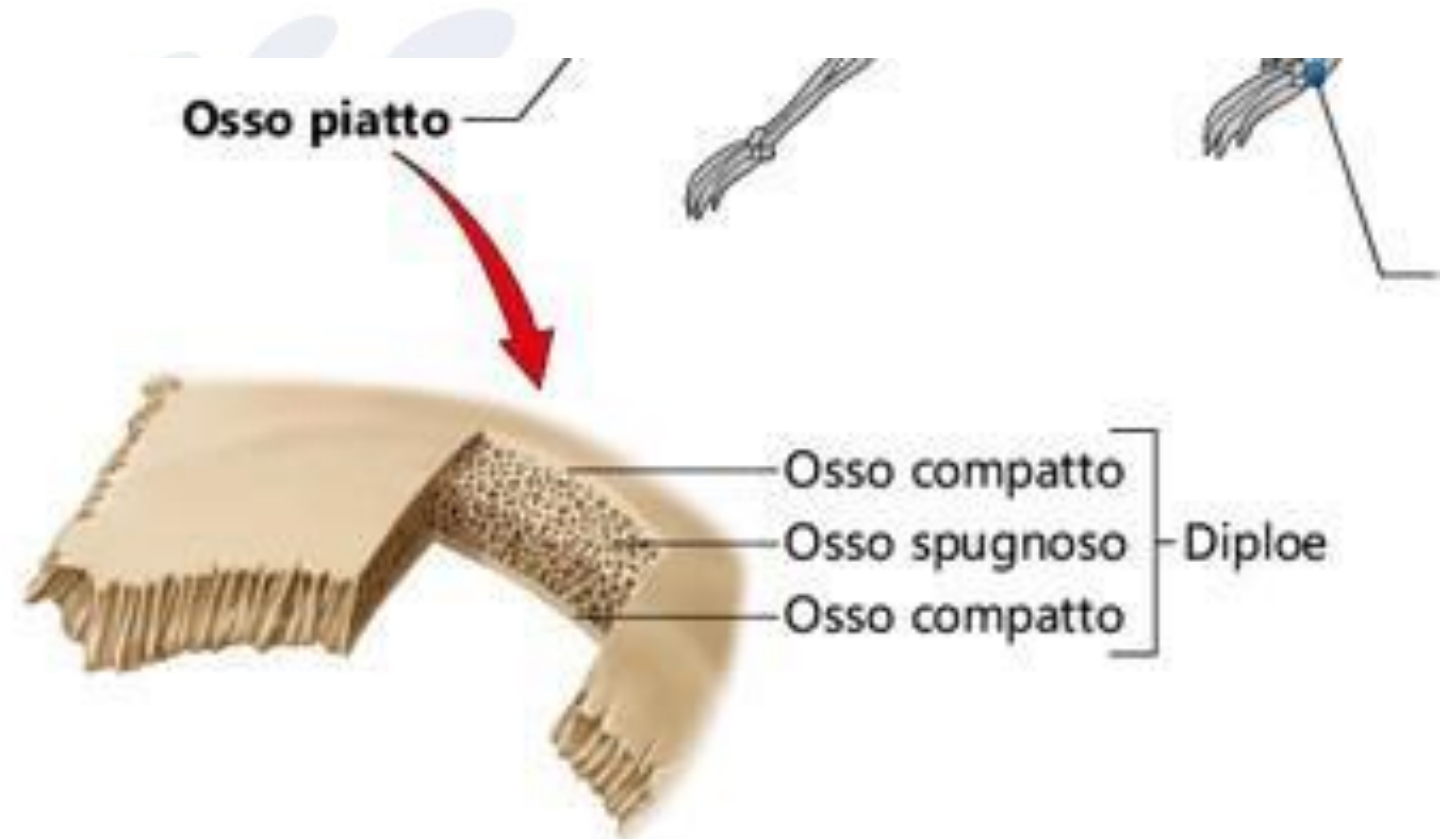
Nella sezione longitudinale di osso lungo è mostrata la differente organizzazione microstrutturale a livello di epifisi, metafisi e diafisi:

sottile strato corticale di osso compatto che racchiude un'area estesa di osso spugnoso (o trabecolare)

strato corticale più sviluppato di osso compatto che racchiude una cavità midollare solo in parte occupata da osso spugnoso



L'osso piatto ha una struttura trilaminare nota come diploe, con due strati sottili di osso compatto separati da uno strato di osso spugnoso. L'osso irregolare della vertebra, così come l'osso corto, ha una struttura interna prevalentemente di osso spugnoso e un sottile strato di osso corticale compatto all'esterno.



Classificazione secondo la disposizione,

le ossa sono distinte in:

sesamoidi, piccole ossa in prossimità delle articolazioni o nella compagine di alcuni tendini (per esempio, arto anteriore degli equidi), eterotipiche, cioè ossa fuori dalla sede tipica (per esempio, ossa nel miocardio di alcuni mammiferi), e di ornamentazione (palchi dei cervi)

NOTA: particolare processo di ossificazione (ossificazione mantellare)

Ossificazione diretta non da connettiv, ma attorno a un abbozzo cartilagineo; quest'ultimo degrada lentamente fino a essere rimpiazzato del tutto o quasi dall'osso.

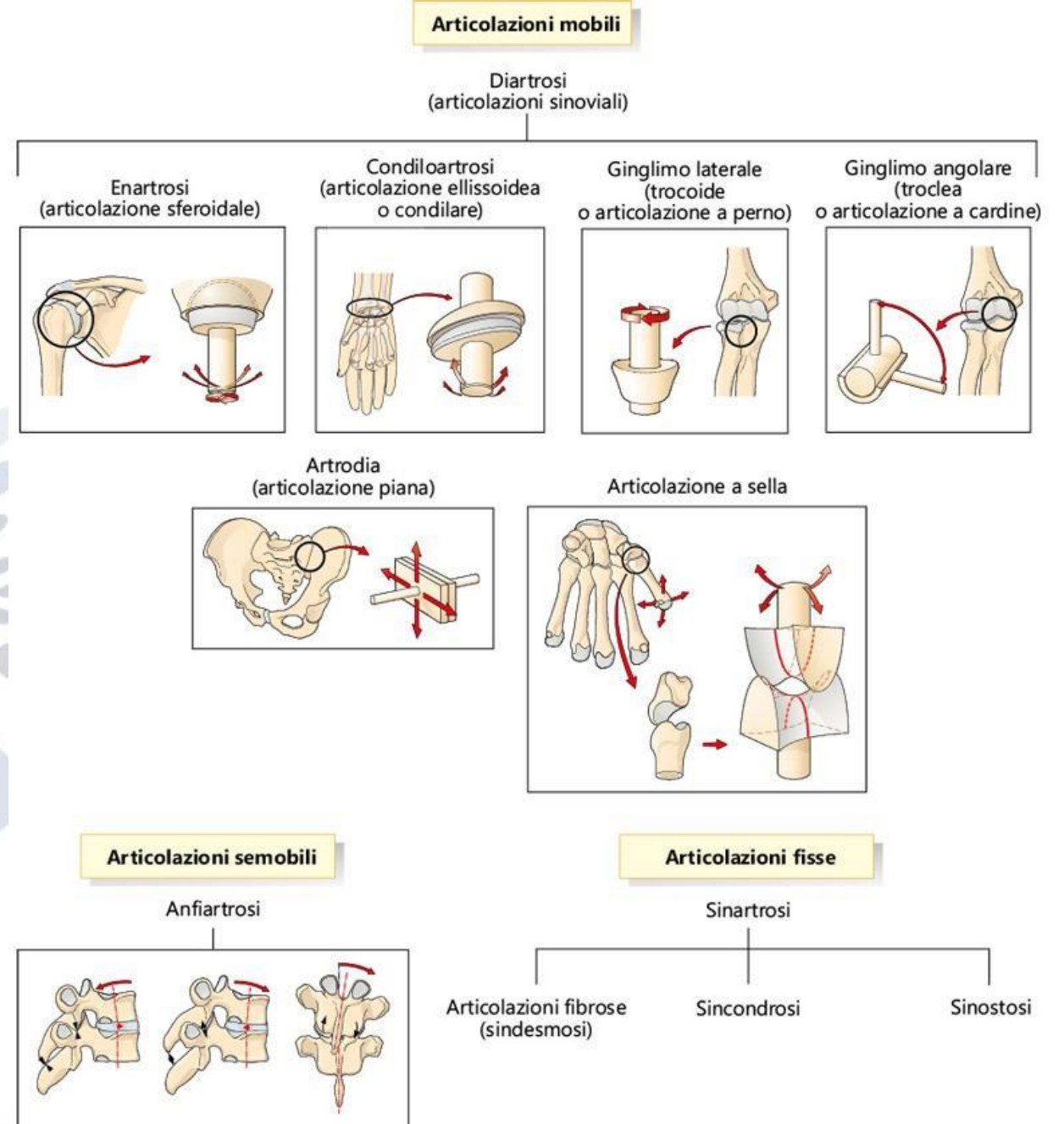
L'ossificazione mantellare si riscontra a livello della mandibola e dei corpi vertebrali

Articolazioni

Classificazione morfologica delle articolazioni

Secondo il tipo di movimento
che permettono:

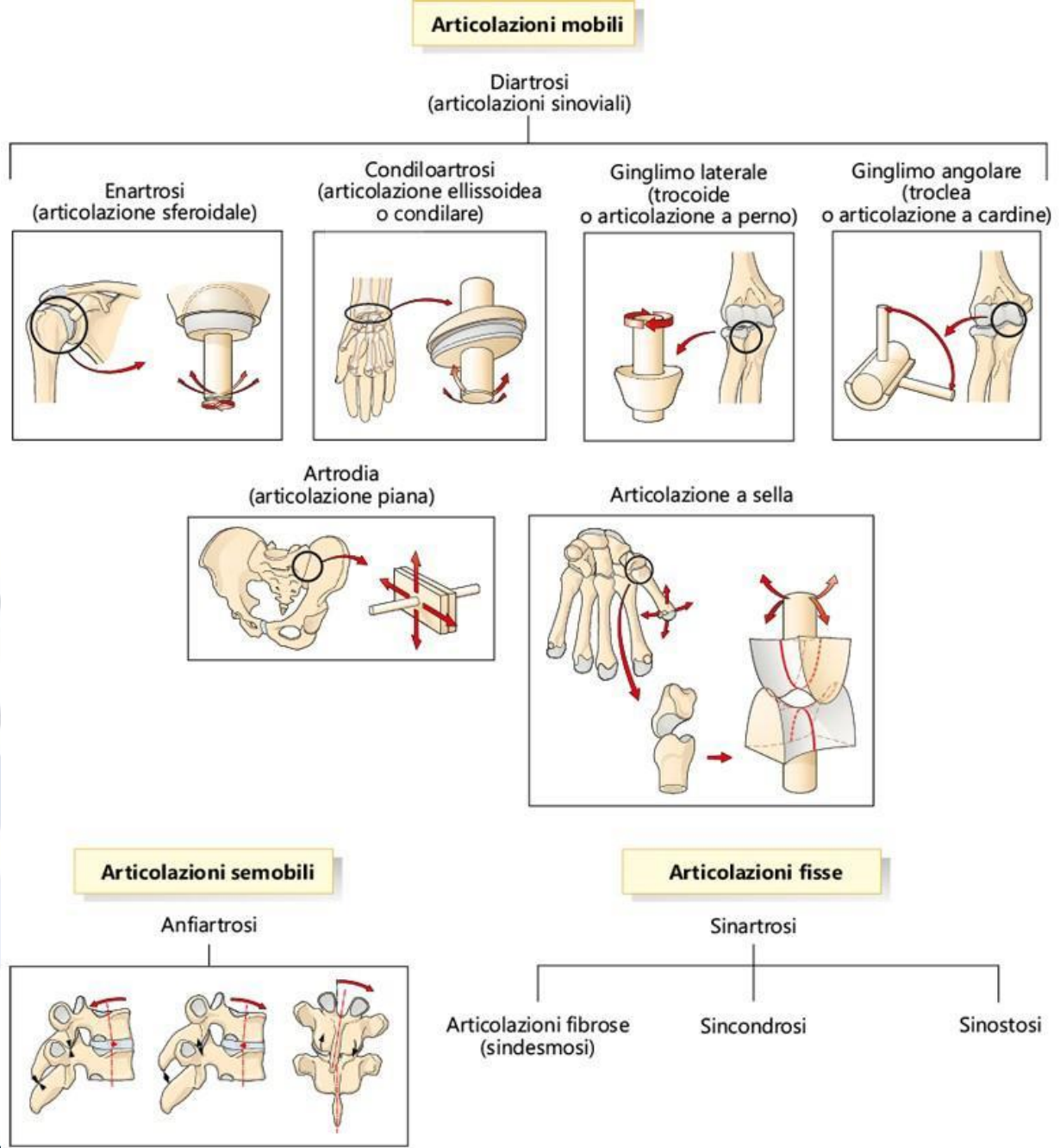
- diartrosi altamente mobili,
- anfiartrosi, semimobili,
- e sinartrosi, fisse.



Articolazioni

Classificazione morfologica delle articolazioni

Per le articolazioni è raffigurata schematicamente la forma delle superfici articolari a contatto e il tipo di movimento che l'articolazione stessa consente. Per esempio, l'artrodia o articolazione piana consente solo movimenti di scivolamento; l'articolazione della spalla (enartrosi o articolazione sferoidale) consente il più ampio grado di movimenti.



Scheletro cefalico: il cranio

ORIGINE:

rielaborando la regione anteriore del tronco.

Ipotesi secondo cui le diverse componenti anatomiche coinvolte nella formazione della regione cefalica abbiano una struttura di base metamerica, come le vertebre che si formano lungo l'asse anteroposteriore del tronco.

oppure

aggiungendo una sezione nuova con un'organizzazione radicalmente differente rispetto al resto del corpo. Struttura del tutto nuova, che si sarebbe evoluta grazie alla comparsa di nuovi tessuti embrionali come la cresta neurale e i placodi neurali

Huxley aveva osservato che l'organizzazione di base del cranio è intrinsecamente diversa da quella della colonna vertebrale, sia da un punto di vista strutturale sia riguardo ai processi di

Scheletro cefalico: il cranio

Morfologia generale dell'anfiosso (cefalocordati)

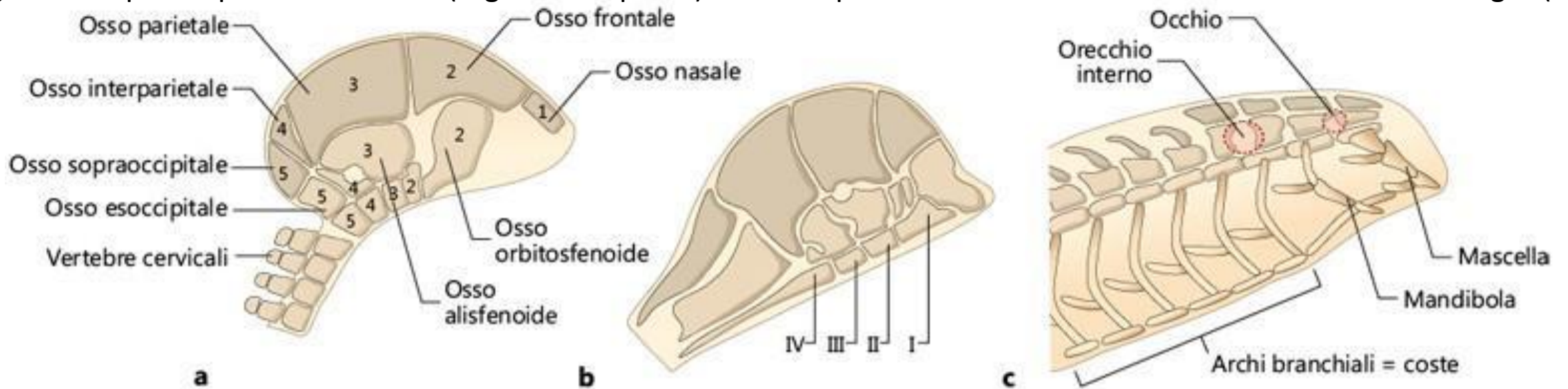
Teorie vertebrali del cranio

a, La teoria vertebrale proposta inizialmente da Goethe prevedeva l'origine del cranio dei mammiferi a partire da cinque vertebre modificate (1-5).

b, Secondo Oken il cranio dei mammiferi deriverebbe da sole quattro vertebre (I-IV).

c, Secondo il modello archetipico proposto da Owen (1866), le componenti craniche deriverebbero da archi branchiali modificati, a loro volta comparabili alle coste del tronco (modificata da Kuratani, 2005).

Origine della parte spinale del cranio (regione occipitale) dall'incorporazione di elementi vertebrali secondo Fürbringer (1875)



Scheletro cefalico: il cranio

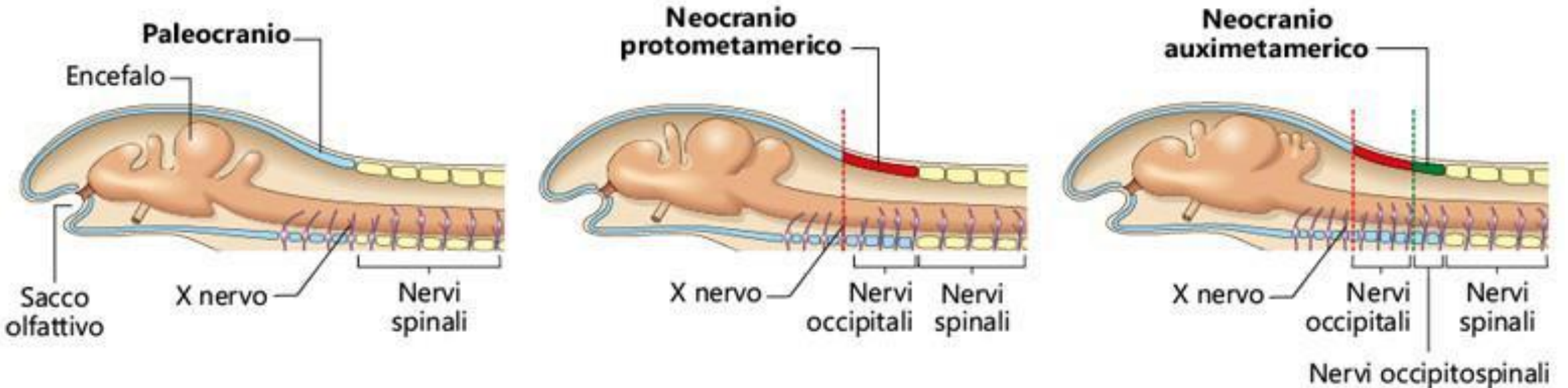
Max Fürbringer

I metameri spinali del tronco si siano aggiunti al cranio in due ondate distinte

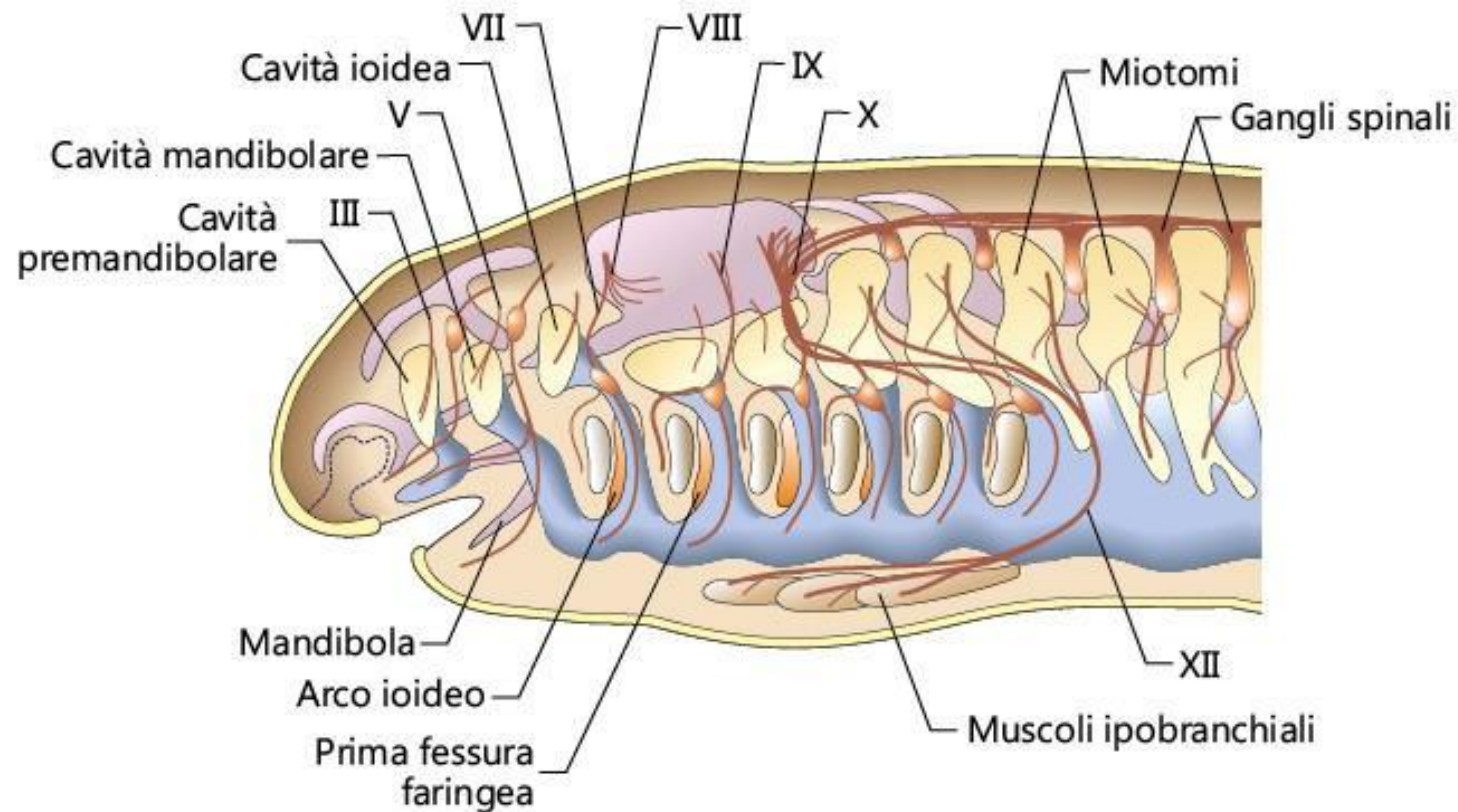
Nel paleocranio, il limite caudale sarebbe segnato dalla capsula otica e dall'emergenza dell'ultimo vero nervo cranico, il X.

La prima ondata avrebbe portato alla formazione del neocranio protometamerico (in elasmobranchi e anfibi), con l'incorporazione di una serie di nervi occipitali, posteriori al X.

La seconda incorporazione di elementi vertebrali nella regione occipitale avrebbe condotto al neocranio auximetamerico



Secondo Goodrich il cranio dei vertebrati avrebbe una struttura segmentale costituita a partire da somiti equivalenti a quelli del tronco, collegati ventralmente da archi faringei ripetuti secondo gli stessi intervalli dei segmenti mesodermici. I primi tre somiti cefalici corrispondono alle cavità cefaliche mesodermiche descritte da Balfour (1878) nei pesci cartilaginei. I numeri romani si riferiscono ai nervi cranici (modificata da Kuratani, 2005).



Scheletro cefalico: il cranio

splancnocranio,

formato dall'arco orale e dagli archi branchiali e ioideo,

neurocranio,

capsule che circondano gli organi di senso pari e le strutture scheletriche che formano la base e le pareti laterali del cranio

dermatocranio,

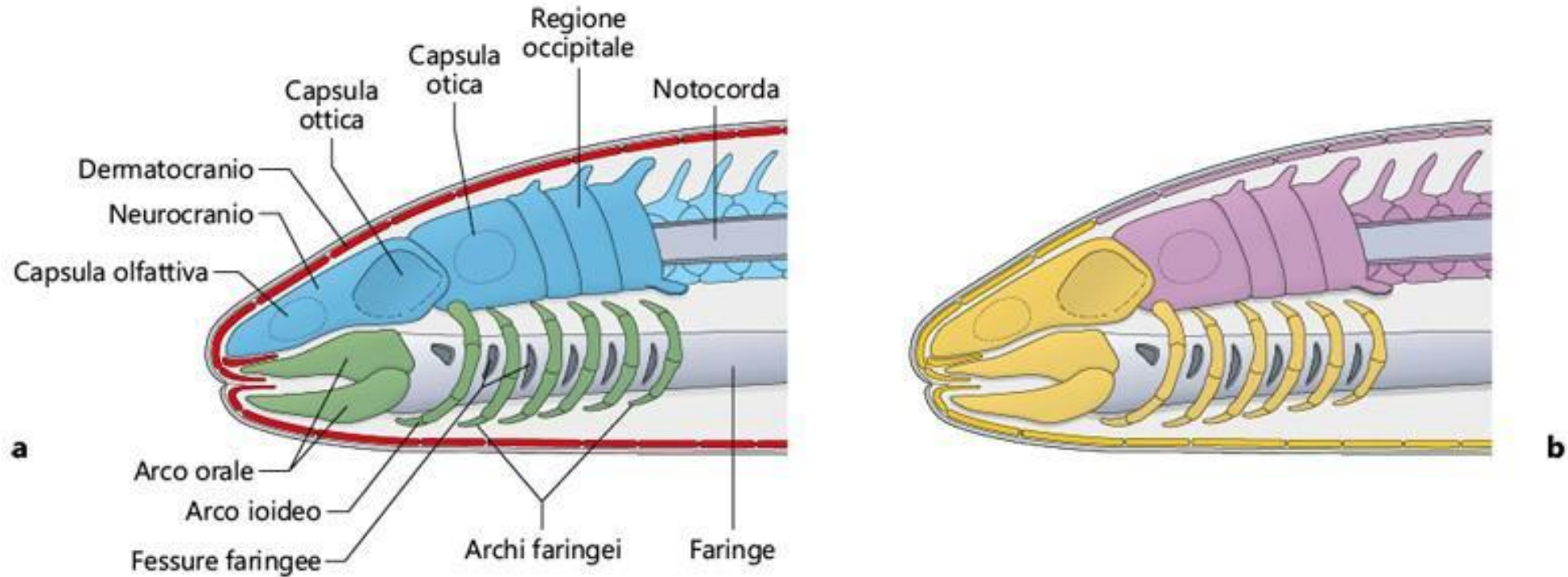
che forma la volta del cranio e gran parte delle ossa del palato e dell'arco orale.

A causa della loro collocazione interna, lo splancnocranio e il neurocranio vengono anche definiti endocranio, in contrapposizione all'ectocranio dermico

In osteitti e tetrapodi è formato da ossa di origine endocondrale è anche chiamato condrocranio

Suddivisione delle componenti craniche

a, Da un punto di vista funzionale il cranio può essere suddiviso in neurocranio (in celeste), splancnocranio (in verde) e dermatocranio (o ectocranio, in rosso). b, Dal punto di vista dell'origine embrionale, gli elementi derivati dalle creste neurali sono evidenziati in giallo, quelli derivati dal mesoderma in rosa.

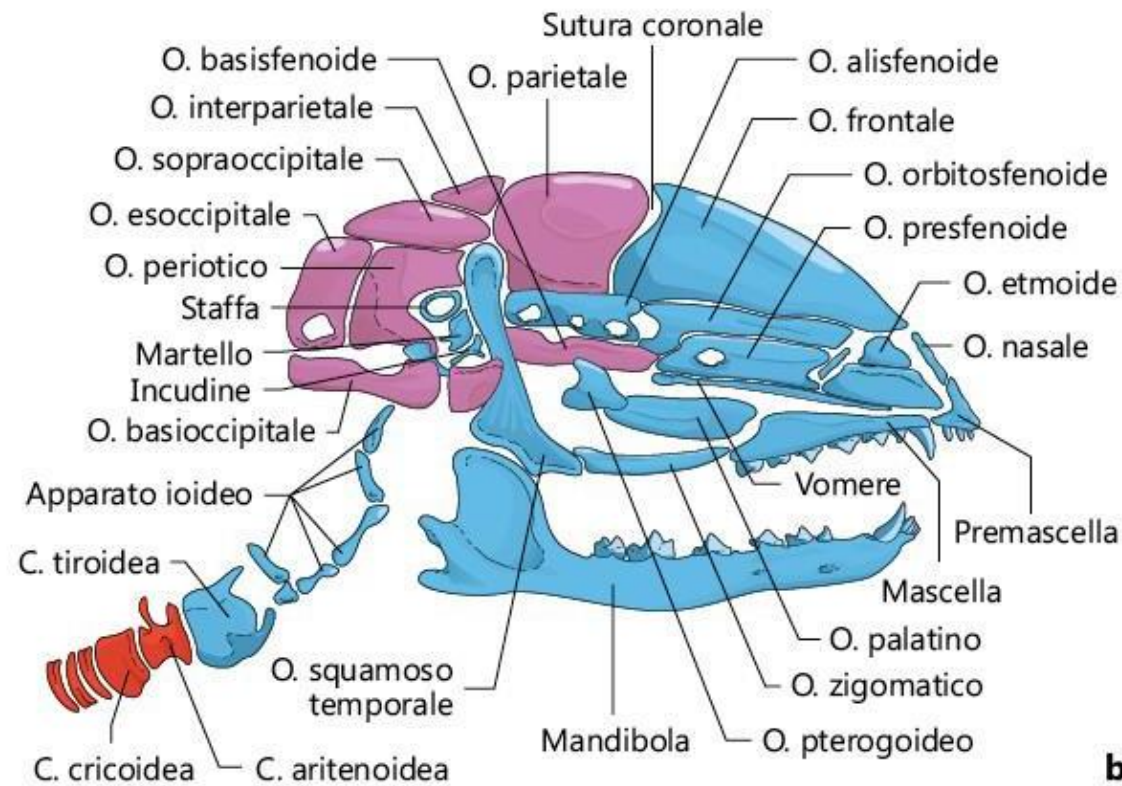
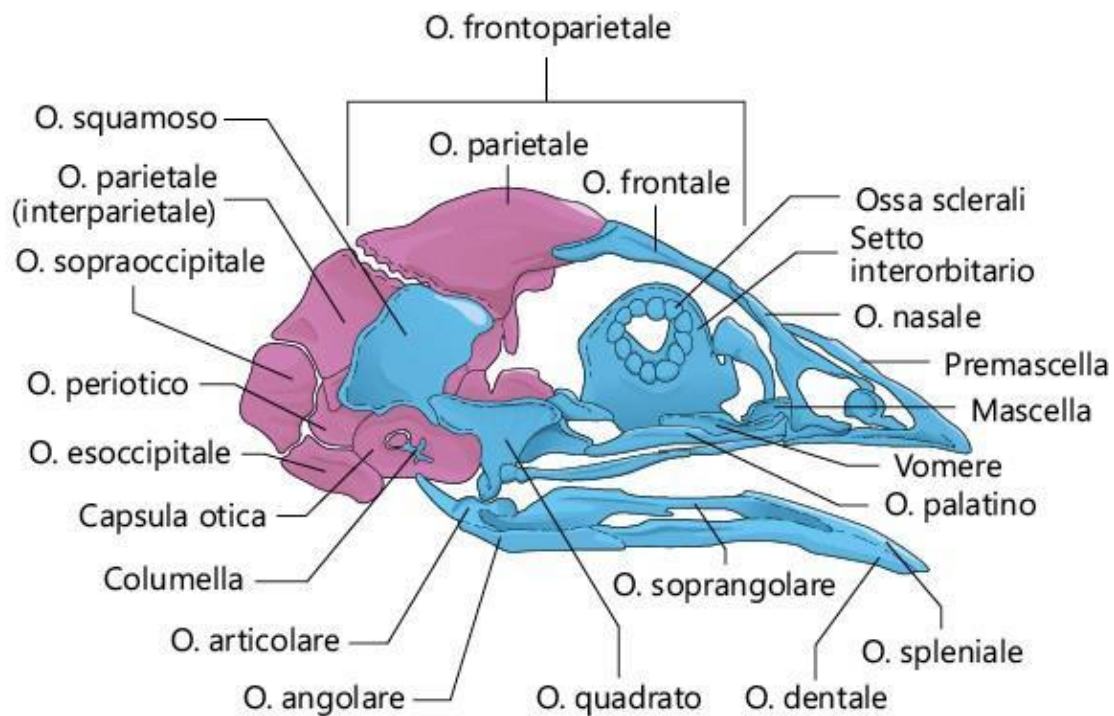


© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Splancnocranio, neurocranio e dermatocranio sono tra loro integrati in un'unità funzionale (sincranio)

Volta dermica di uccello e di mammifero in cui è mostrato il contributo delle creste neurali e del mesoderma. C., cartilagine; O. osso



■ Cresta neurale

■ Mesoderma parassiale

■ Mesoderma laterale

Suddivisione delle componenti craniche

Le fessure branchiali dei vertebrati primitivamente acquatici hanno una serie di archi cartilaginei od ossei.

Questi archi costituiscono le strutture fondamentali dello scheletro viscerale o splancnocranio, peculiare per origine embrionale e per versatilità morfofunzionale.

Sebbene l'apparato branchiale come tale sia scomparso negli amnioti, elementi derivati dallo scheletro viscerale si ritrovano anche in rettili, uccelli e mammiferi in diverse regioni del cranio

Gli archi faringei

Nei ciclostomi = sostegno delle branchie

Negli gnatostomi = formazione del complesso mascellare

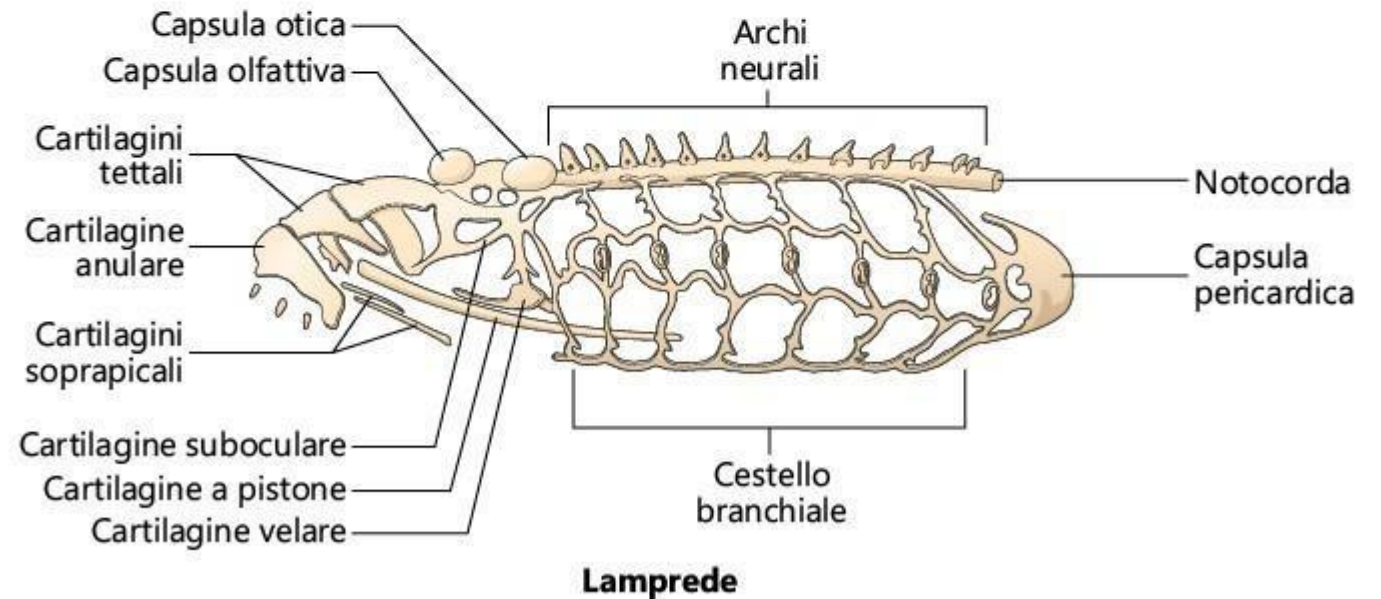
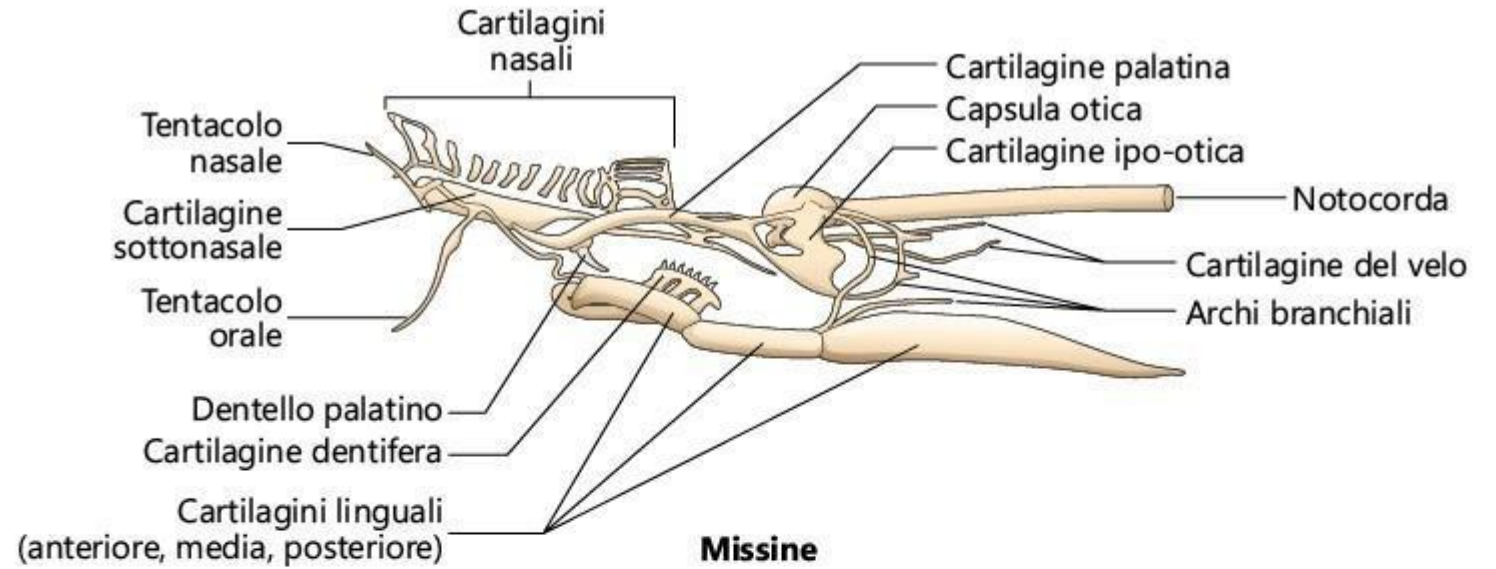
Scheletro cefalico dei ciclostomi.

Missine Elementi dello splancnocranio:

- cartilagini dell'apparato linguale– ipootic posteriore– media – anteriore– dentifera
- barre cartilaginee a sostegno di tentacco
- cartilagine del velo

Lamprede Elementi dello splancnocranio

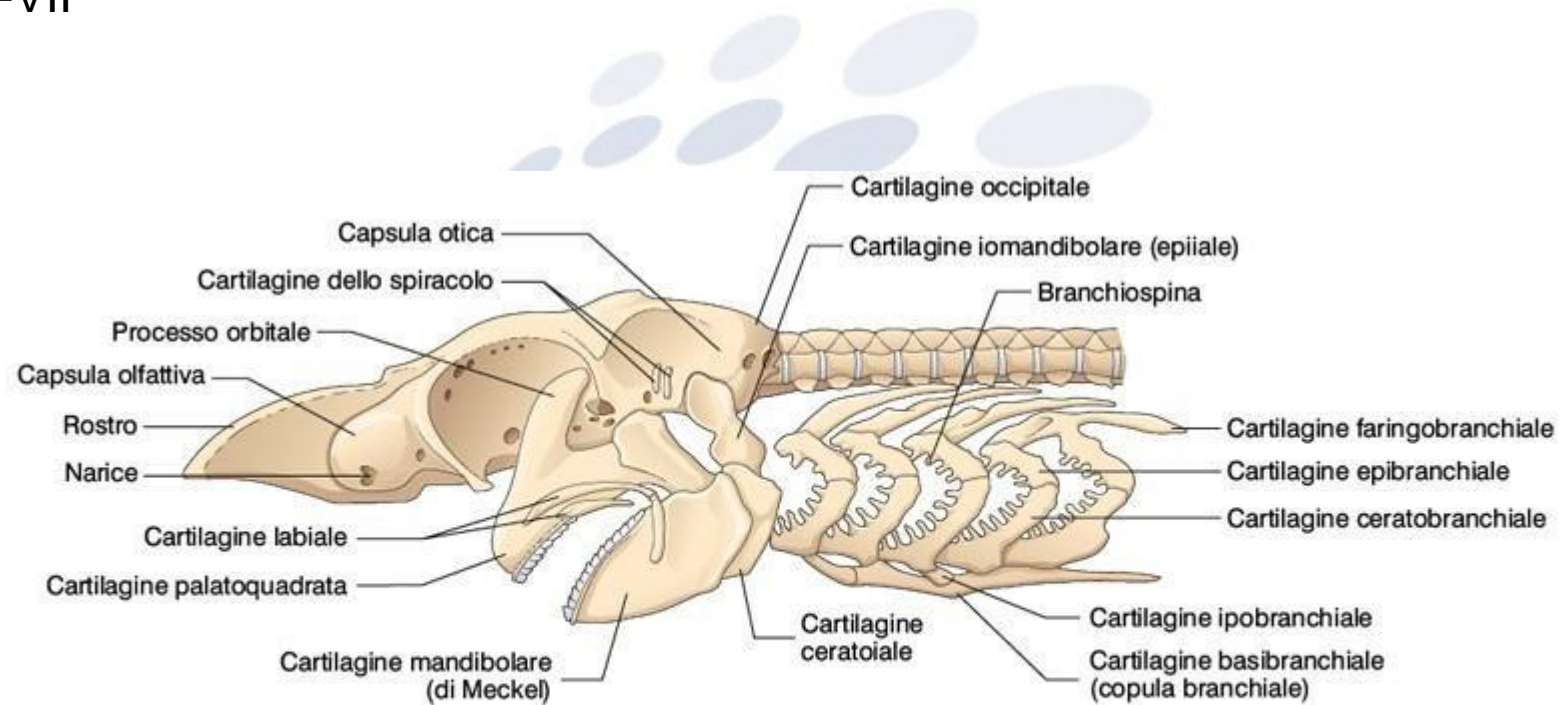
- cartilagini dell'apparato linguale– a pistone soprapicali
- cartilagini di raccordo con il neurocranio suboculare
- cartilagini rostrali– tettali– anulare
- cestello branchiale– arcate cartilaginee– capsula pericardica



Scheletro cefalico dei Condroitti

Lo splancnocranio è costituito da una successione di archi faringei:

- arco orale (I)
- arco ioideo (II)
- archi branchiali (III-VII)



© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Splancnocranio

Negli gnatostomi il secondo arco faringeo (arco ioideo) si specializza come :
sostegno del complesso mascellare e
collegamento di questo al neurocranio, porzione dorsale (iomandibolare)

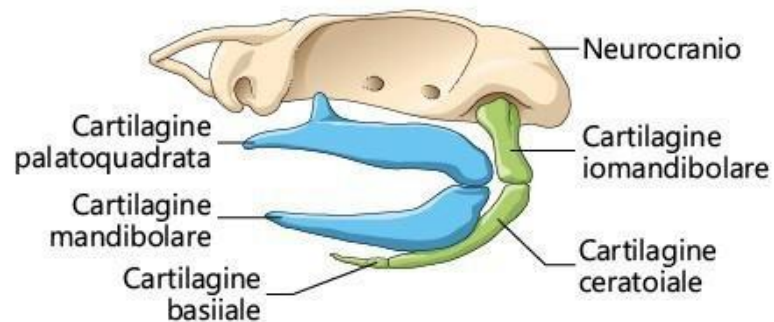
3 tipi fondamentali di sospensione del complesso mascellare- neurocranio
iostilica,
anfistilica
autostilica

il complesso mascellare

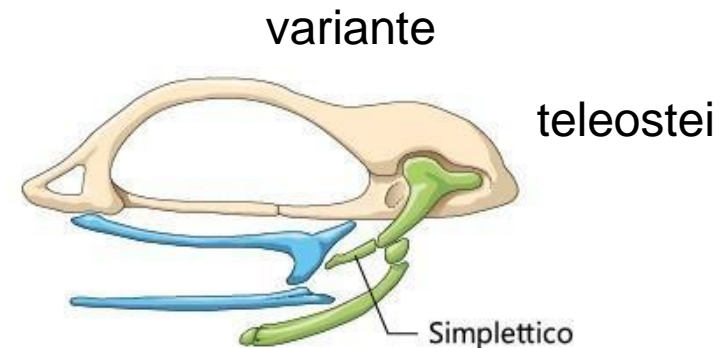
pesci gnatostomi.
non ha rapporti diretti con la scatola cranica e la sua articolazione è legata strettamente alla cartilagine iomandibolare

elasmobranchi primitivi,
attraverso il processo otico della cartilagine palatoquadrata, definendo la condizione anfistilica

integrazione del complesso mascellare al resto del cranio riguarda, non più gli elementi originari dello scheletro viscerale, ma le ossa dermiche



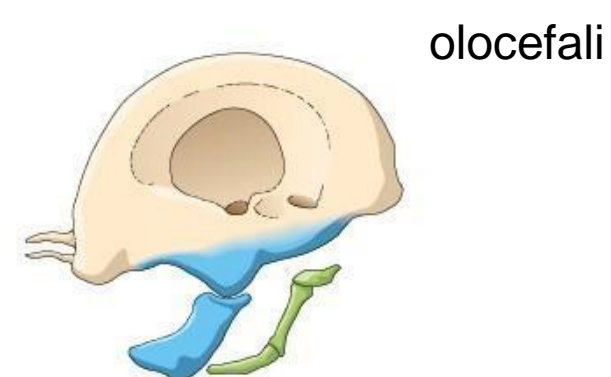
Sospensione iostilica



Sospensione teleiostilica



Sospensione anfistilica



Sospensione autostilica primitiva (olostilica)



Sospensione autostilica secondaria
Dipnoi



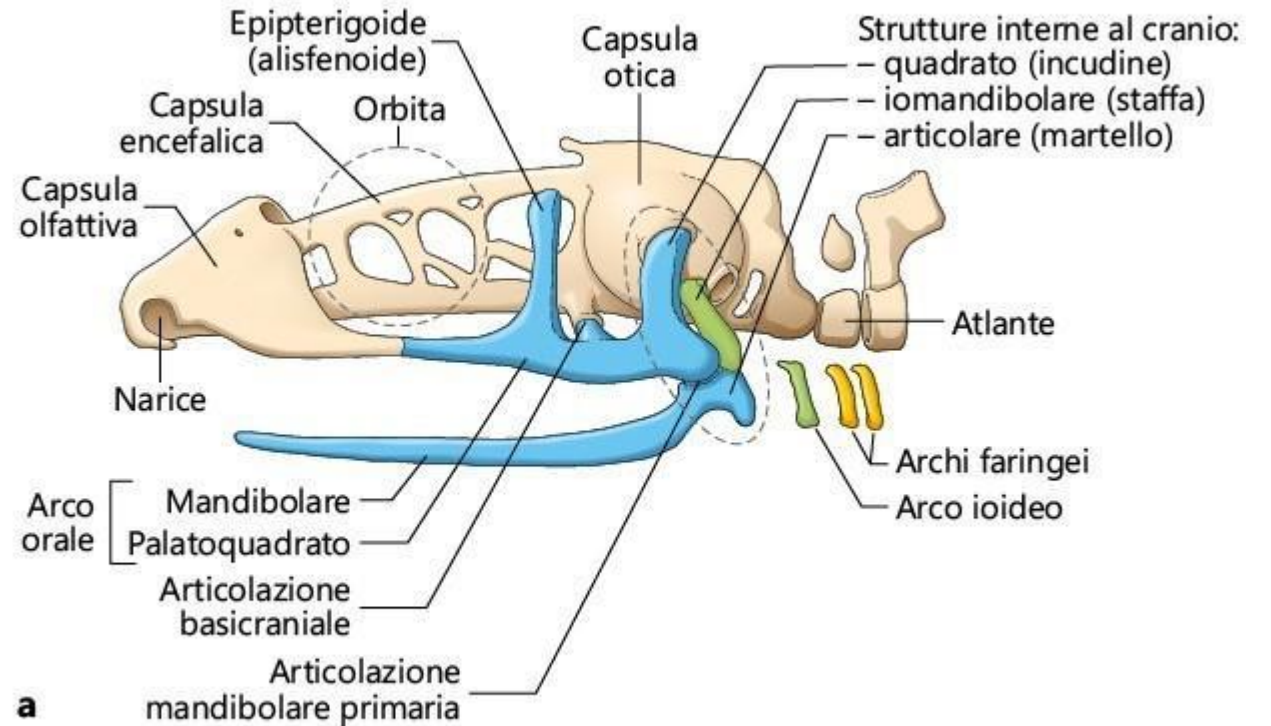
Sospensione autostilica secondaria
Tetrapodi

Derivati degli archi faringei in osteitti e tetrapodi

in tutti gli gnatostomi l'articolazione fra mascella e mandibola si stabilisce tra due ossa di sostituzione derivate dai segmenti scheletrici vi-scerali

La cartilagine palatoquadrata ossifica a livello di due centri di ossificazione distinti, il quadrato e l'epipterigoide; la regione prossimale della cartilagine mandibolare ossifica a sua volta, formando l'osso articolare.

In azzurro, arco orale (I); in verde, arco ioideo (II); in giallo, gli archi faringei successivi



© edi.ermes, milano

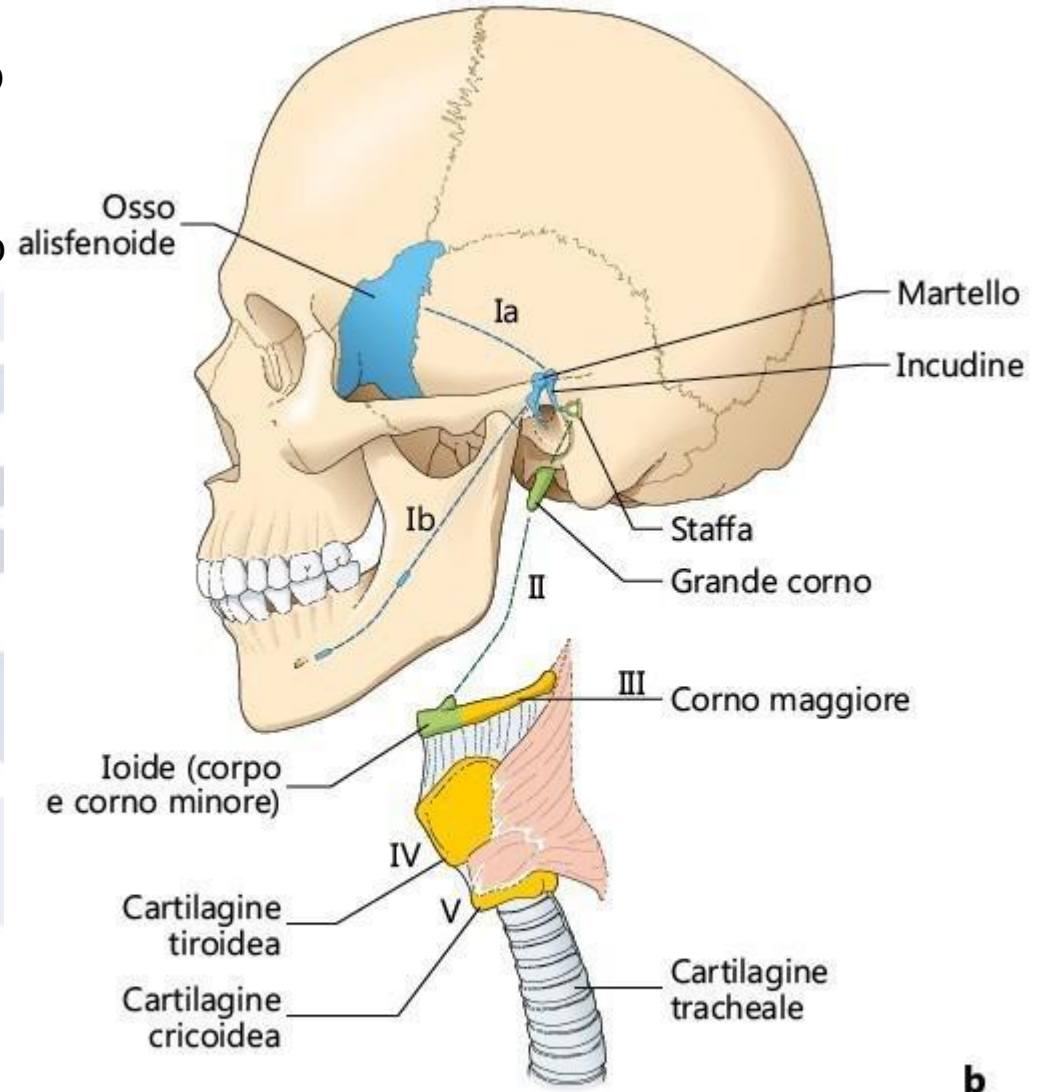
Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Derivati degli archi faringei in osteitti e tetrapodi

in mammiferi, nei quali la mascella, la mandibola e il palato sono formati esclusivamente da elementi dermici (articolazione mandibolare secondaria, fra ossa dermiche o allostosi), mentre l'osso quadrato e l'osso articolare si spostano nell'orecchio medio, diventando il secondo e il terzo ossicino dell'udito, cioè l'incudine e il martello

La, linea che collega gli elementi derivati dalla cartilagine palatoquadrata; Ib, linea che unisce gli elementi derivati dalla cartilagine mandibolare (in azzurro, i derivati dell'arco orale);

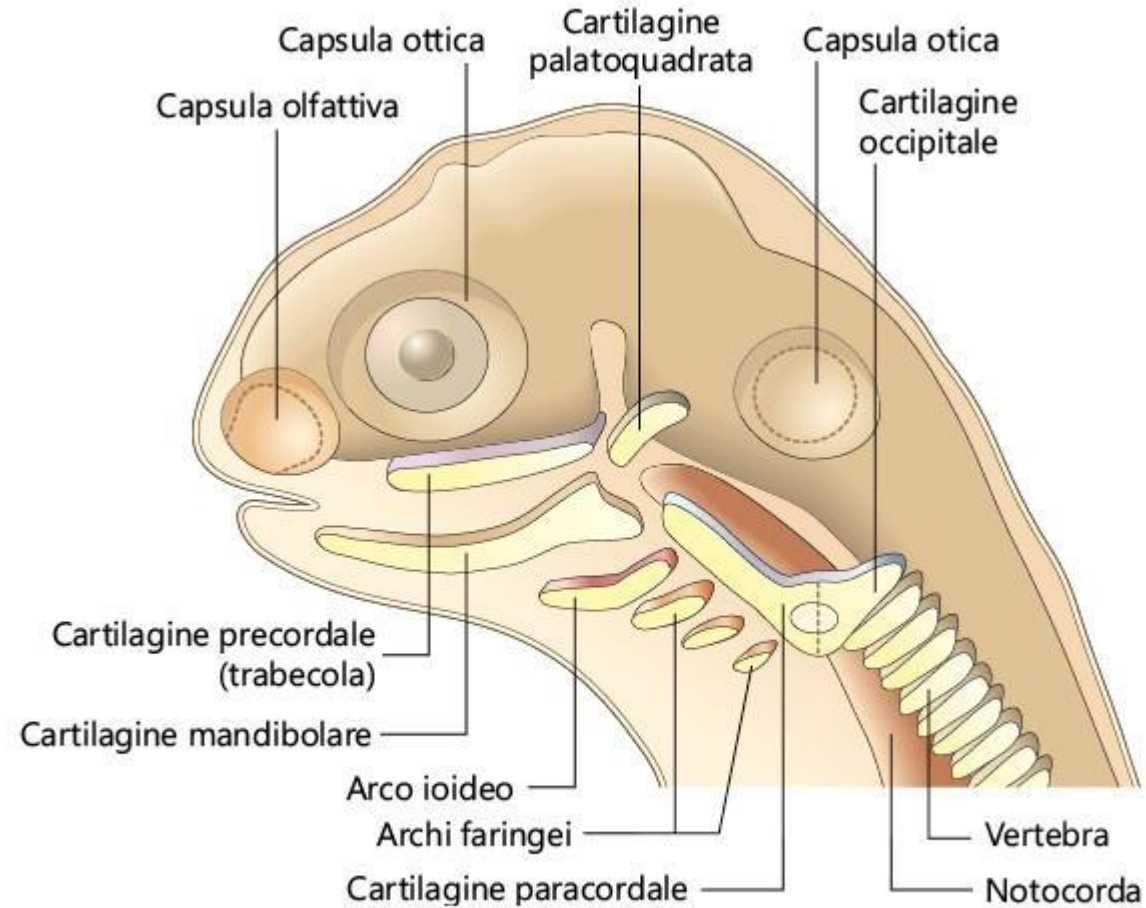
II, linea che collega gli elementi derivati dall'arco ioideo (in verde) che dorsalmente inizia a livello della staffa e ventralmente termina con il corno minore dello ioide; da III a V, sono evidenziati (in giallo) gli elementi derivati dagli archi faringei III-V.



b

neurocranio

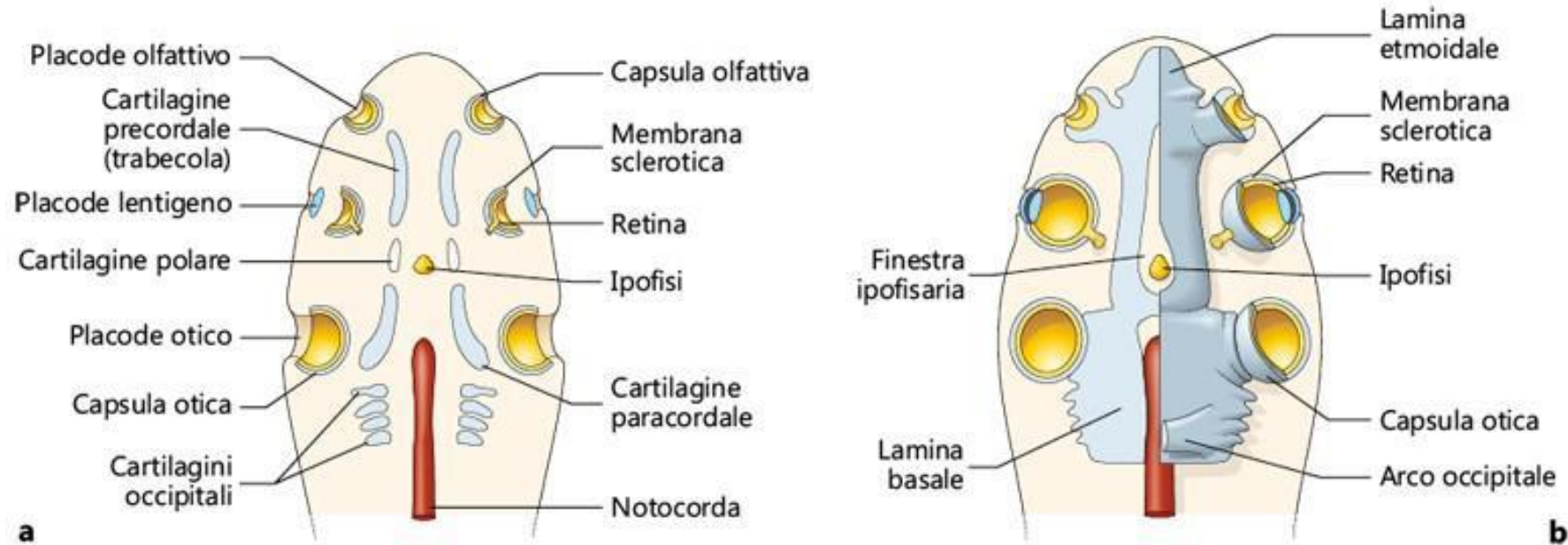
scatola cranica è una sorta di contenitore che racchiude l'encefalo e gli organi di senso



© edi.ermes, milano

CONDROITTI- GNOSTOMI

Vari abbozzi cartilaginei, inizialmente separati, che successivamente si espandono e si fondono fra loro.



© edi.ermes, milano

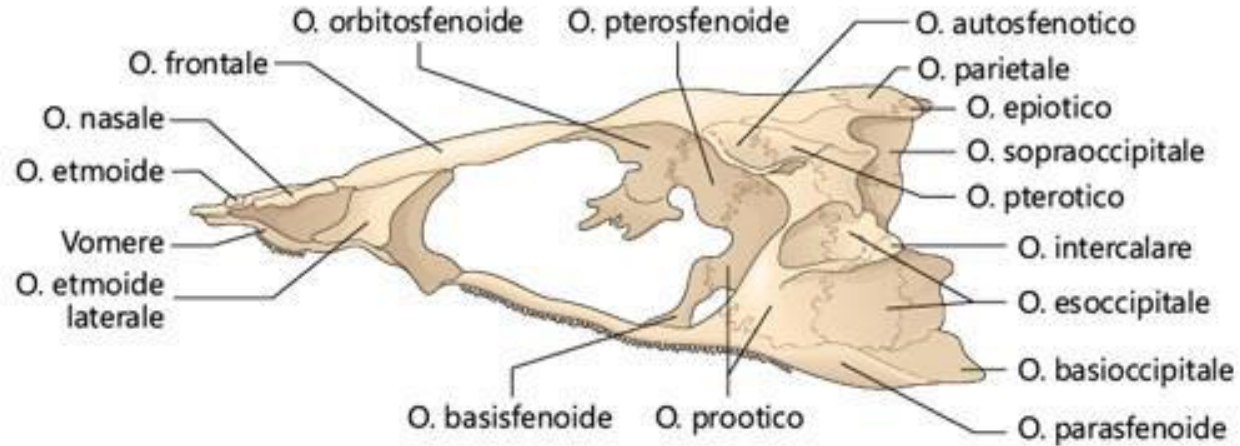
Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Neurocranio dei condroitti. a, Stadio precoce dello sviluppo del neurocranio di squalo. Le capsule cartilaginee intorno agli organi di senso e le cartilagini precordali (trabecole) derivano dalle creste neurali, mentre le cartilagini paracordali e la regione occipitale rappresentano derivati mesodermici. b, Stadio avanzato dello sviluppo

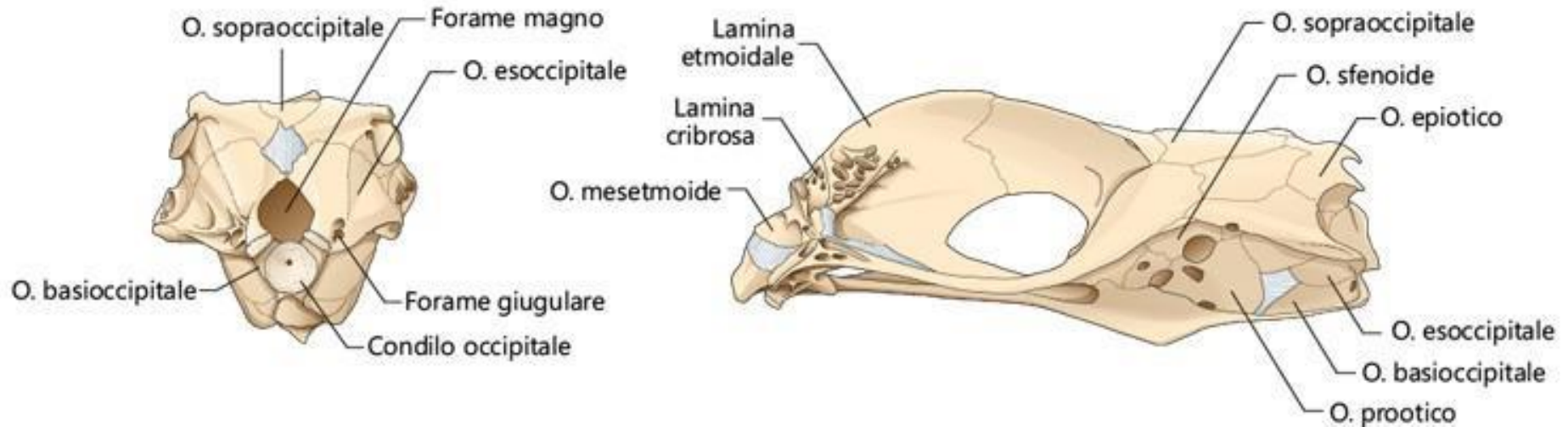
neurocranio

a, Neurocranio con ossa dermiche di rivestimento in un teleosteo.

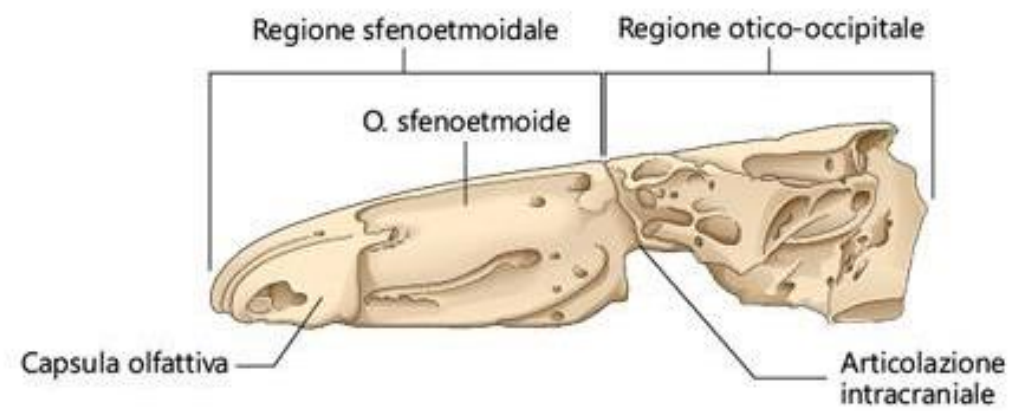
b, Ricostruzione del neurocranio modificato di pesce piatto (teleosteo, Hippoglossina macrops) in visione posteriore (a sinistra) e laterale (a destra).



a

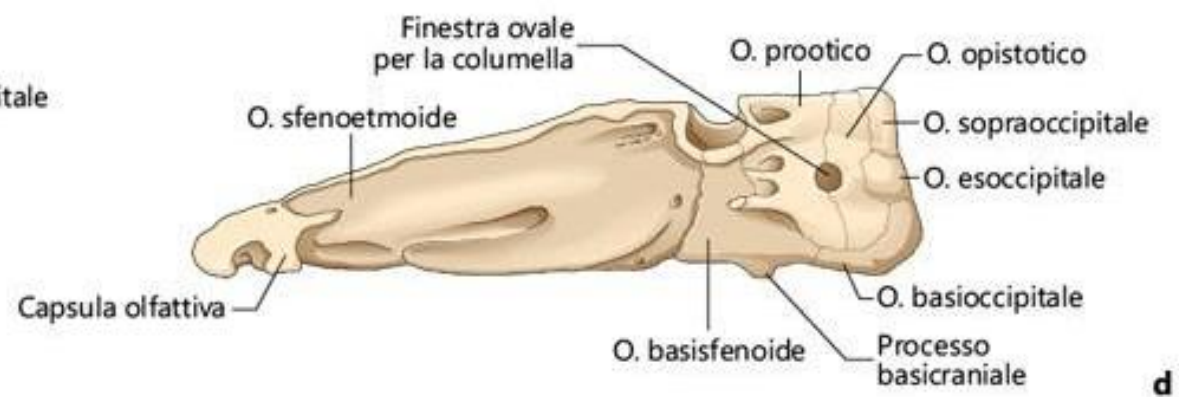


c, Nei crossopterigi (eustenottero, *Eusthenopteron foordi*) la regione anteriore (sfenoetmoide) e quella posteriore (otico-occipitale) del neurocranio sono mobilmente articolate a livello dell'articolazione intracraniale
 d, Ricostruzione del neurocranio di un tetrapode primitivo (*Palaeoherpeton*) in visione posteriore (a sinistra) e laterale (a destra).



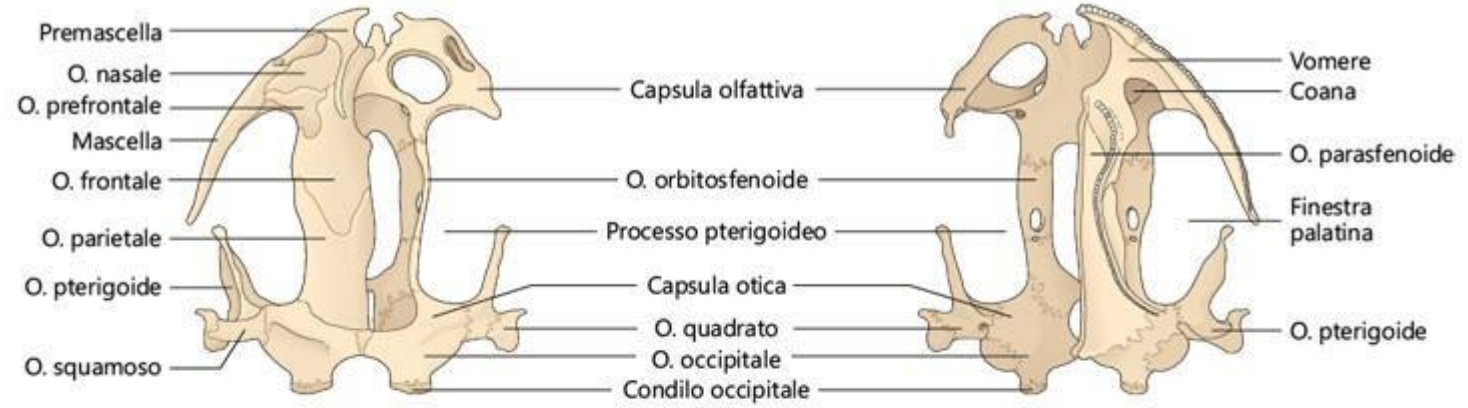
cranio cinetico.

c

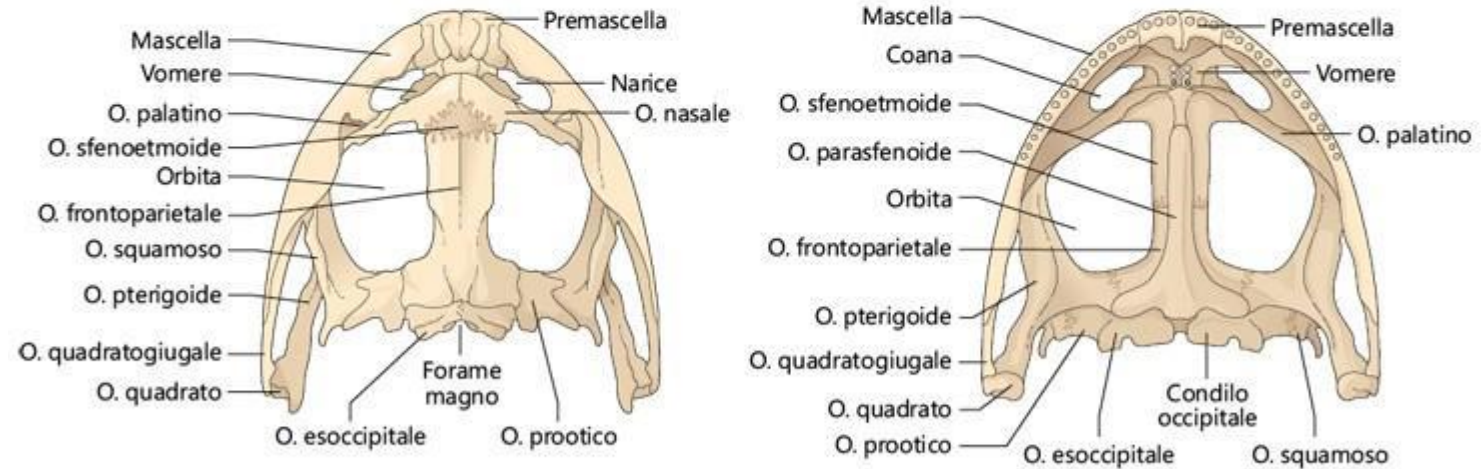


d

Neurocranio -anfibi



Anfibi urodeli

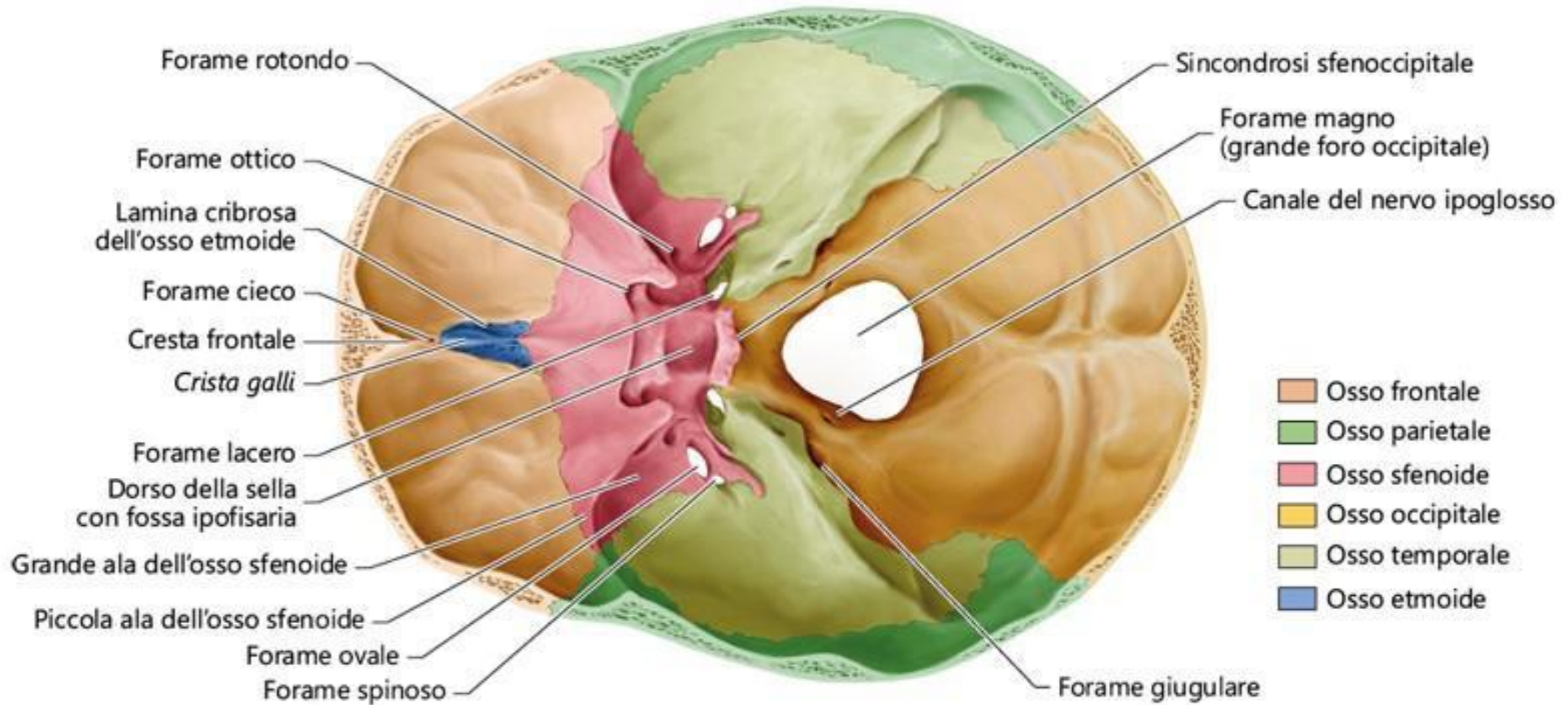


Anfibi anuri

© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Neurocranio -uomo



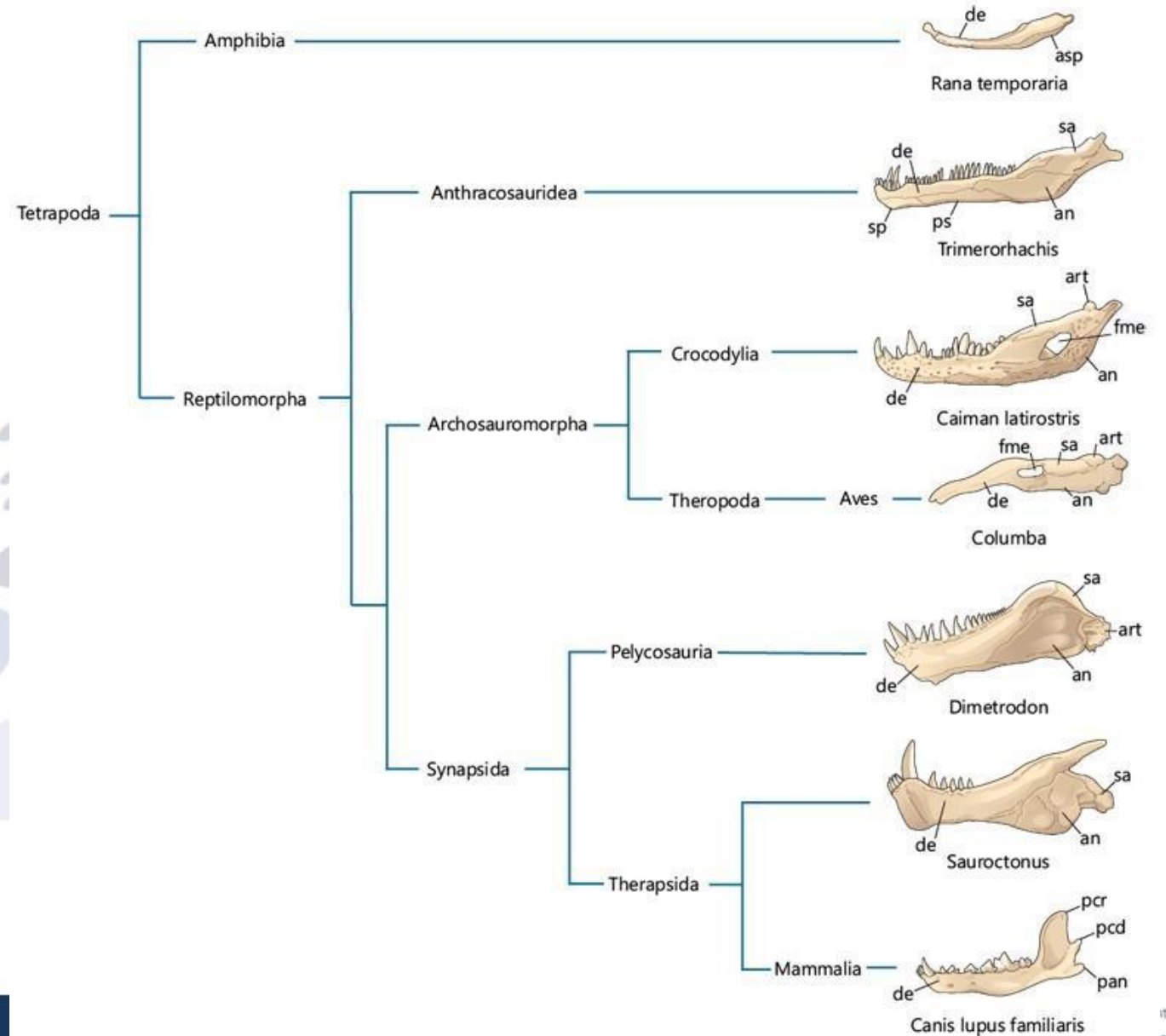
© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
GABRIELE BAJ

Struttura della mandibola in varie specie di vertebrati estinti e viventi

espansione dell'osso dentale
riduzione degli altri elementi fino alla
loro scomparsa nei mammiferi.

an, osso angolare;
art, osso articolare;
asp, osso angolare e osso spleniale
fusi;
de, osso dentale;
fme, finestra mandibolare esterna;
pan, processo angolare;
pcd, processo condiloideo;
pcr, processo coronoide;
ps, osso postspleniale;
sa, osso soprangolare; sp, osso
spleniale.



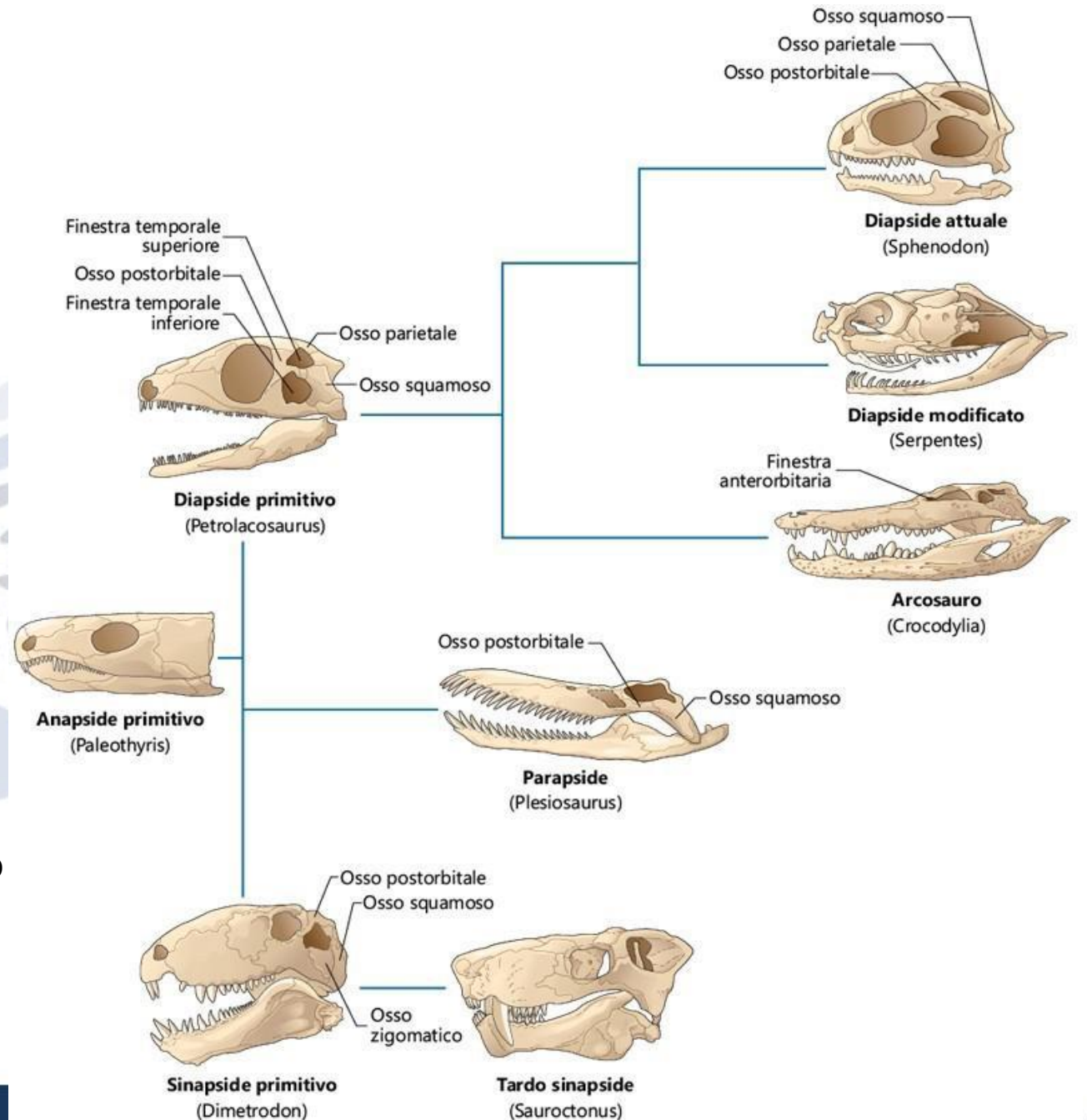
DIVERSIFICAZIONE DEGLI AMNIOTI

a partire dal loro adattamento iniziale a un modo di vita terrestre come piccoli e agili insettivori, i primi amnioti si diversificarono durante il carbonifero in numerosi gruppi tassonomici, la cui classificazione è largamente definita da

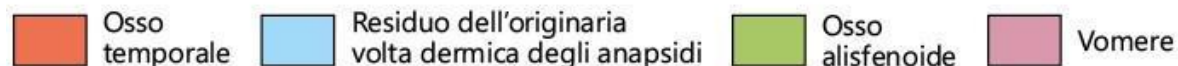
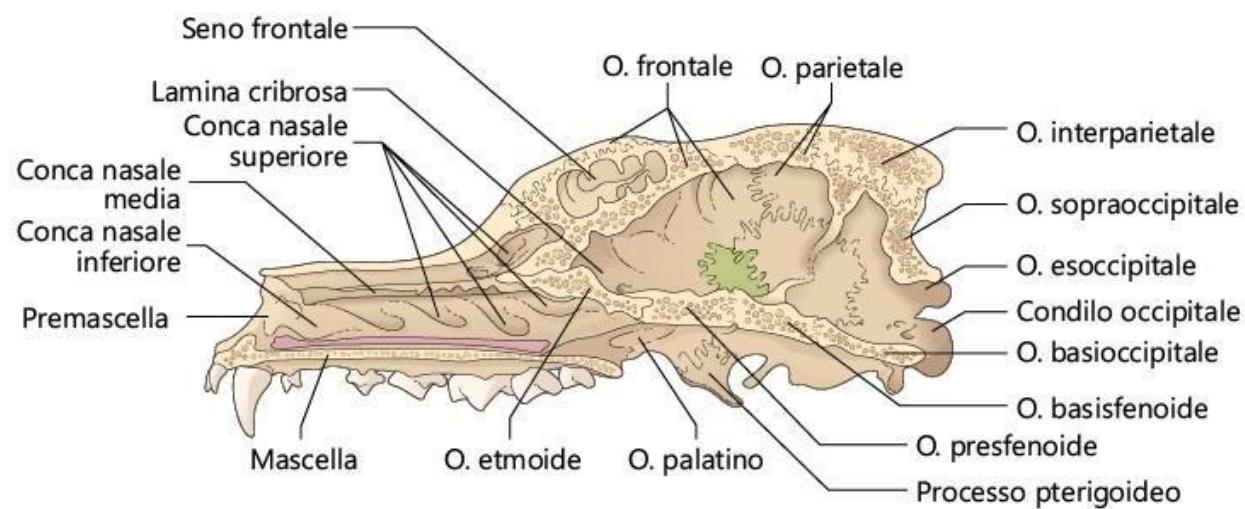
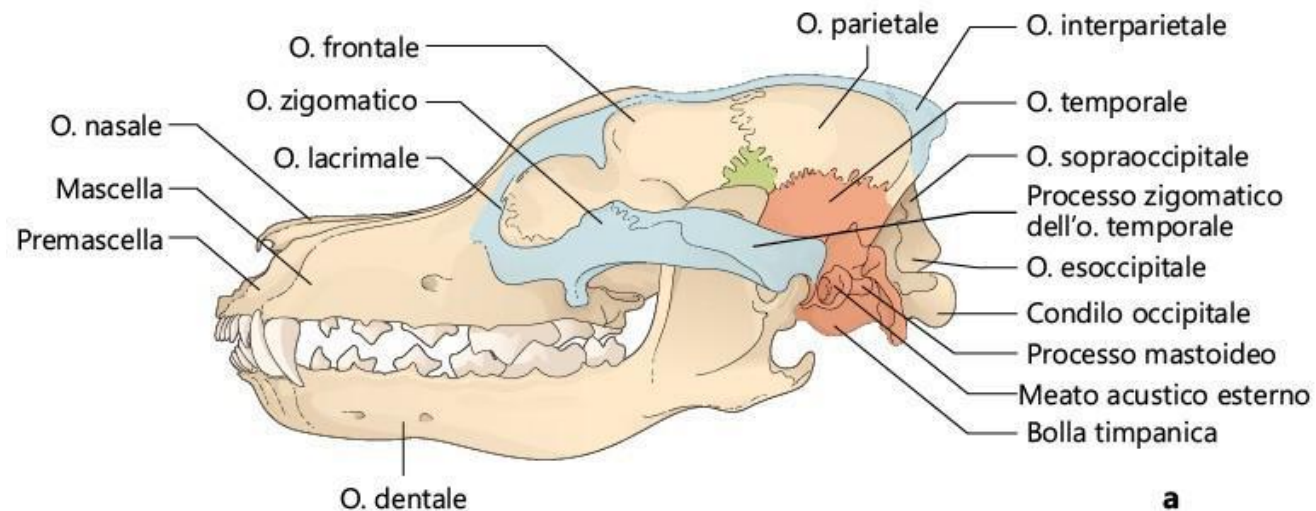
numero
disposizione

di aperture nella volta cranica dermica dietro le orbite, dette finestre temporali.

sviluppo di aperture temporali potrebbe essere attribuito a due fattori principali: la concentrazione differenziale di stress meccanici sul cranio e la concentrazione di aree di inserzione muscolare



Nei mammiferi moderni, il cranio è dominato da una scatola cranica grande e bulbosa, formata principalmente da ossa dermiche, quali l'osso frontale, l'osso parietale e l'osso squamoso mentre quella degli amnioti primitivi è costituita prevalentemente da cartilagine o da ossa di sostituzione



Modificazione del cranio dei mammiferi euteri in rapporto alle differenti strategie alimentari in conseguenza dei loro peculiari adattamenti

Scatola cranica composta, con la perdita del cinetismo tra le varie sezioni del cranio.

Alcune ossa si sono espanse, mentre altre sono regredite fino a scomparire del tutto.

Le ossa della serie circumorbitale sono andate perse, tranne l'osso lacrimale e l'osso zigomatico, mentre sono regredite tutte le ossa della serie temporale; l'osso dentale persiste come unico elemento della mandibola

