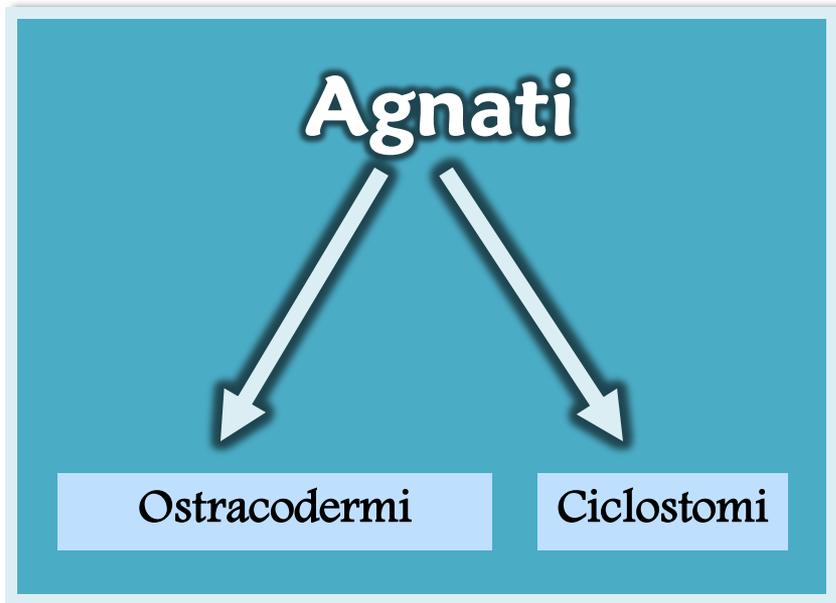
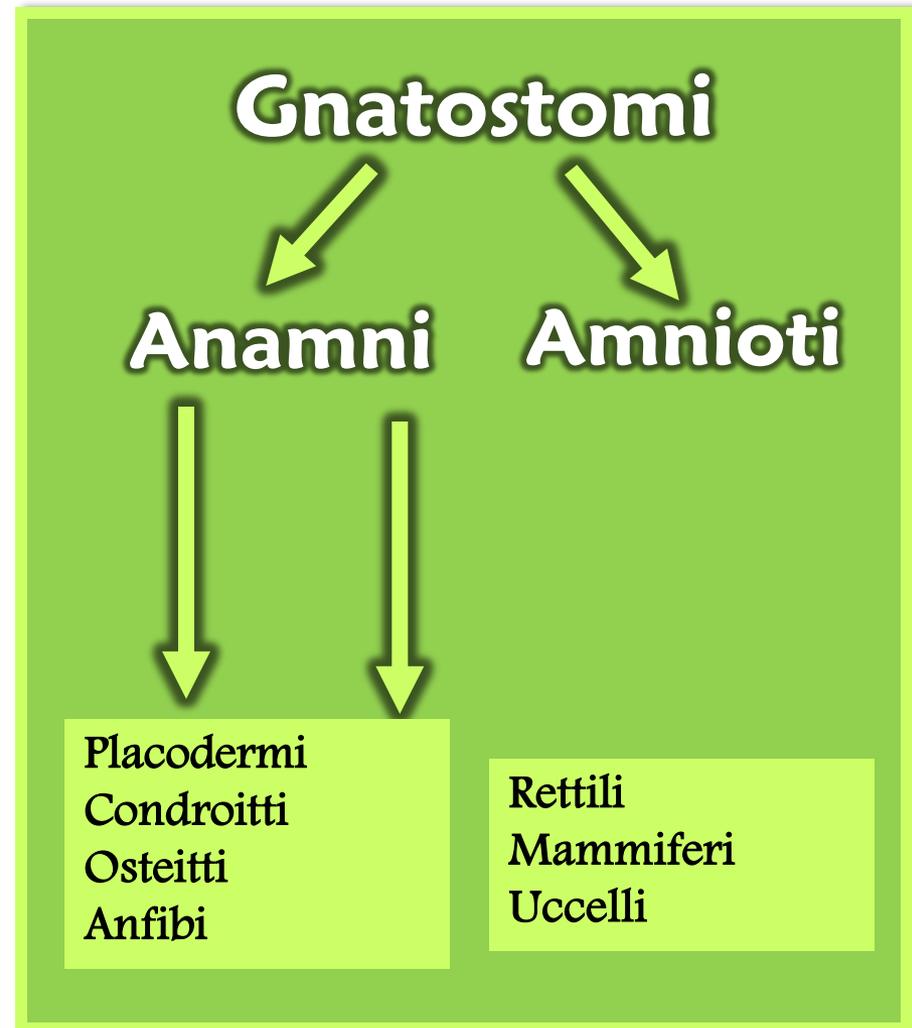


# Phylum dei Vertebrati



Vivono in ambienti  
profondamente diversi



# I vertebrati

La **notocorda** viene sostituita, completamente o in parte, dalla **colonna vertebrale** formata da **vertebre** e da dischi intervertebrali e lo scheletro è interno.

Il sistema nervoso, altamente specializzato, presenta un encefalo protetto dal cranio

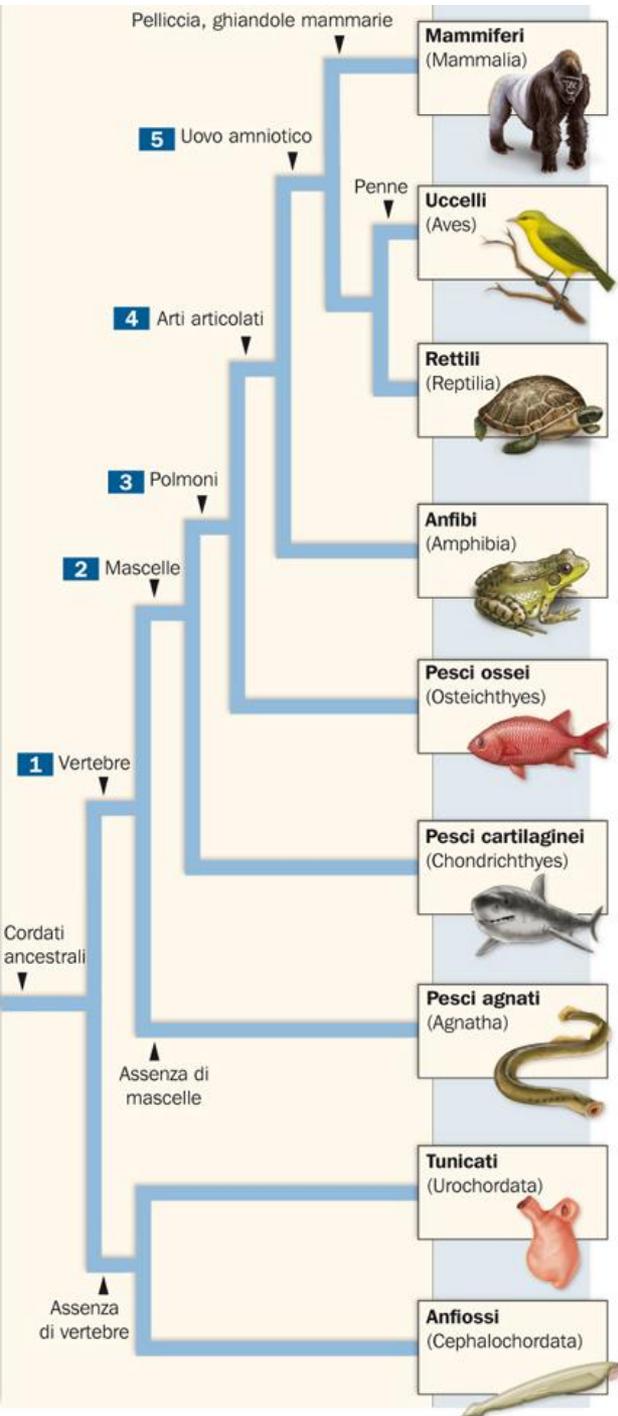
La pelle rivestita di scaglie, squame, penne o peli.

Gli **archi branchiali** si sono evoluti per creare strutture fondamentali per una nuova alimentazione

Evoluzione del sistema **respiratorio e circolatorio**

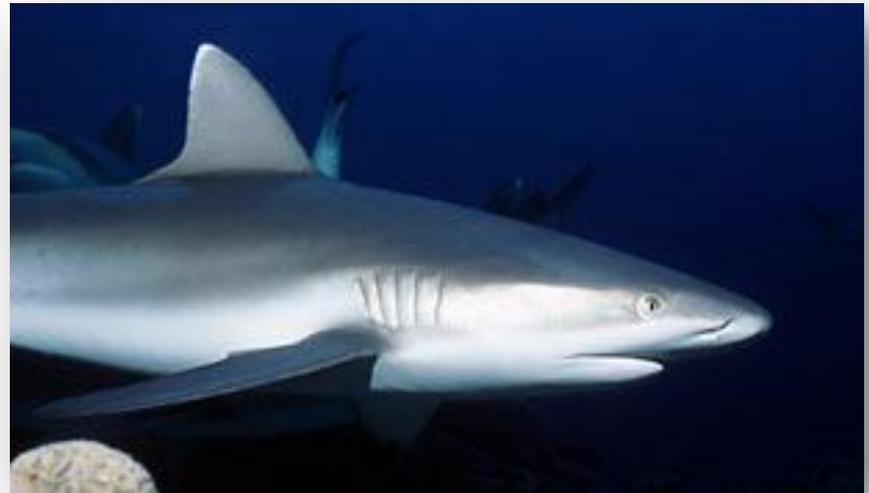
Nell'ambito dei vertebrati queste caratteristiche si sono più o meno evolute in relazione all'ambiente e quindi allo stile di vita degli animali.

# Dai cefalocordati ai vertebrati



L'albero evolutivo dei cordati, di cui fanno parte i vertebrati

# I vertebrati acquatici: i pesci



# I vertebrati acquatici: i pesci

Sono animali perfettamente adattati alla vita acquatica.

La pelle è rivestita di **scaglie**.

Possiedono **pinne** per nuotare e un organo di senso speciale.

La circolazione è **semplice**; respirano per mezzo di **branchie**.

La riproduzione è sessuata; la fecondazione può essere interna o esterna; la maggior parte dei pesci è **ovipara**, cioè depone uova. In alcuni casi è **ovovivipara** cioè le uova maturano all'interno del corpo fino alla schiusa.

# Gli anfibi sono i primi tetrapodi in grado di muoversi in ambiente terrestre



# I rettili possono riprodursi sulla terraferma

Verso la fine del CARBONIFERO (359-299 milioni anni fa) da alcuni anfibi si sono evoluti i primi rettili  
SVINCOLATI COMPLETAMENTE DALL'AMBIENTE ACQUATICO



# I rettili possono riprodursi sulla terraferma

Il corpo dei rettili è rivestito di **squame** coriacee cheratinizzate, che proteggono l'animale dalla disidratazione e dai predatori. L'adattamento più significativo è il tipo di riproduzione: dopo la fecondazione interna la femmina depone **uova amniotiche**, che rendono possibile lo sviluppo embrionale lontano dall'acqua.



# I rettili: la comparsa dell'uovo amniotico

L'uovo amniotico è rivestito da un guscio impermeabile all'acqua e permette all'embrione di svilupparsi in un **ambiente acquoso protetto**. Il guscio, impregnato di carbonato di calcio, limita l'evaporazione dei liquidi contenuti al suo interno permettendo allo stesso tempo gli scambi gassosi. All'interno dell'uovo vengono immagazzinate **notevoli quantità di riserve nutritive** sotto forma di **vitello**; queste riserve permettono all'embrione di raggiungere uno stadio di sviluppo avanzato prima della schiusa. Internamente al guscio si trovano le membrane extraembrionali, che proteggono l'embrione e favoriscono gli scambi gassosi e l'escrezione dei rifiuti azotati.



# I rettili: la comparsa dell'uovo amniotico

UN UOVO CHE NON NECESSITA DI ACQUA:

L'evoluzione dell'uovo amniotico ha rappresentato la **tappa principale della colonizzazione dell'ambiente terrestre**. L'allantoide raccoglie i prodotti di rifiuto metabolici dell'embrione; il sacco vitellino racchiude il vitello, che nutre l'embrione in via di sviluppo. L'amnios produce il liquido che protegge l'embrione, mentre il corion provvede agli scambi gassosi.



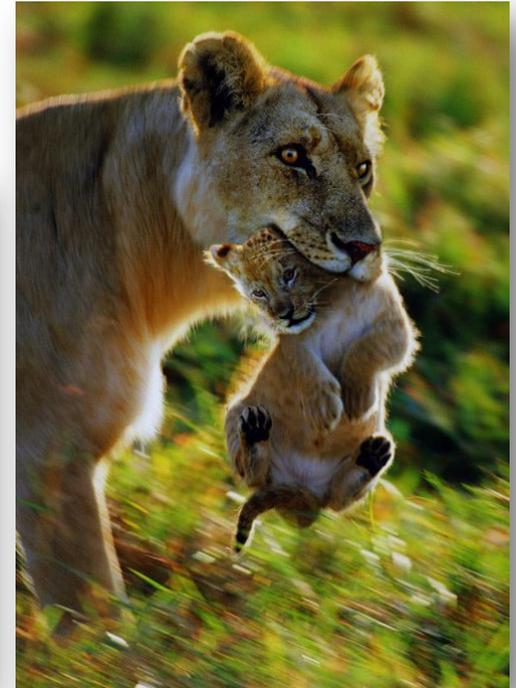
# Gli uccelli: endodermi e volatori

Quasi tutte le caratteristiche anatomiche degli **uccelli** sono correlate alla capacità di volare, dagli arti anteriori modificati in *ali* alle *ossa pneumatiche*. Sono animali *endotermi* (mantengono una temperatura corporea costante) e depongono *uova con guscio duro*.



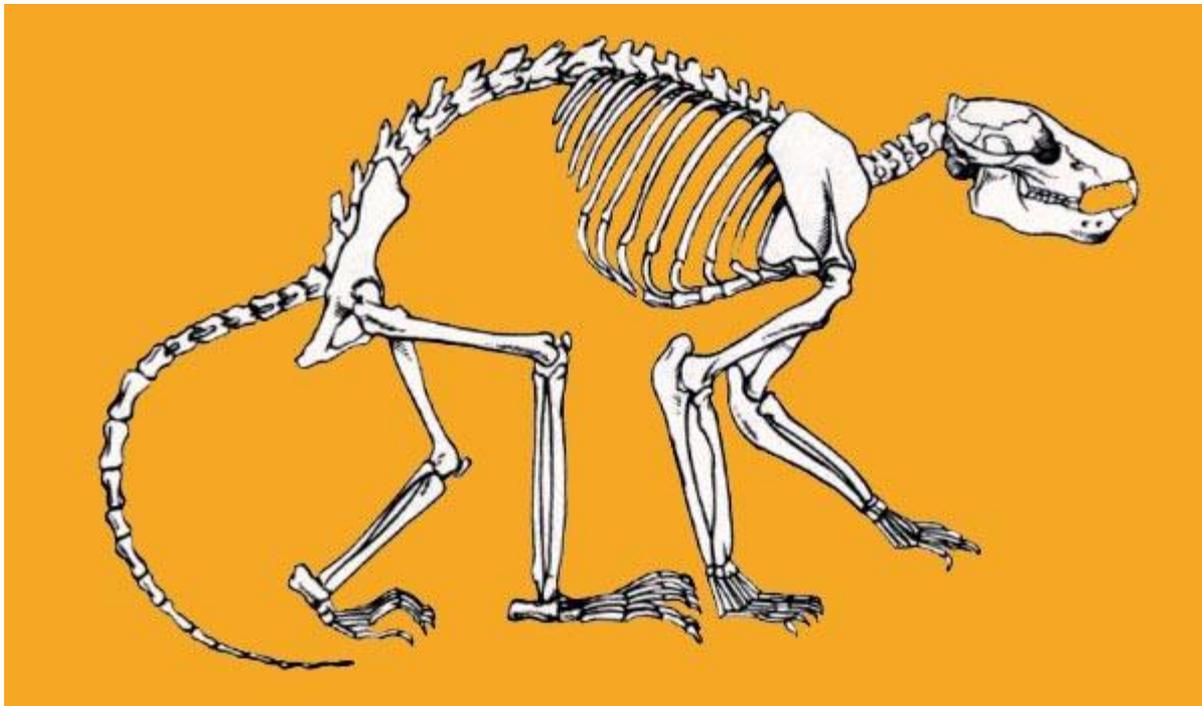
# I mammiferi: pelliccia e ghiandole mammarie

I mammiferi sono *endotermi* e molti dei loro adattamenti, tra cui la *pelliccia*, sono legati al controllo della temperatura interna. Le *ghiandole mammarie* permettono alle femmine di allattare i piccoli.

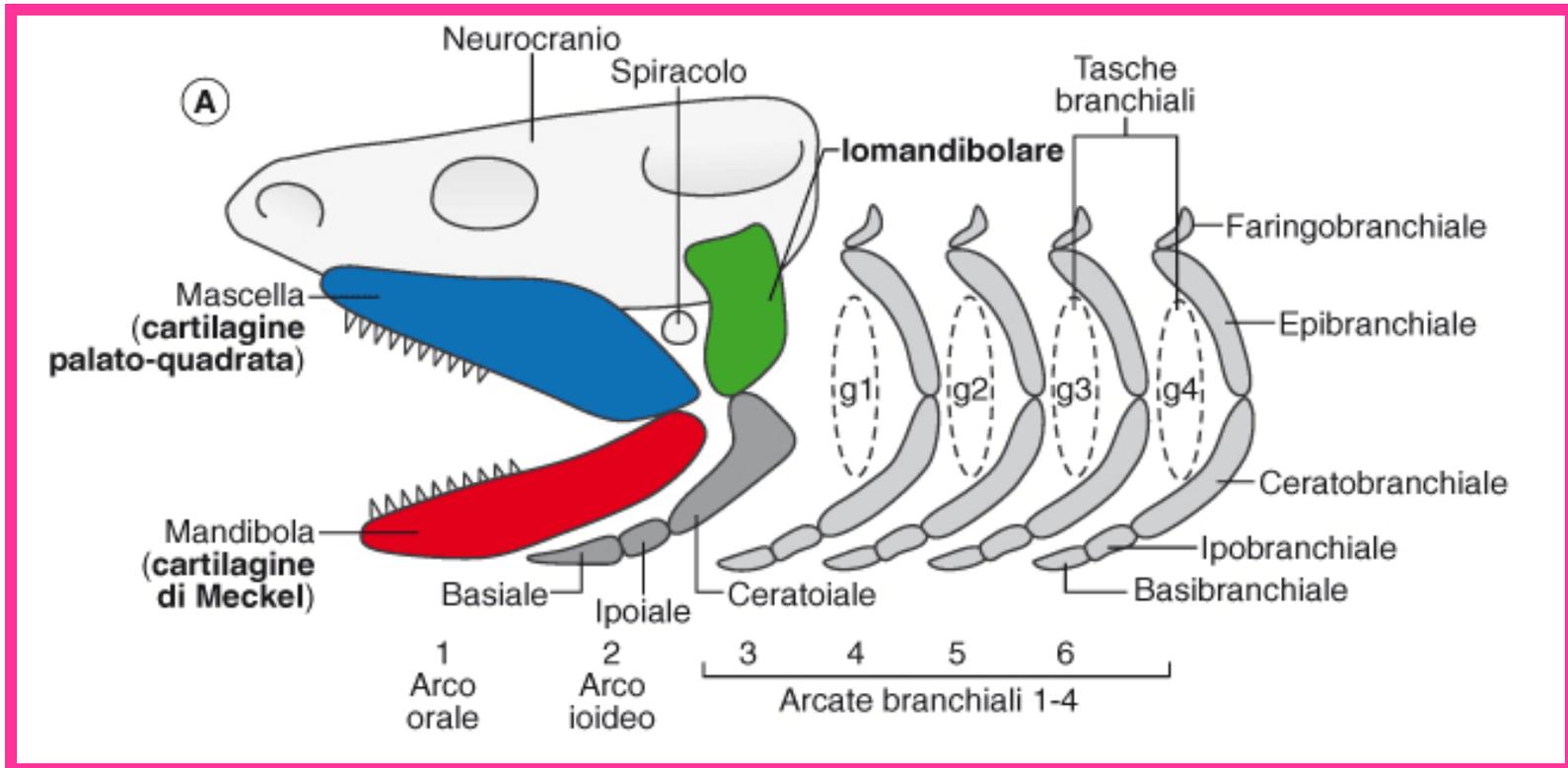


# Phylum dei vertebrati: lo scheletro

Lo scheletro è costituito da diverse componenti rigide e resistenti alla compressione che hanno la funzione di proteggere alcuni organi interni, di sostenere e dare forma al corpo. Si divide in scheletro del **cranio**, **assile** e **appendicolare**

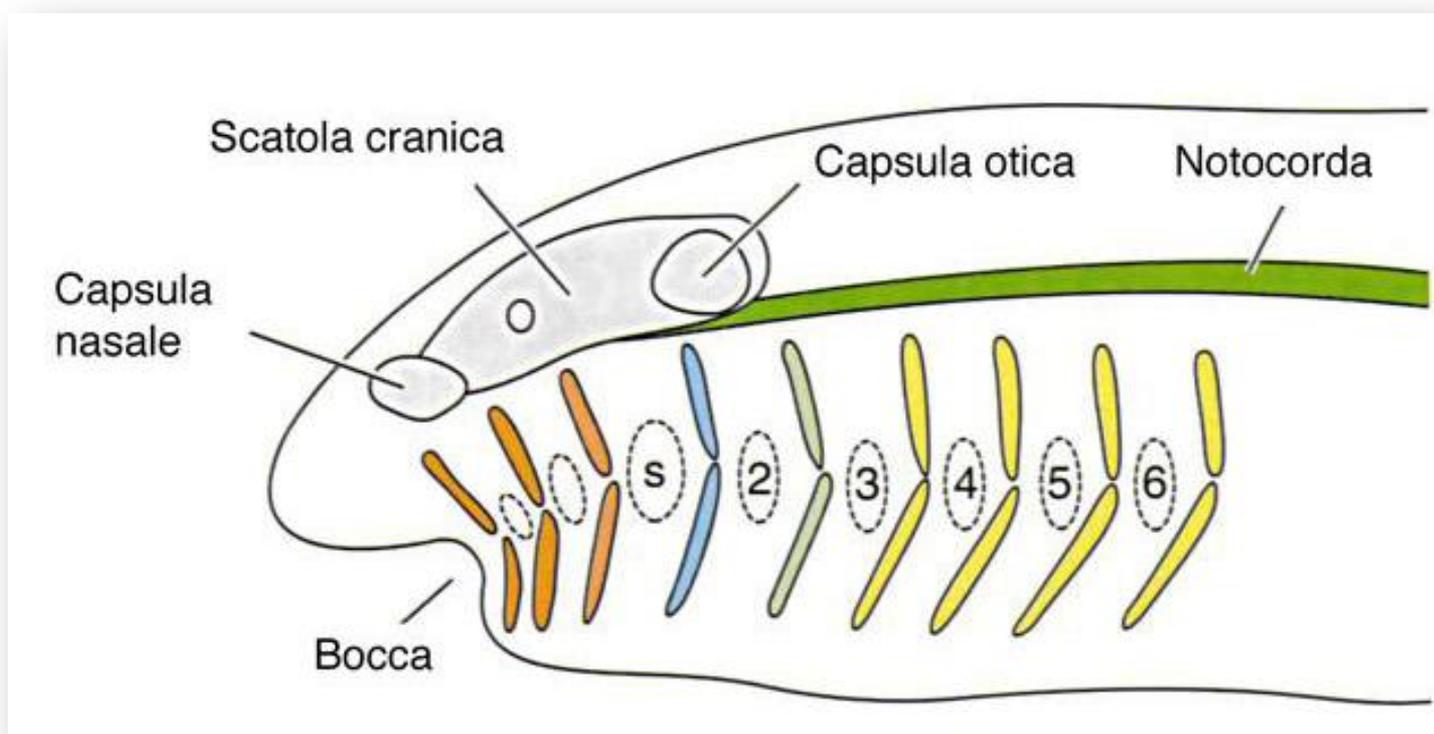


# Lo scheletro del cranio



Nell'ambito dello scheletro del cranio distinguiamo due componenti funzionalmente e strutturalmente diversi: lo splancno- e il neurocranio

# Lo splancnocranio

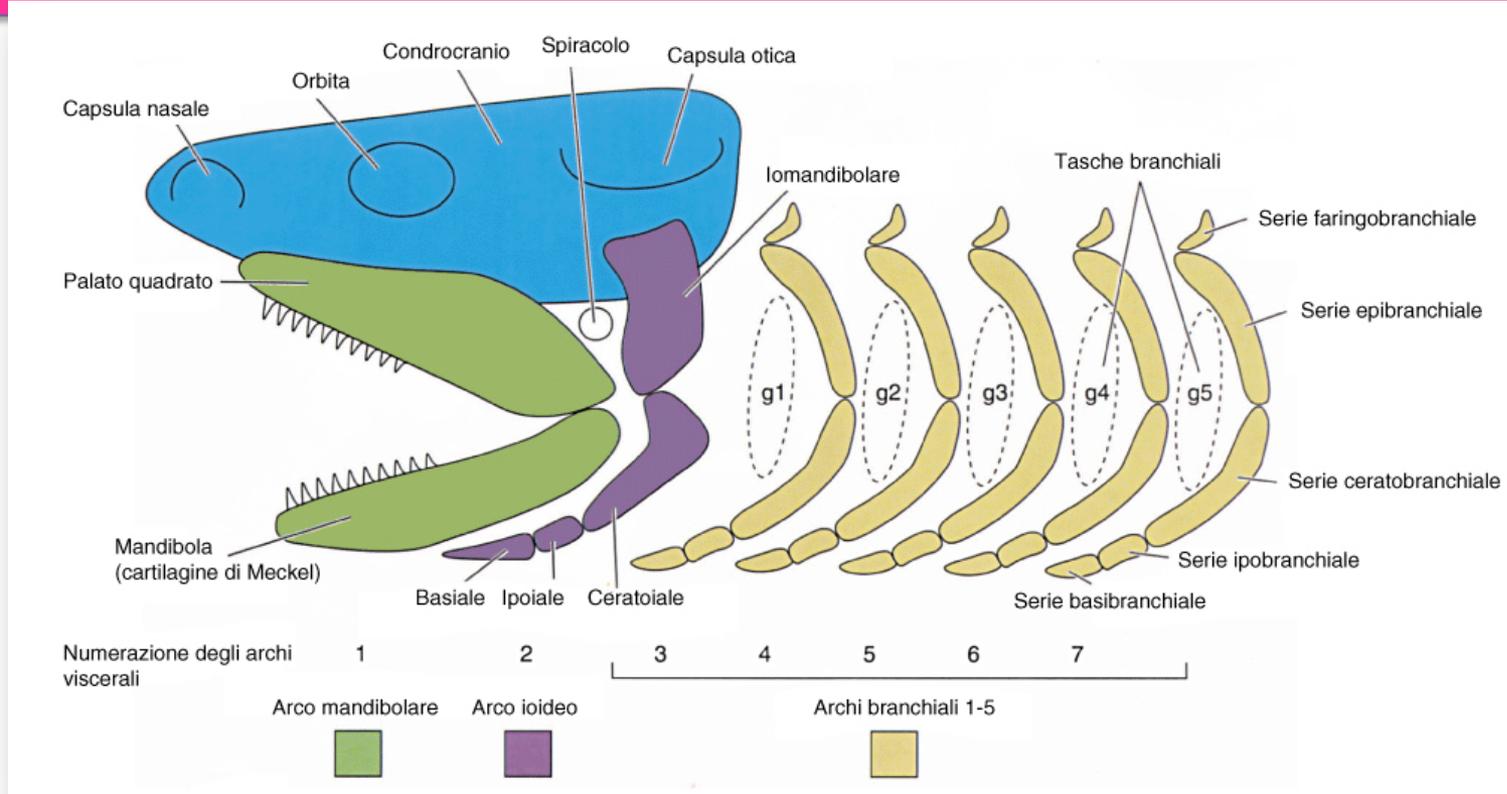


La funzione dello **splancnocranio** dei primi cranioti era probabilmente legata solo alla **respirazione** cioè al sostegno delle branchie e alla produzione di un flusso di acqua lungo queste. È costituito da una **serie di archi cartilaginei** o ossei, originati dalle cellule della cresta neurale, che si collocano nelle pareti del faringe, tra le tasche faringee.

# Lo splancnocranio

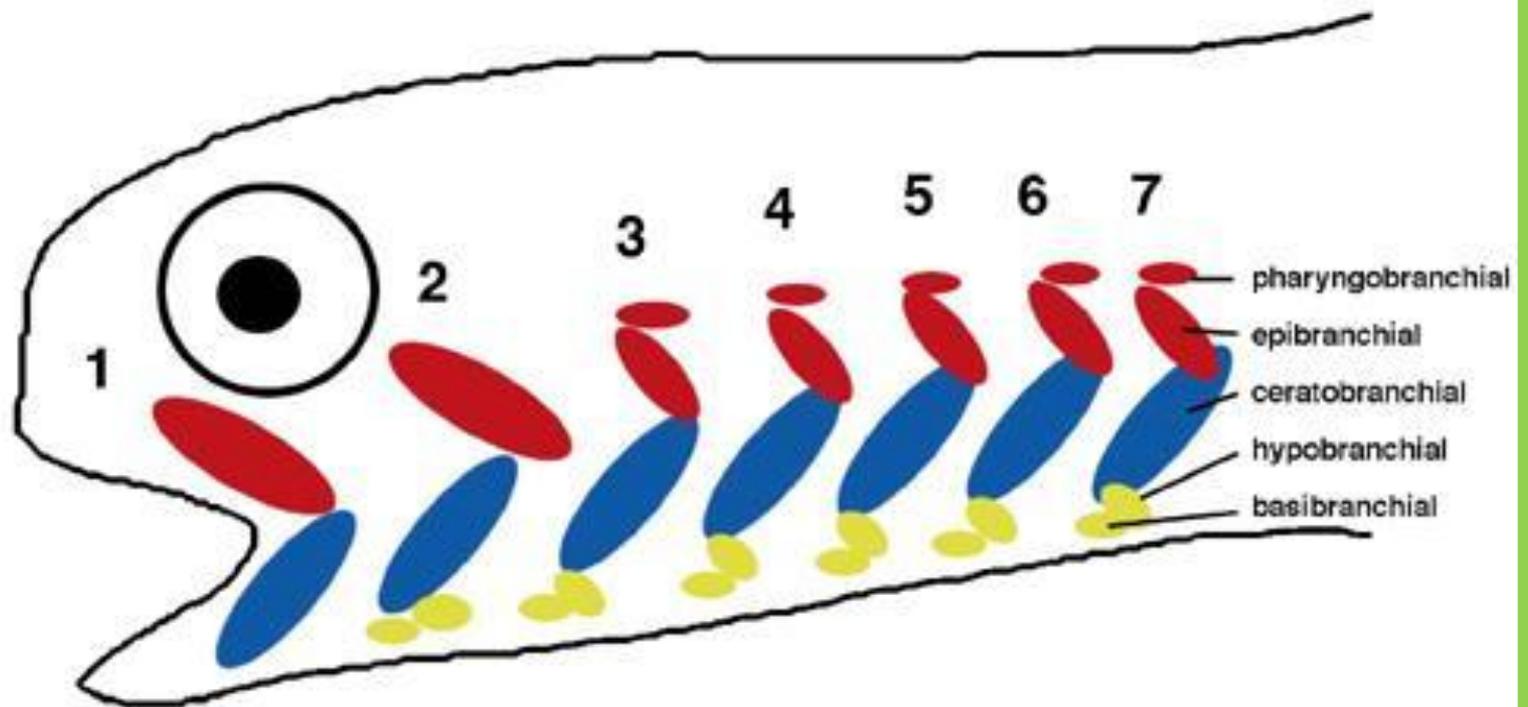
**Modificazioni dello splancnocranio hanno segnato il passaggio dagli Agnati agli Gnatostomi: il primo arco faringeo si è modificato con la comparsa della mandibola e della mascella. Anche il secondo arco subirà delle modificazioni**

# Lo splancnocranio

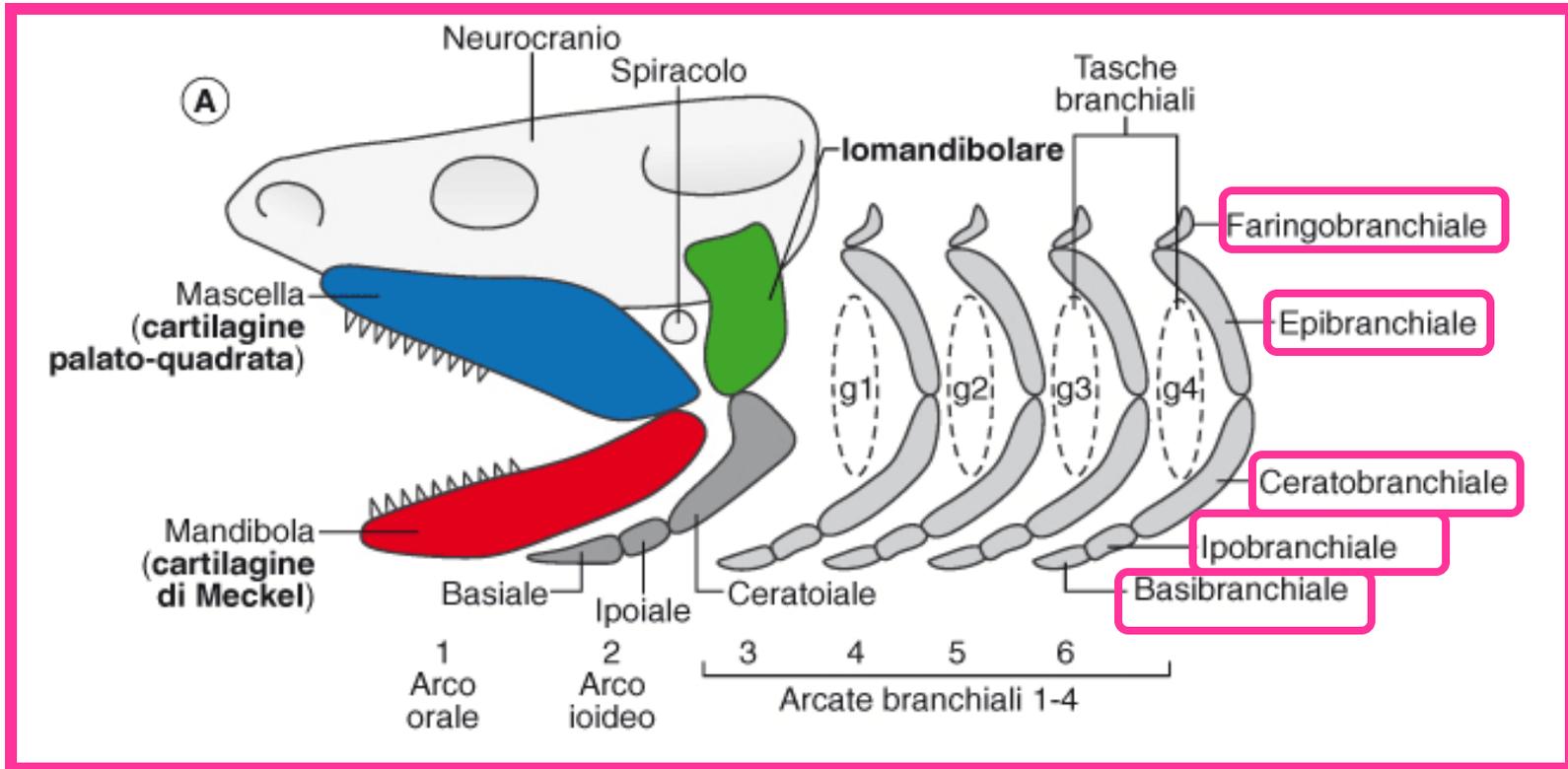


Nei pesci gnatostomi ogni arco è caratterizzato dalla presenza di almeno quattro elementi articolati tra loro e connessi alla muscolatura delle branchie.

## Gnathostome (jawed) vertebrate

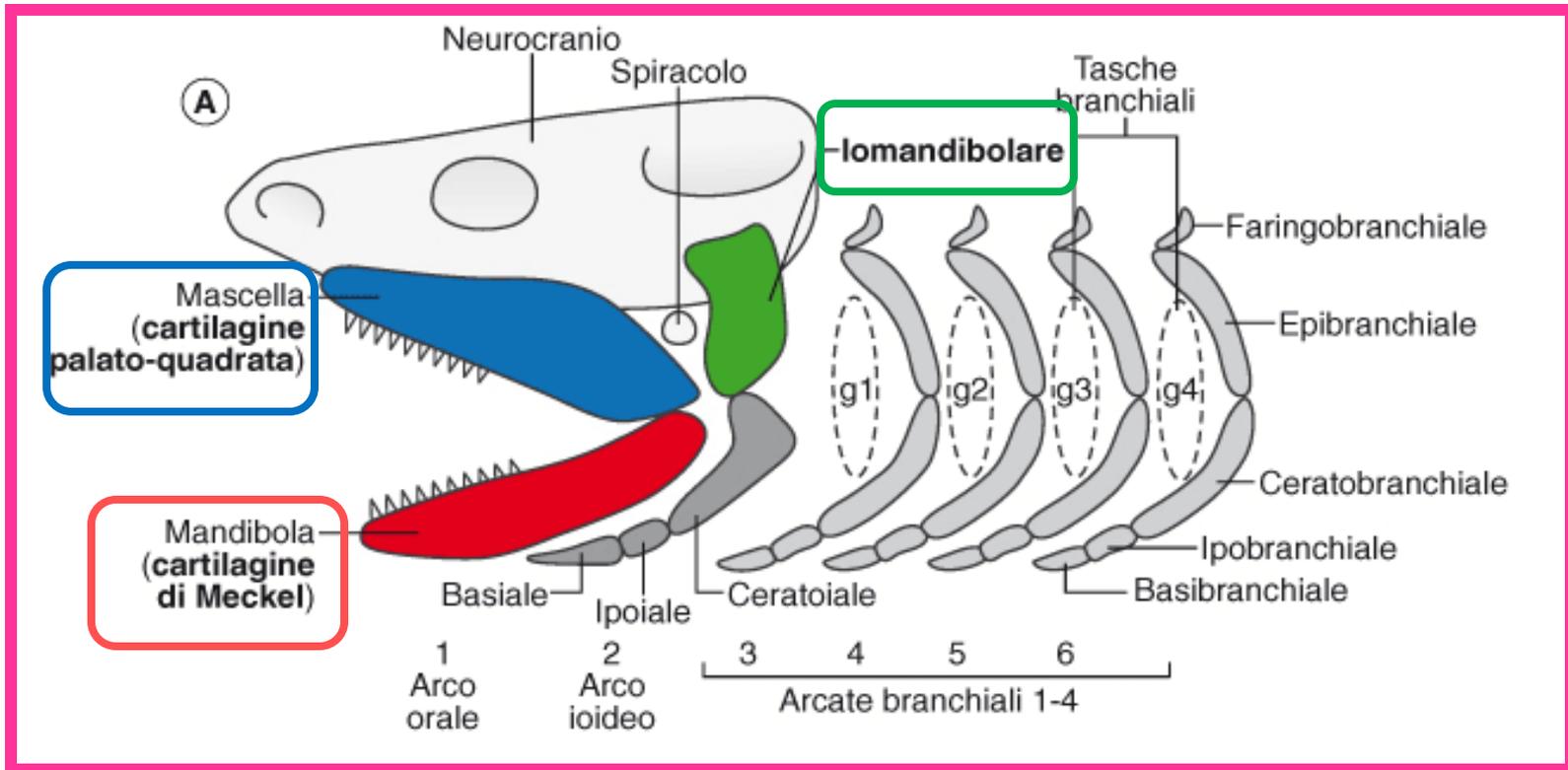


# Lo splancnocranio – ittiopsidi gnatostomi



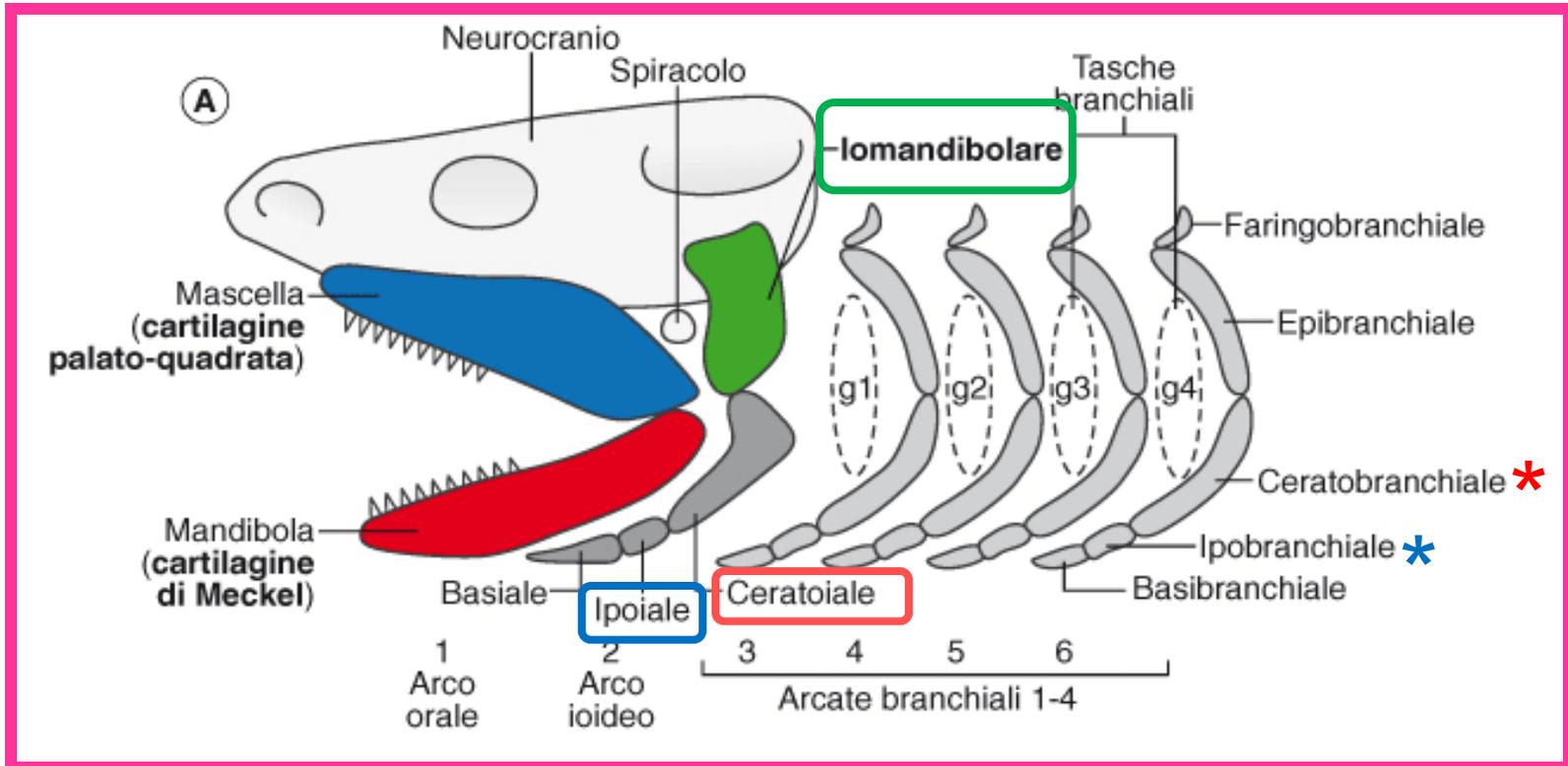
I pezzi scheletrici presenti in ciascun arco in senso dorso-ventrale sono:  
il faringobranchiale, l'epibranchiale, il ceratobranchiale e l'ipoibranchiale cui può associarsi ventralmente, un basibranchiale. Il I e il II arco branchiale, non portatori di branchie, non rispettano questa struttura

# Lo splancnocranio – ittiopsidi gnatostomi



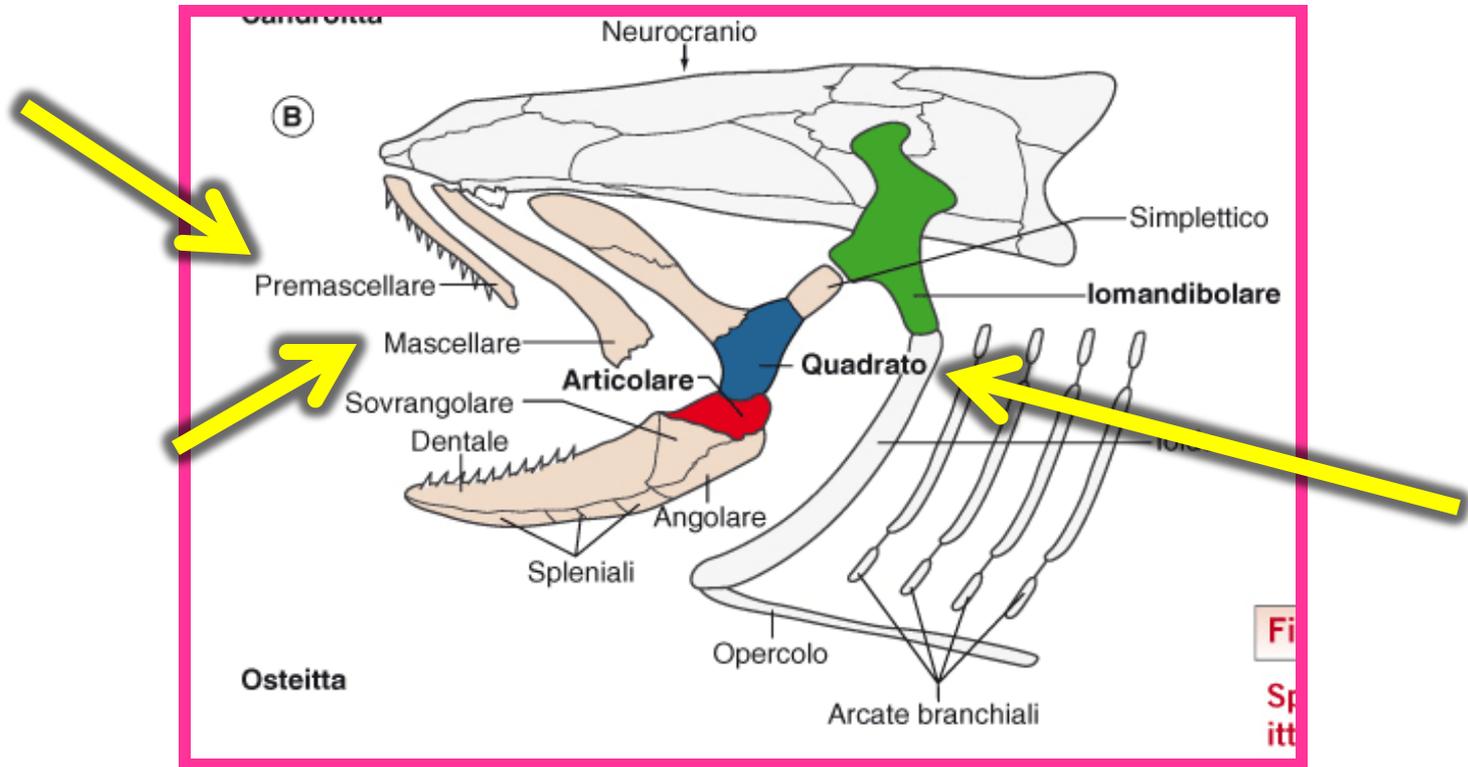
Il primo arco branchiale dei **condroitti** presenta due pezzi scheletrici per lato: la **cartilagine palato-quadrata**, dorsalmente a costituire la mascella, e la **cartilagine di Meckel**, ventralmente a formare la mandibola. Il II arco perde la struttura primitiva, perde il faringobranchiale, l'**epibranchiale** diventa un pezzo scheletrico nuovo, l'**iomandibolare** che si inserisce tra l'articolazione mascella-mandibola ed il neurocranio, contribuendo alla sospensione dello splancnocranio.

# Lo splancnocranio – ittiopsidi gnatostomi



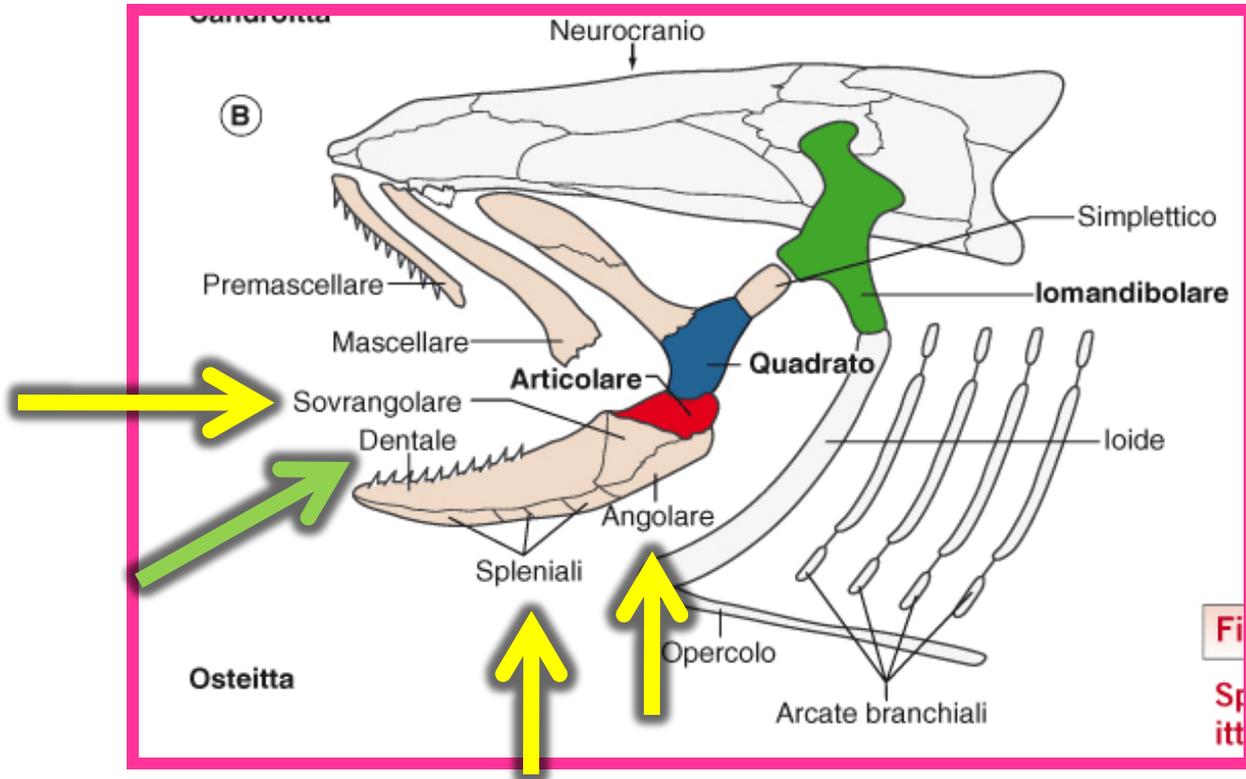
Il ceratobranchiale e l'ipobranchiale diventano il **ceratoiale** e l'**ipoiale**.

# Lo splancnocranio – ittiopsidi gnatostomi



Negli **osteitti** la **mascella** sarà costituita da due ossa di membrana per lato: il **premascellare** ed il **mascellare** cui si aggiunge, posteriormente il **quadrato**.

# Lo splancnocranio – ittiopsidi gnatostomi

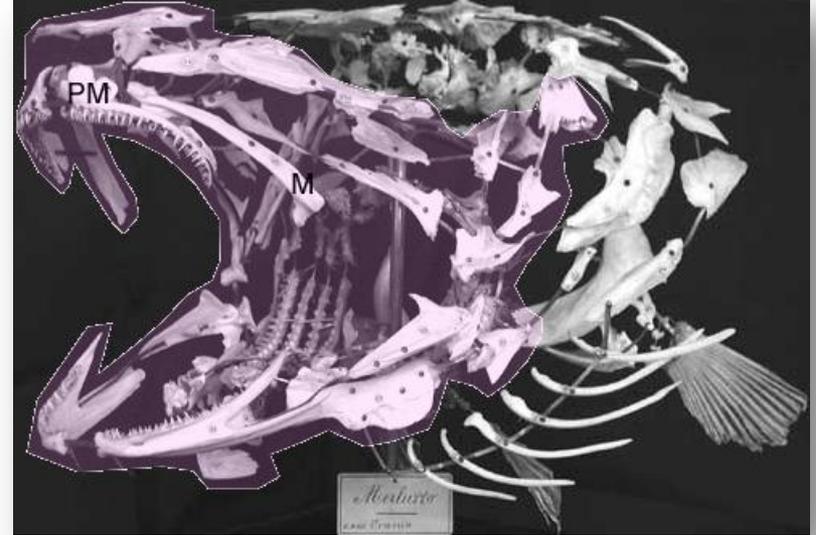


Negli osteitti la **mandibola** è più complessa: al dentale, che ne costituisce la parte più rilevante, si aggiungono gli **spleniali** (ventrali) l'angolare e il sovrangolare.

## Splancnocranio condroitto



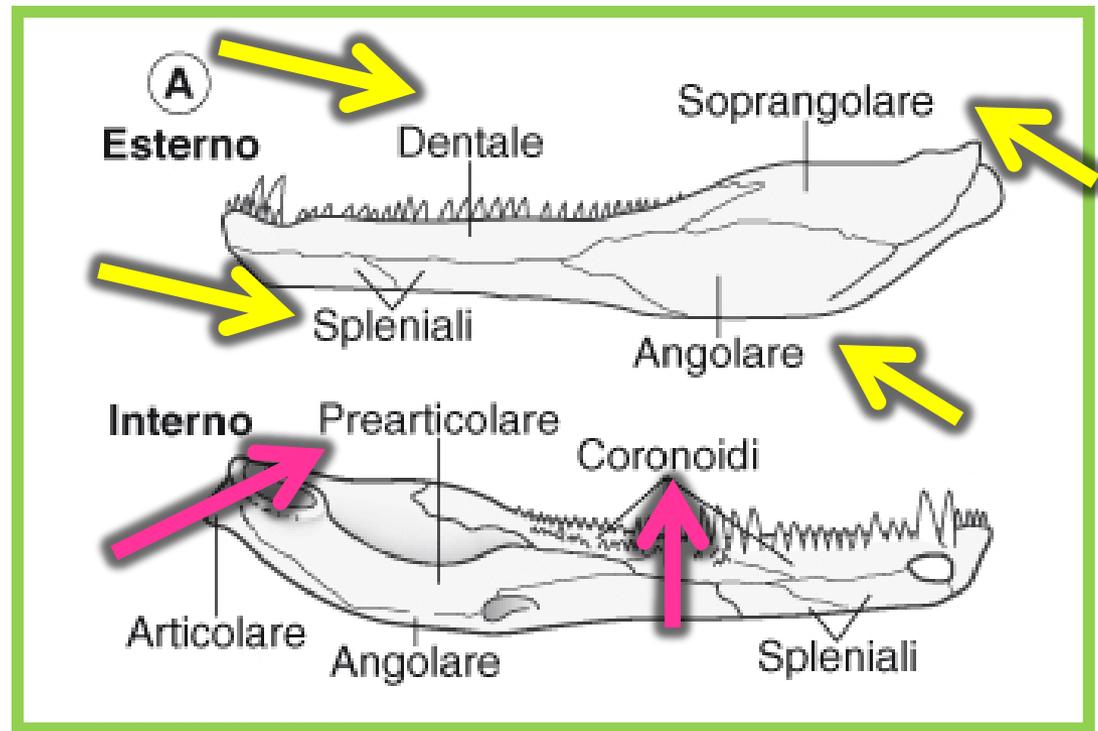
## Splancnocranio osteitto



Squalo. La parte dorsale del primo arco è costituita dai palatoquadrate (PQ) uniti anteriormente a formare l'arcata mandibolare superiore (la mascella). La parte ventrale è rappresentata dalla cartilagine di Meckel (M) che forma l'arcata mandibolare inferiore (la mandibola).

Merluzzo. Gli archi branchiali, osservabili al fondo dell'ampia cavità boccale, sono cinque, accolti nella camera branchiale, delimitata esternamente dall'opercolo. L'arcata boccale aperta mostra come sia i premaxillari (PM) sia i mascellari (M) non siano saldati anteriormente fra loro, né con il corrispettivo contro-laterale.

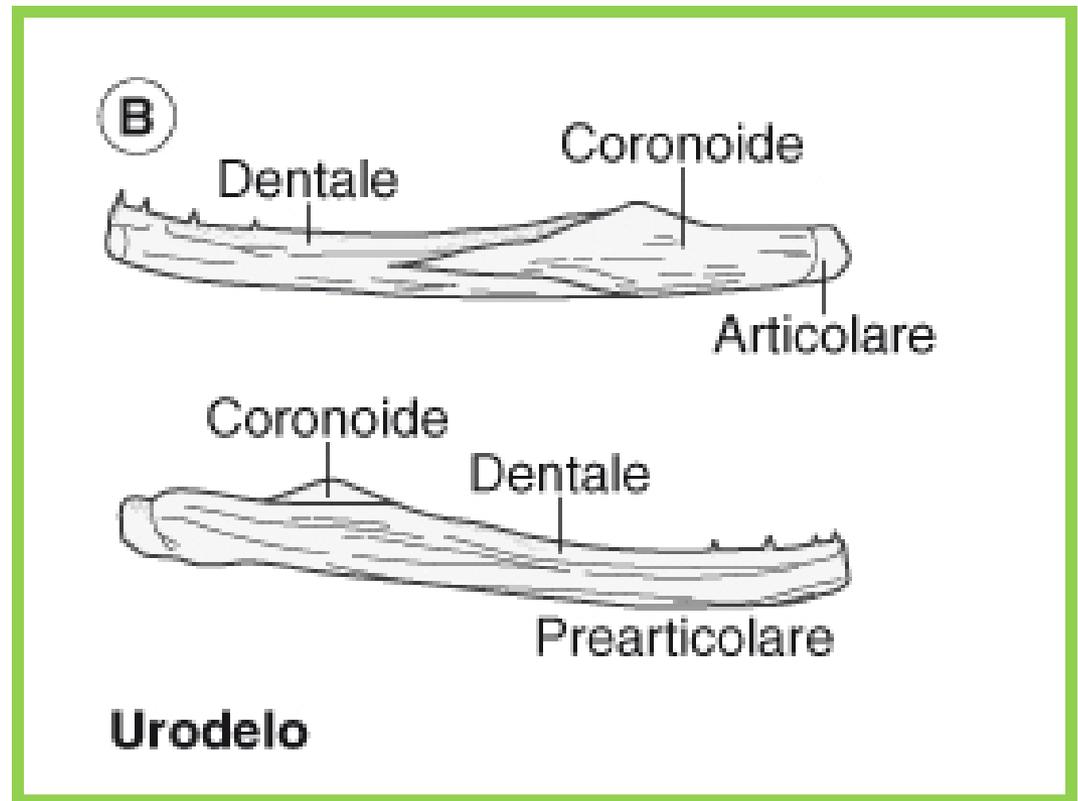
# Nei tetrapodi



Nei **tetrapodi** la mascella continua ad essere formata da **mascellare** e **premascellare** con l'aggiunta del quadrato, mentre si assiste ad una **progressiva riduzione del numero dei pezzi scheletrici della mandibola**. La mandibola di un anfibio **labirintodonte**, presentava sulla superficie esterna un **ampio dentale** e sotto e dietro questo uno o due **spleniali** seguiti da **angolare** e **sovrangolare**.

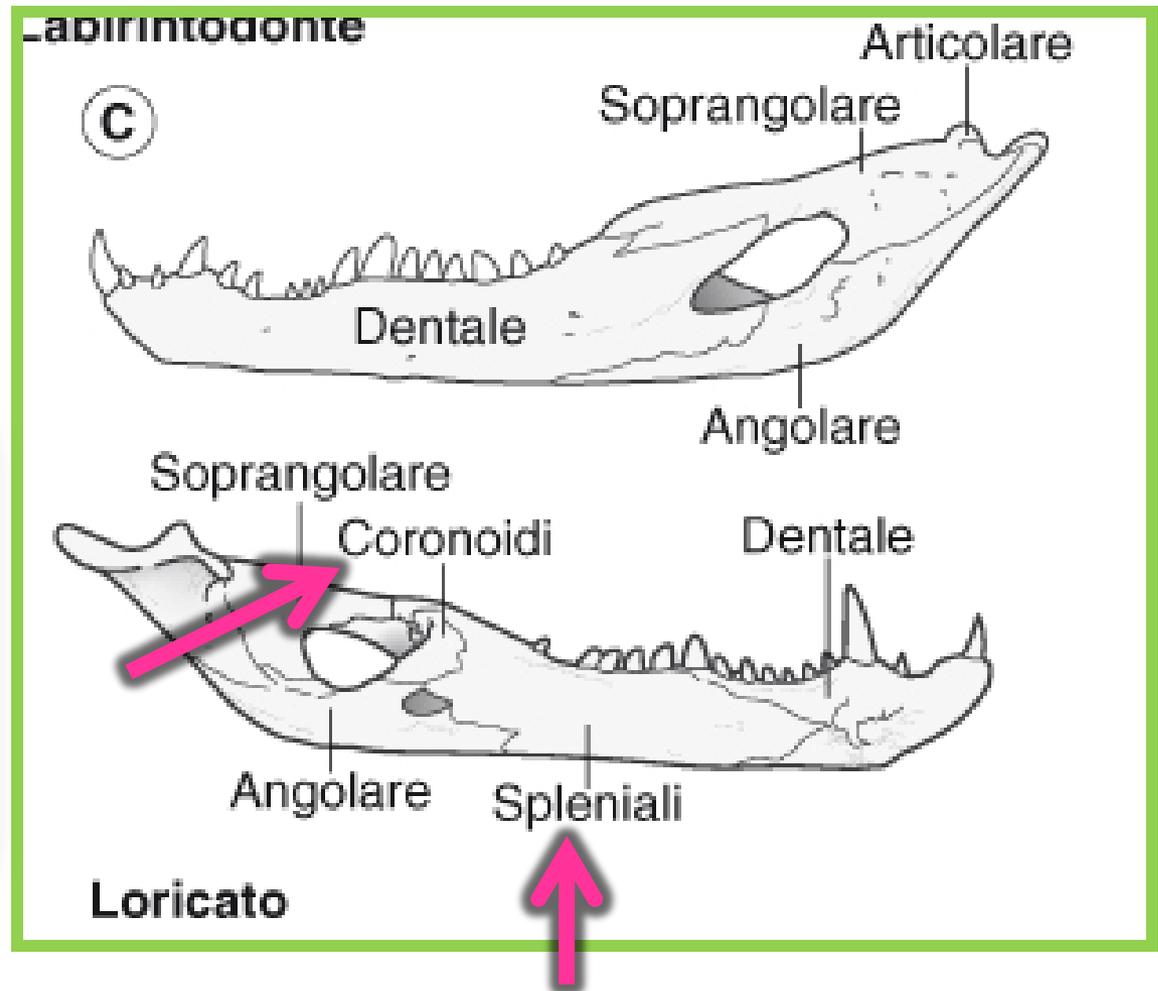
Gli elementi di rivestimento interni erano costituiti dall'ampio **prearticolare** posteriore e dai **coronoidi** anteriori.

# Nei tetrapodi



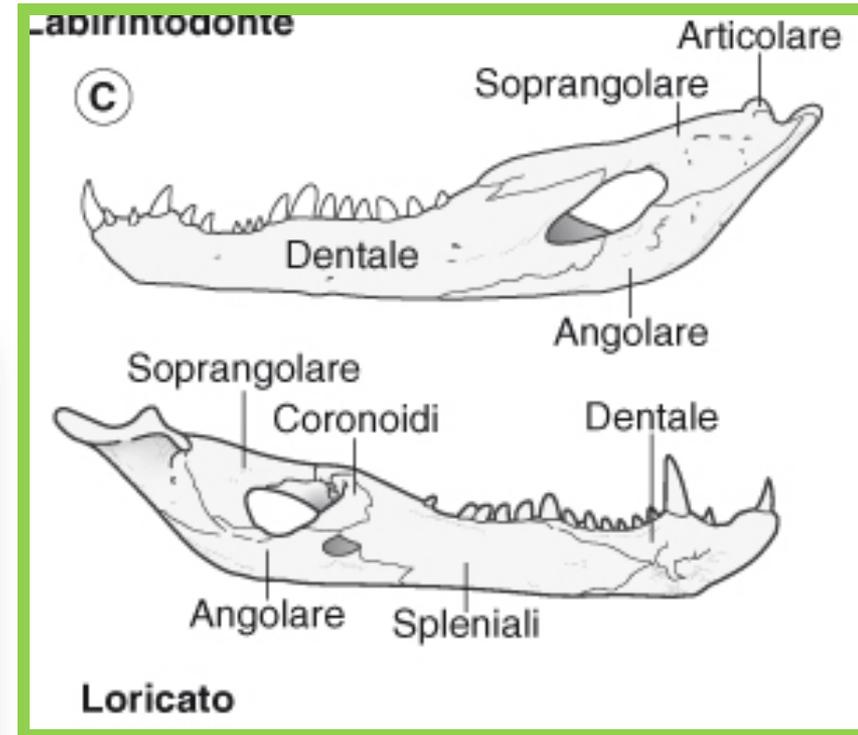
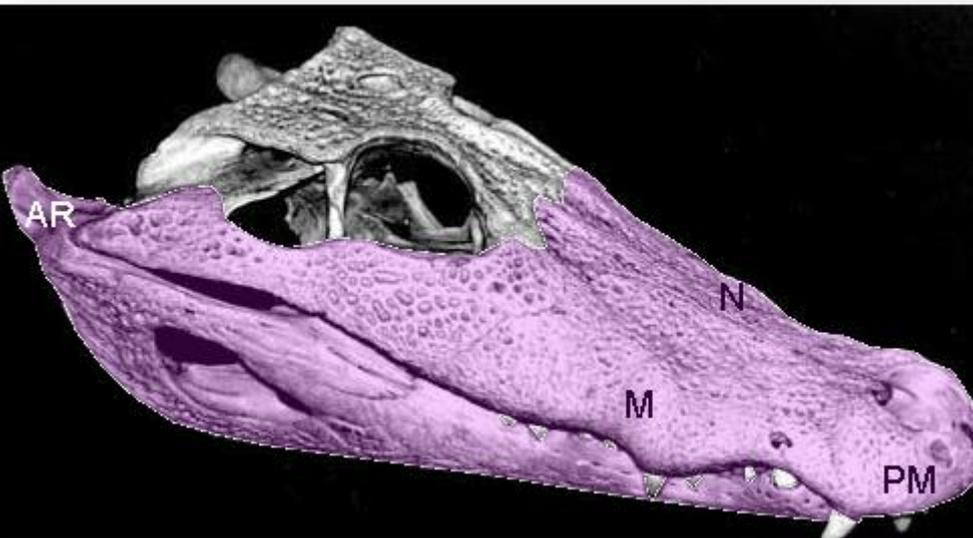
Negli **anfibi moderni** la **mandibola** si è molto semplificata per scomparsa o fusione dei pezzi scheletrici. Quella di un **urodelo** è formata da sole tre ossa dermiche: il **dentale**, sulla superficie esterna, e due ossa sulla superficie interna che corrispondono probabilmente al **prearticolare** e al **coronoide**.

# Nei tetrapodi



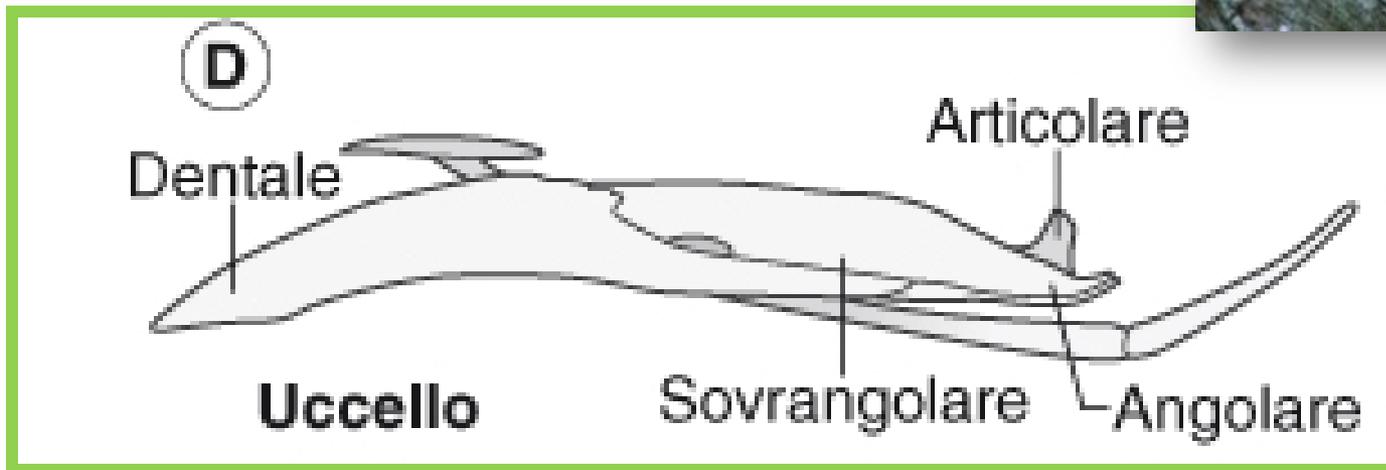
Anche nei **rettili** si mantengono parecchi pezzi scheletrici. Nella mandibola di un **loricato** troviamo **dentale**, **angolare** e **sovrangolare** nella faccia esterna, mentre sulla faccia interna si individuano anche **spleniali** e **coronoide**, l'articolare è sempre presente.

# Nei tetrapodi



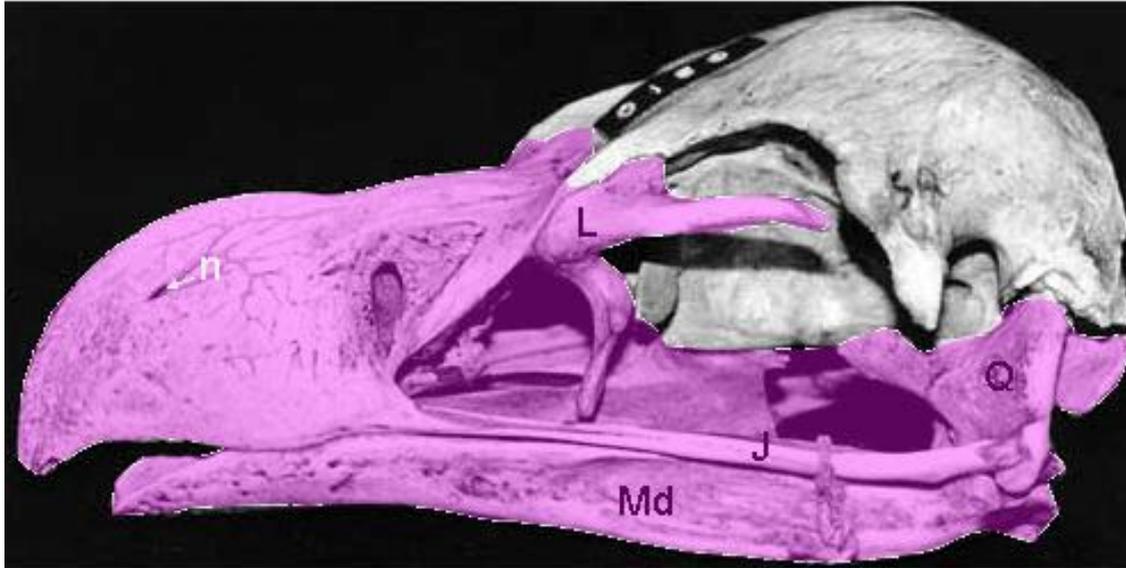
Anche nei **rettili** si mantengono parecchi pezzi scheletrici. Nella mandibola di un **loricato** troviamo **dentale**, **angolare** e **sovrangolare** nella faccia esterna, mentre sulla faccia interna si individuano anche **spleniali** e **coronoide**, l'**articolare** è sempre presente.

# Nei tetrapodi

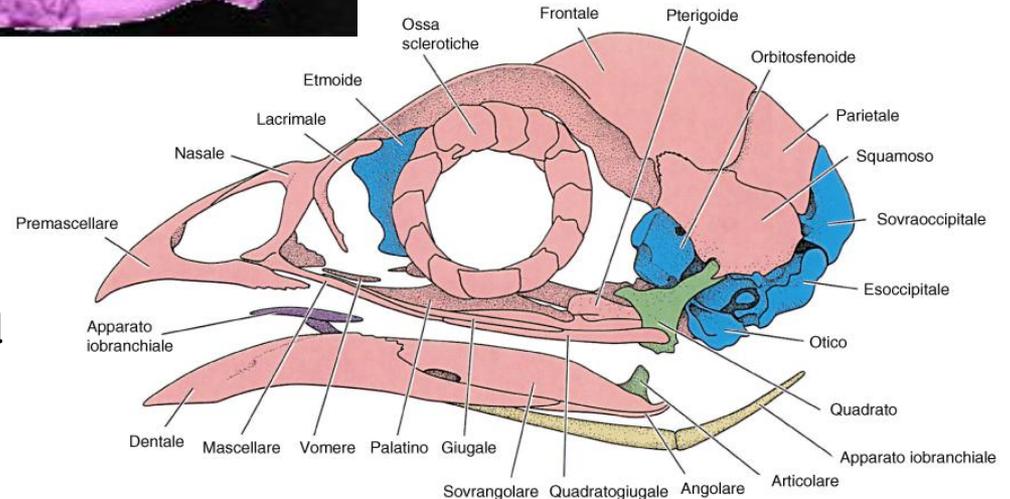


Gli **uccelli** mantengono il dentale, il sovrangolare e l'angolare ben visibili sulla faccia esterna della mandibola.

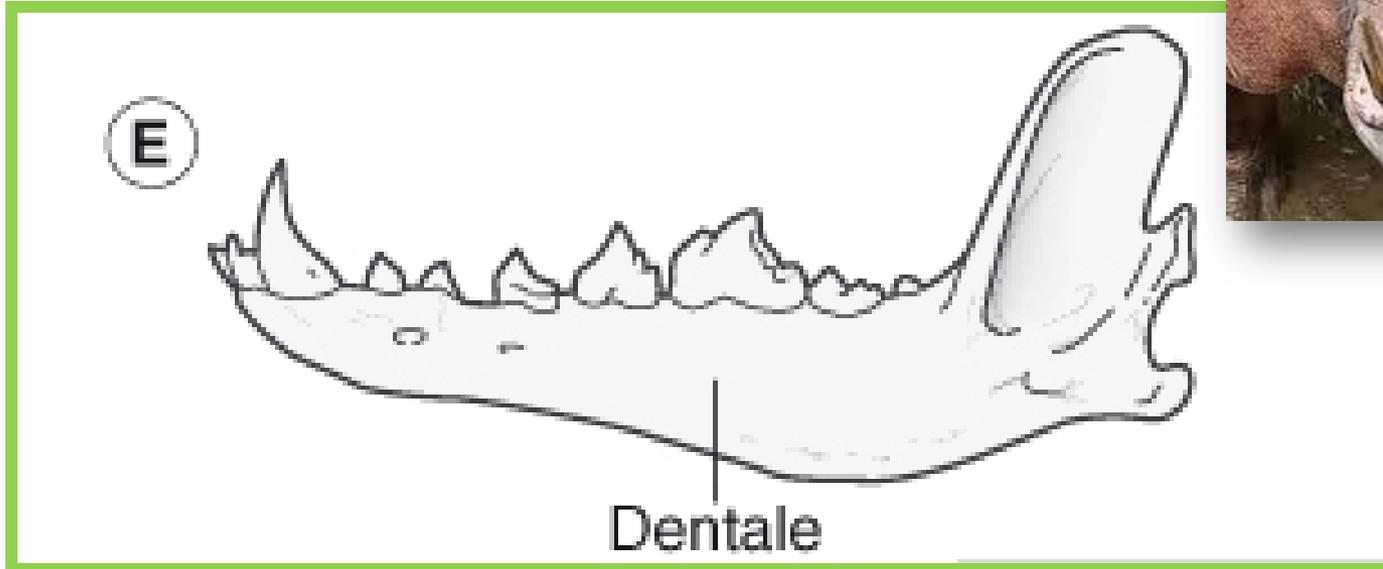
# Nei tetrapodi



Gli uccelli mantengono il dentale, il sovrangolare e l'angolare ben visibili sulla faccia esterna della mandibola.

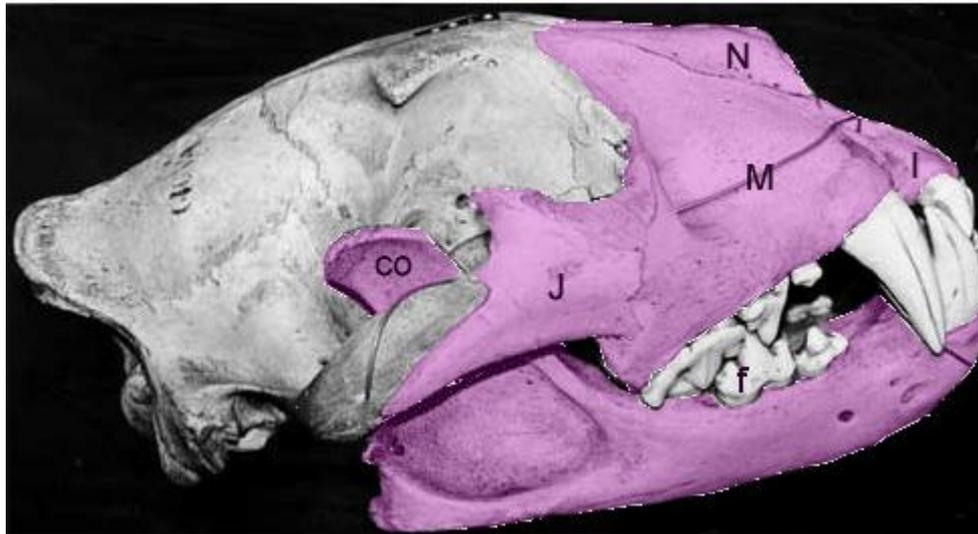


# Nei tetrapodi

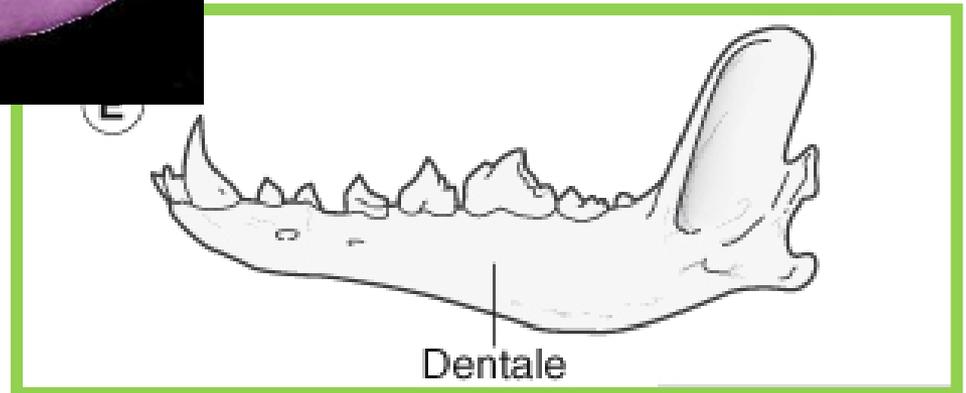


I **mammiferi** subiscono la riduzione più vistosa dal momento che la mandibola è **formata dal solo dentale** .

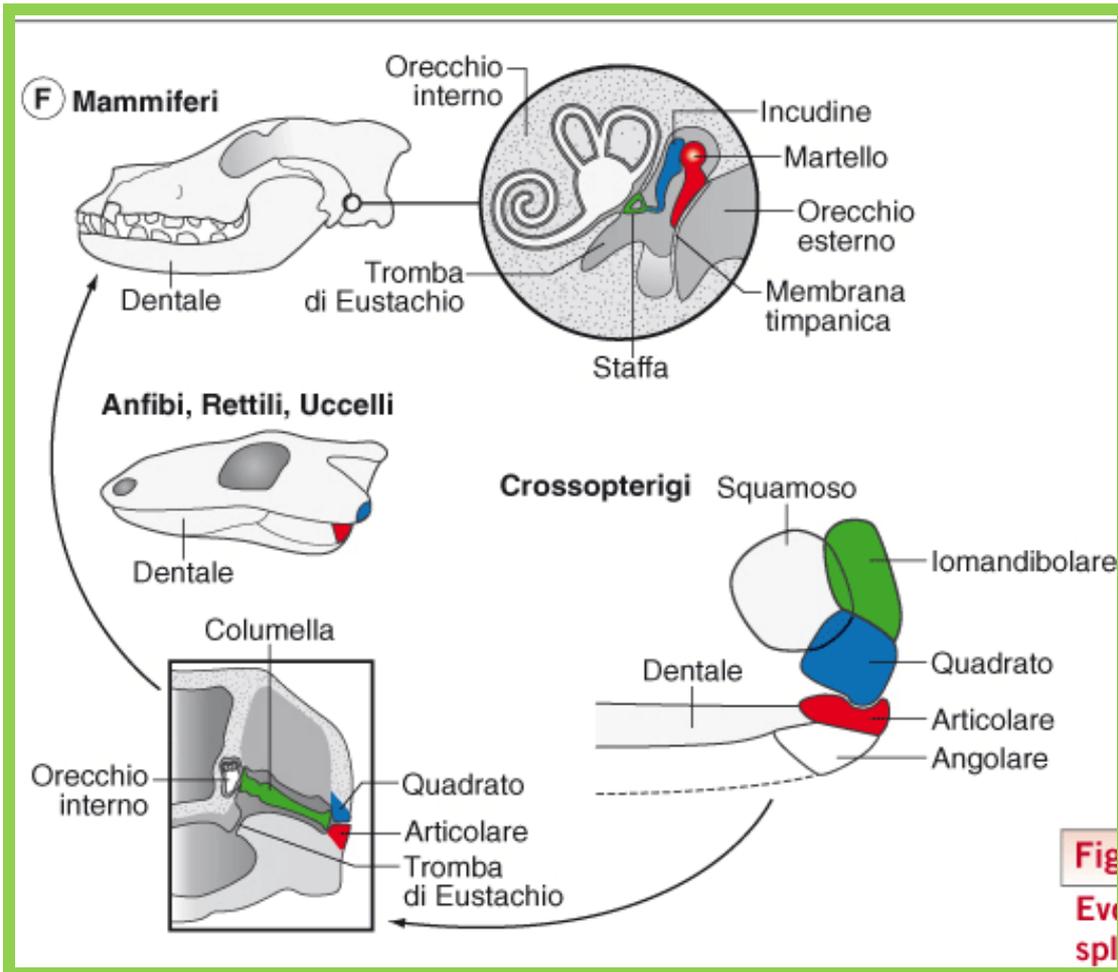
# Nei tetrapodi



I mammiferi subiscono la riduzione più vistosa dal momento che la mandibola è formata dal solo dentale .



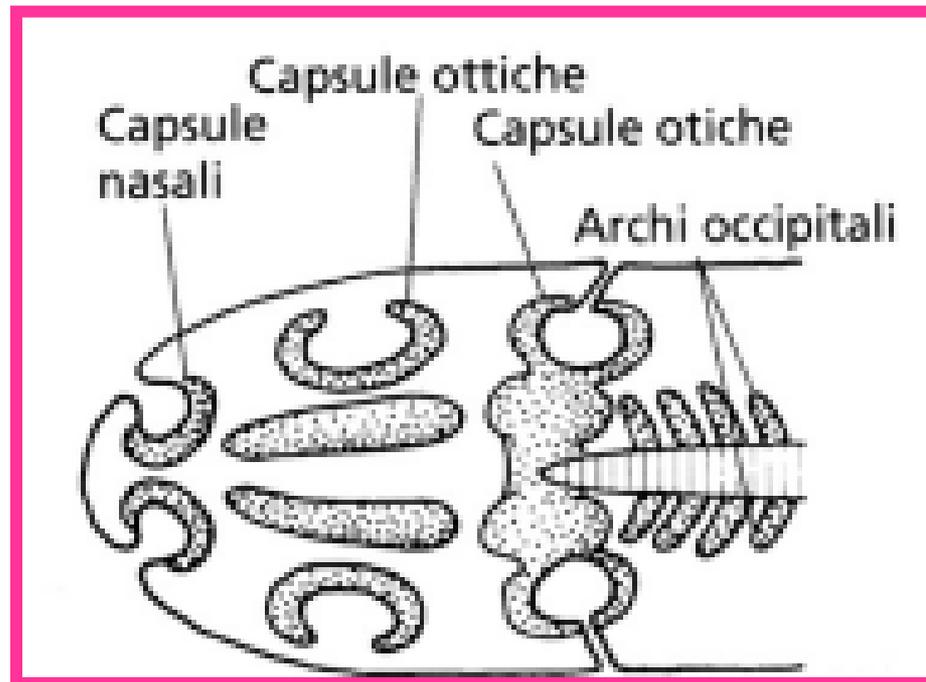
# Orecchio medio nei tetrapodi



In tutti i tetrapodi l'iomandibolare **perde la funzione di sospensore della mandibola**, esso si inserisce nella cavità dell'orecchio medio divenendo **la columella o staffa**. Nei mammiferi anche il quadrato e l'articolare penetrano nella cavità dell'orecchio medio dando origine rispettivamente all'**incudine** e al **martello** che, insieme alla staffa, costituiscono i tre ossicini dell'**orecchio medio** atti alla trasmissione del suono dal timpano all'orecchio interno.

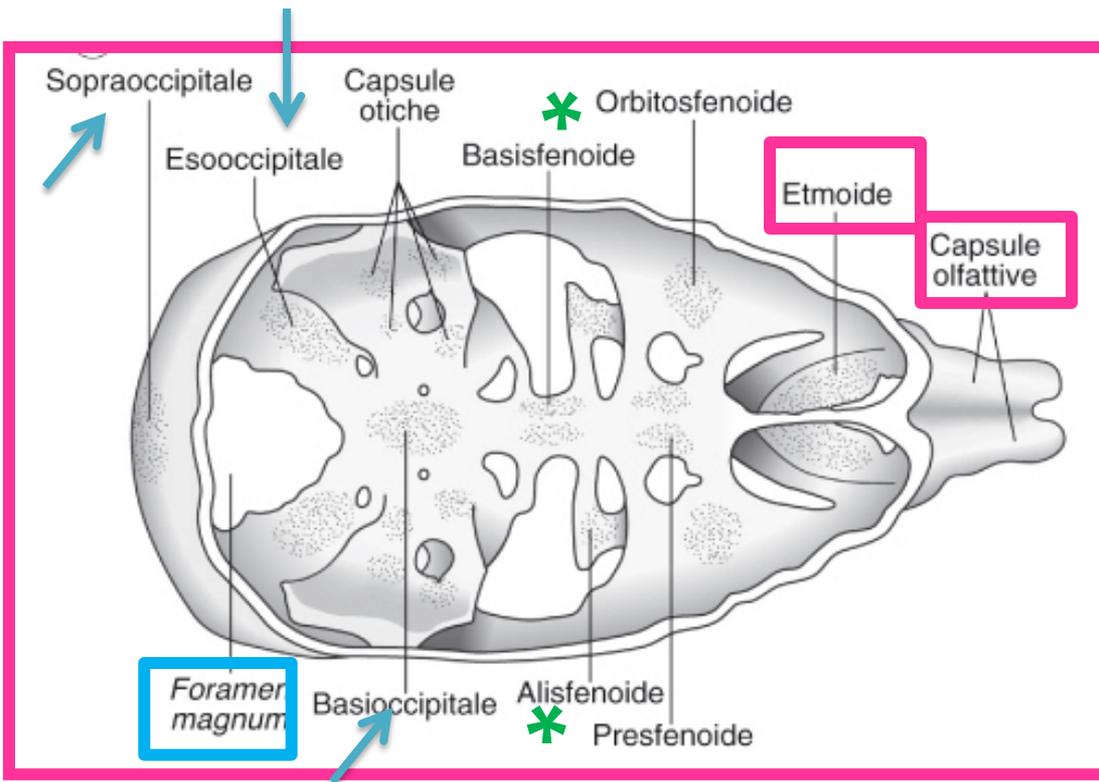
# Il neurocranio

È formato in parte da ossa di sostituzione e in parte da ossa di membrana. Le ossa di sostituzione comprendono una serie di pezzi scheletrici che derivano dall'ossificazione delle cartilagini formatesi durante lo sviluppo embrionale a protezione dell'organo dell'olfatto, capsule olfattive, dell'occhio, capsule ottiche, e dell'orecchio capsule otiche.

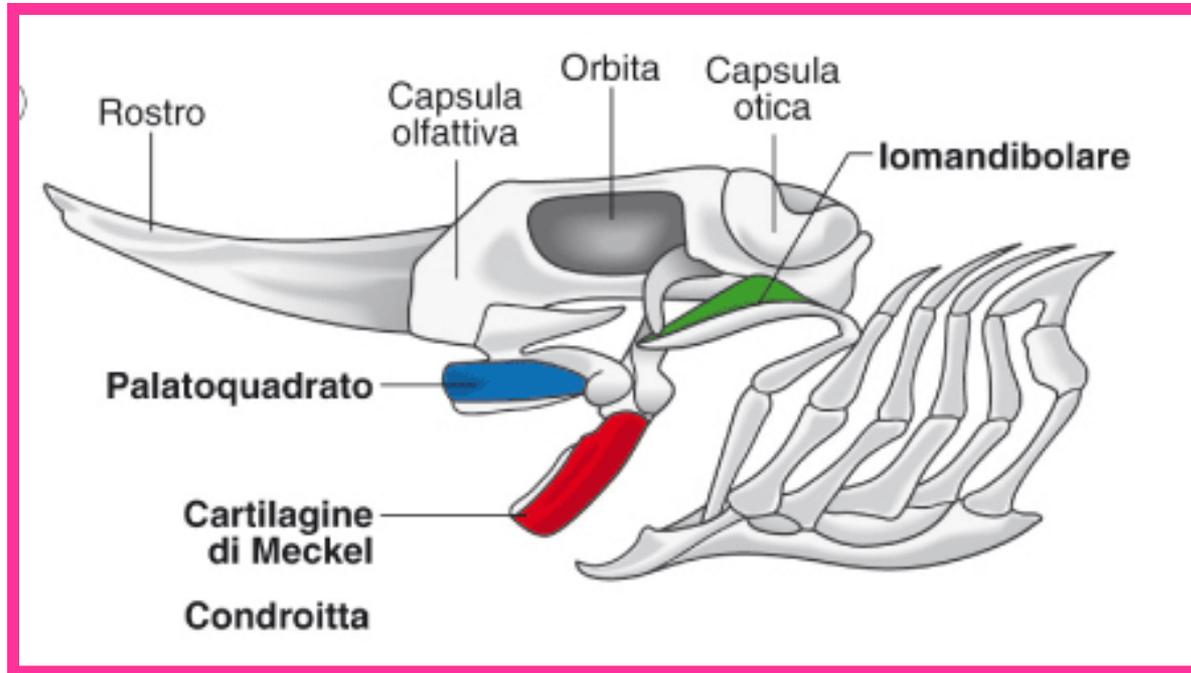


# Il neurocranio

L'ossificazione di queste componenti cartilaginee porterà alla formazione di almeno tre regioni costituite da ossa di sostituzione. Rostralmente la regione etmoidale, connessa all'organo dell'olfatto, più indietro la regione sfenoidale che protegge l'occhio e la regione occipitale posteriore in cui è presente il *foramen magnum* attraverso il quale passa il midollo spinale. Questa regione si collegherà al temporale per la protezione dell'orecchio

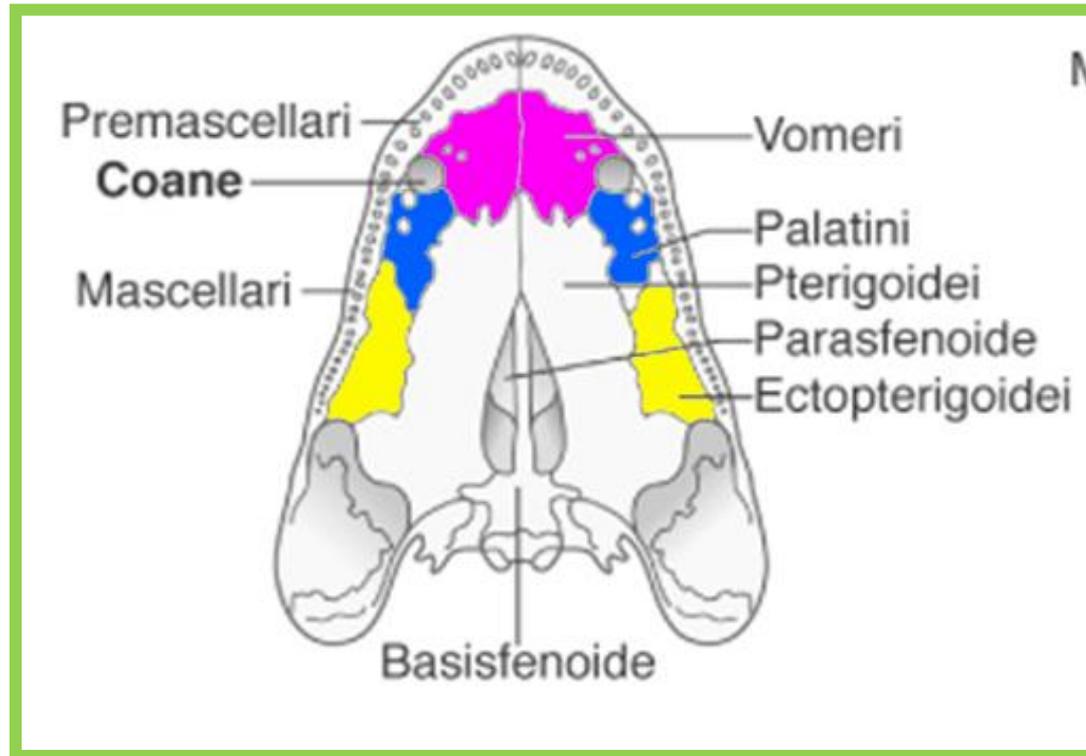


# Il neurocranio



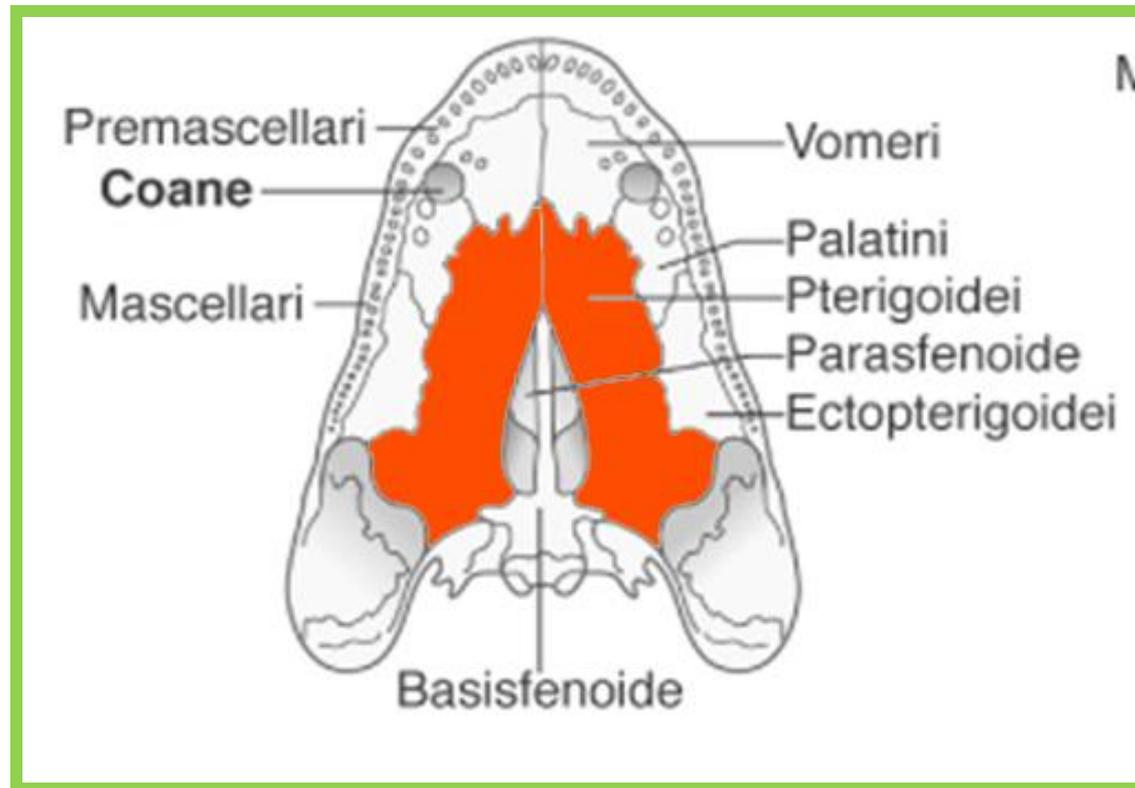
I pezzi scheletrici del neurocranio formano un ampio vassoio a bordi rialzati in cui è alloggiato l'encefalo. Espandendosi latero-dorsalmente essi formano tutta la scatola cranica dei condroitti che si prolunga in avanti negli squali con un rostro.

# Il neurocranio



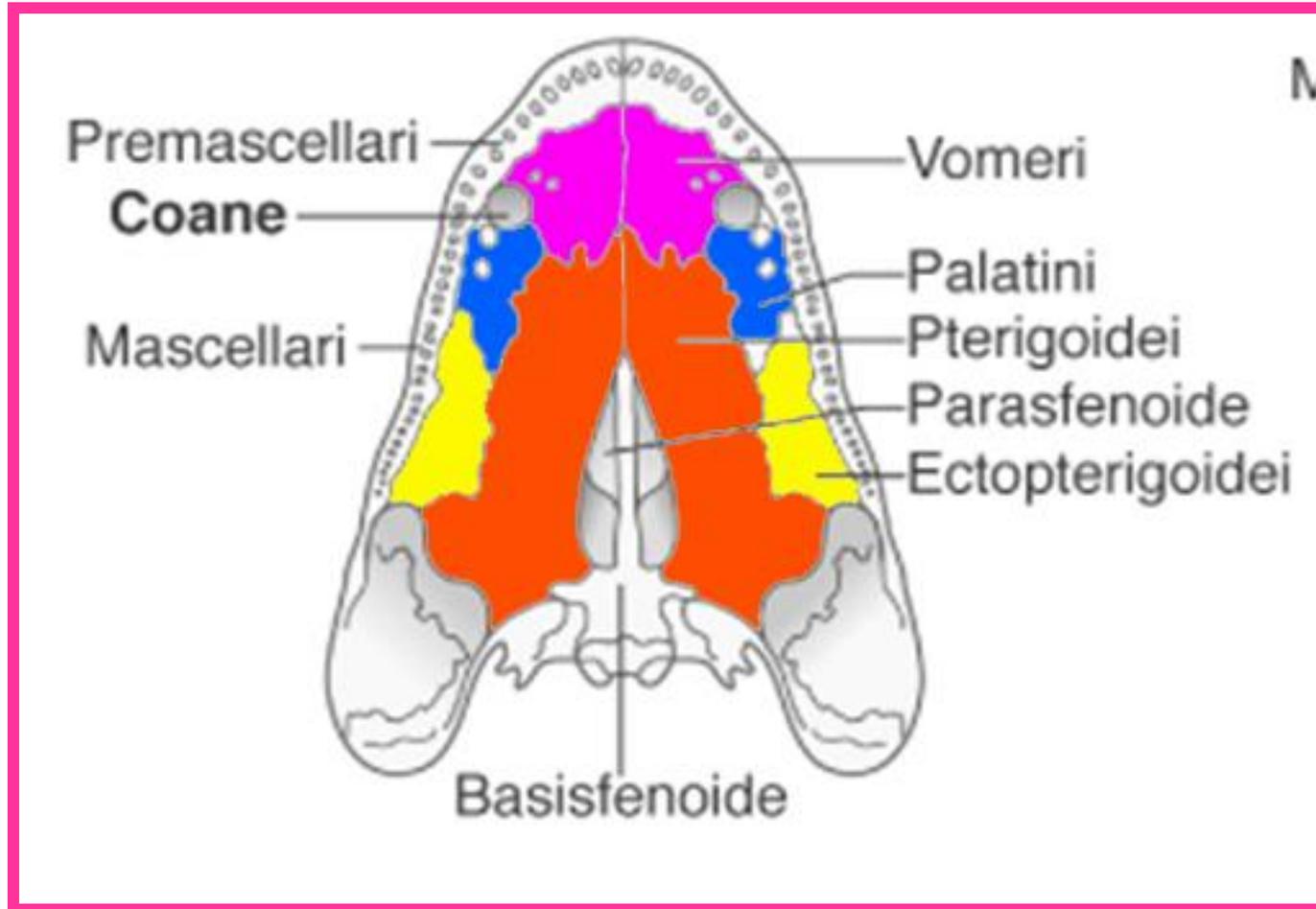
Ventralmente alle ossa di sostituzione e quindi a formare la volta della bocca si individuano: anteriormente due **vomeri** dietro ai quali si dispongono i due **palatini** e i due **ectopterigoidei**.

# Il neurocranio



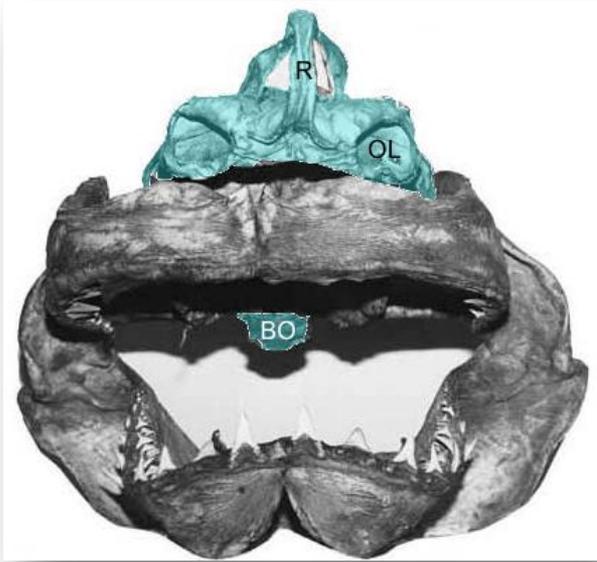
Medialmente si posizionano gli **pterigoidei**, anch'essi pari, e al centro il **parasfenoide** impari.

# Il neurocranio



**QUESTA STRUTTURA DI BASE CHE TROVIAMO IN OSTEITTI E ANFIBI ANCESTRALI PUÒ SUBIRE IMPORTANTI MODIFICAZIONI**

## Neurocranio condroitto



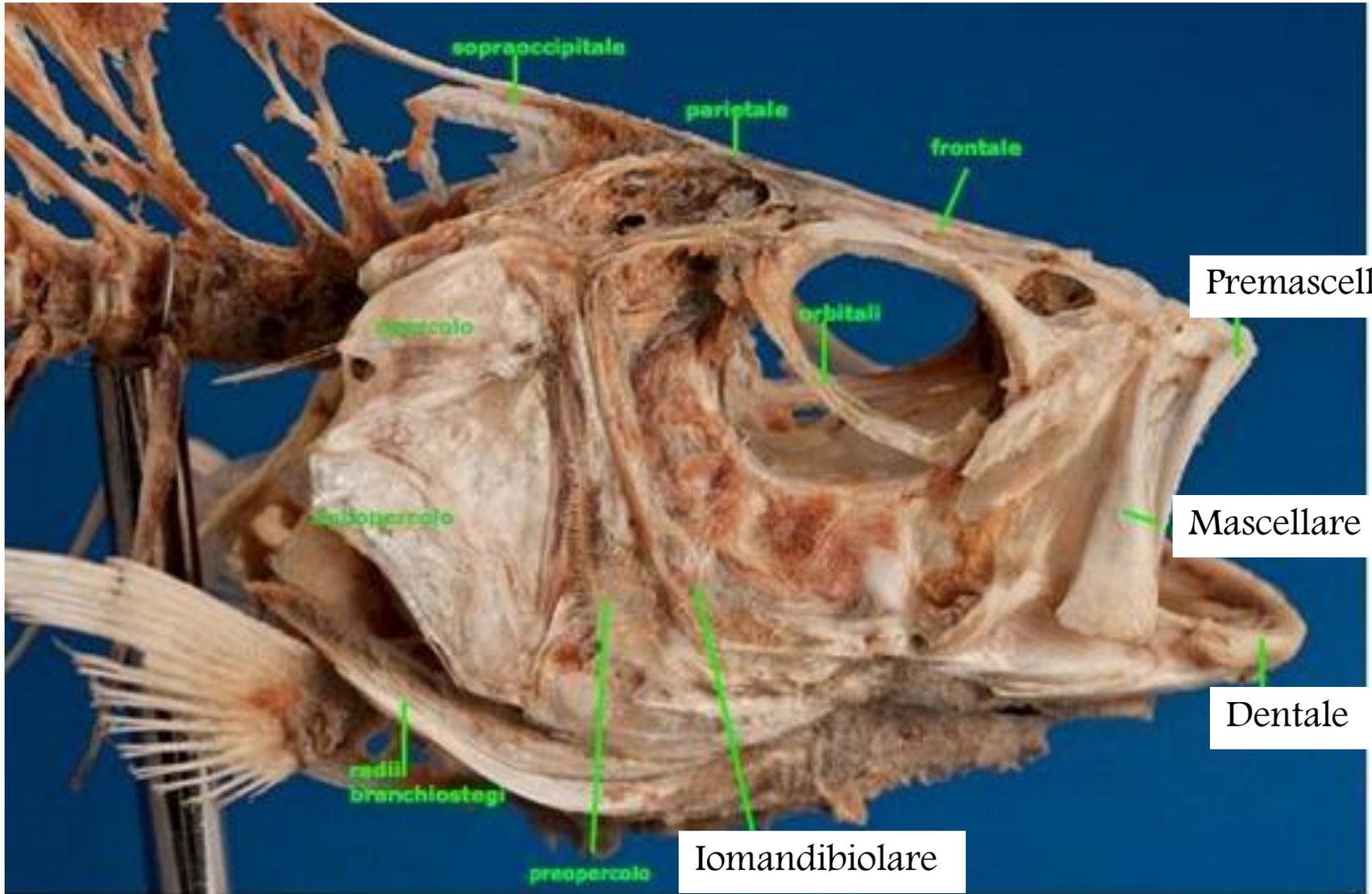
**Squalo.** Nella visione frontale è osservabile la piastra etmoidale, derivata dalla fusione anteriore delle trabecole embrionali. Essa si prolunga anteriormente nel rostro (R), ai lati del quale si aprono le scodelle olfattive (OL).

BO= basioccipitale

## Neurocranio osteitto



**Merluzzo.** La base del neurocranio è costituita dal parasfenoide impari mediano molto allungato (sostituzione) e posteriormente dal basioccipitale, mentre la volta cranica è formata da ossa prevalentemente di rivestimento.



Premascellare

Mascellare

Dentale

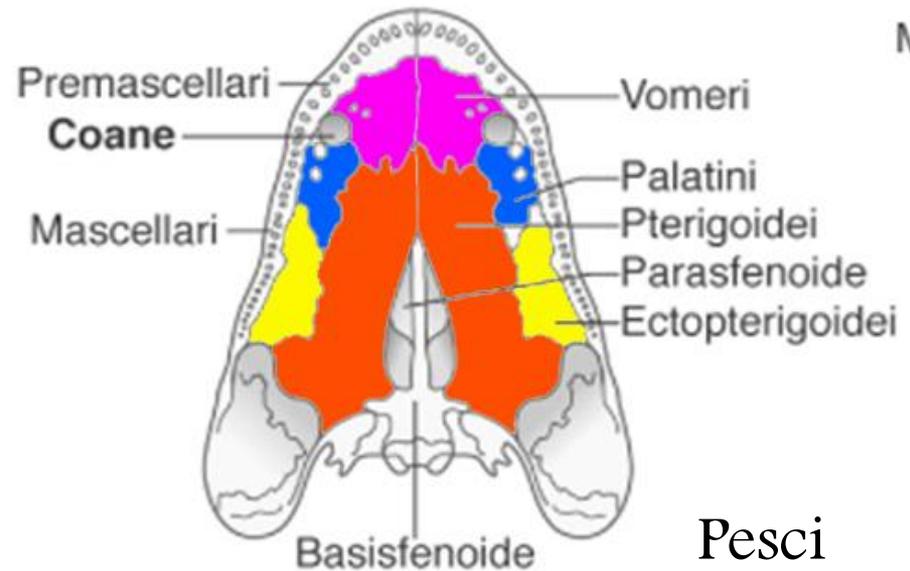
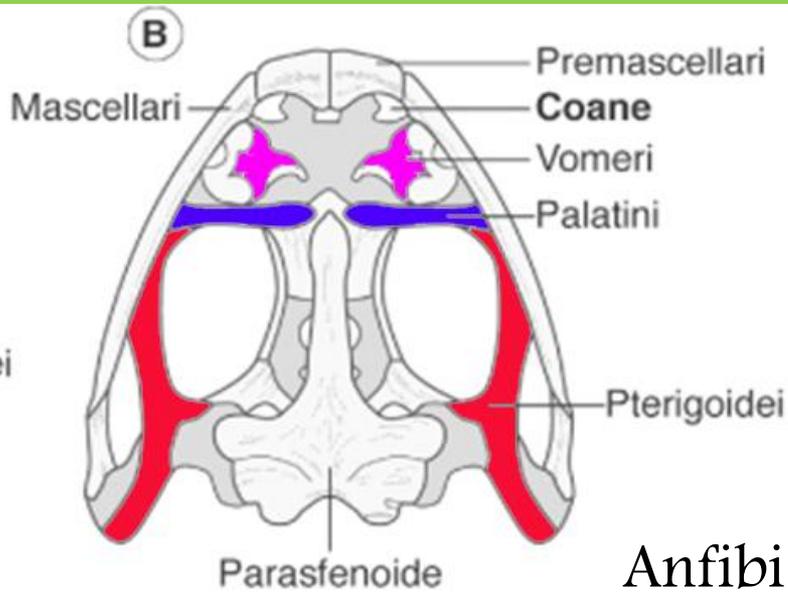
Iomandibolare

# Negli anfibi alleggerimento della volta della bocca



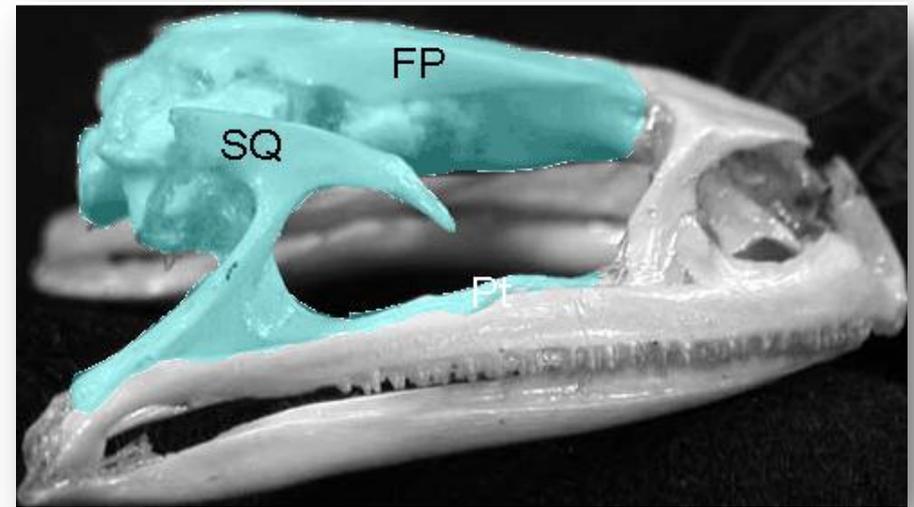
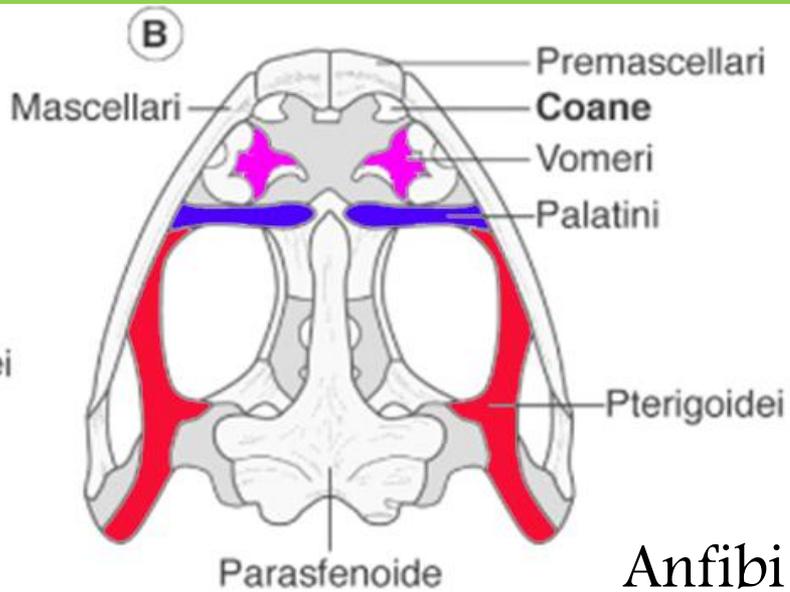
# Negli anfibi alleggerimento della volta della bocca

La volta della bocca si alleggerisce a causa di un progressivo assottigliamento di vomeri, palatini, pterigoidei.



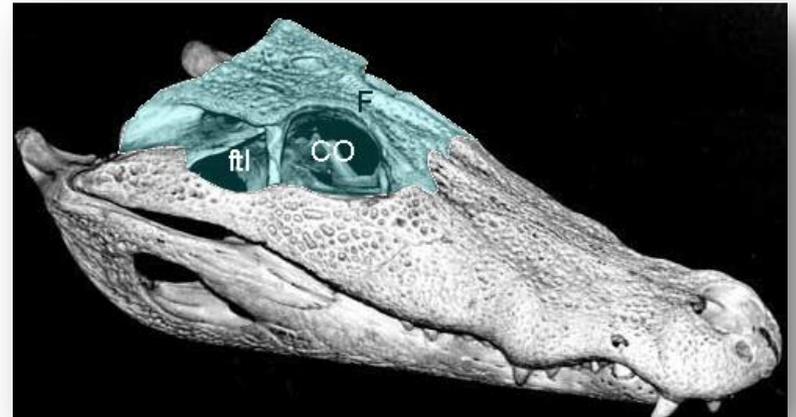
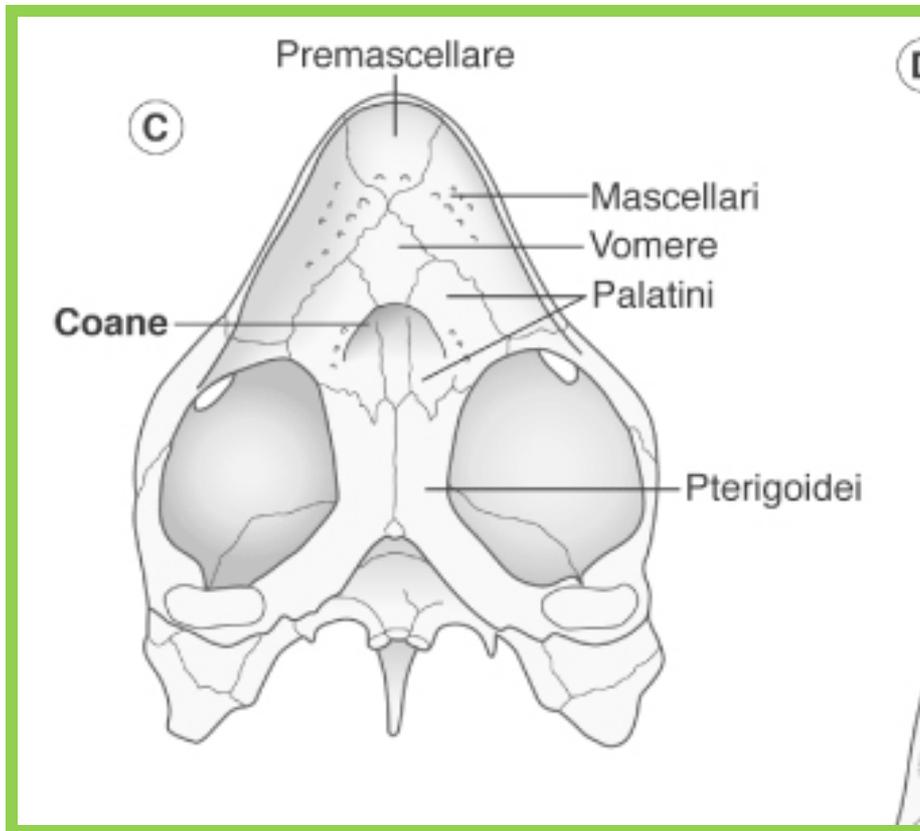
# Negli anfibi alleggerimento della volta della bocca

La volta della bocca si alleggerisce a causa di un progressivo assottigliamento di vomeri, palatini, pterigoidei.



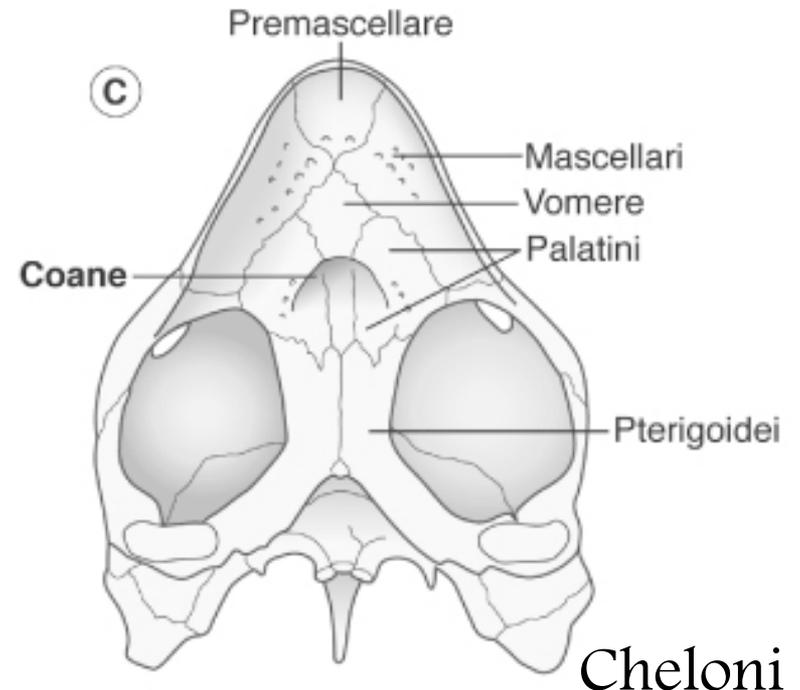
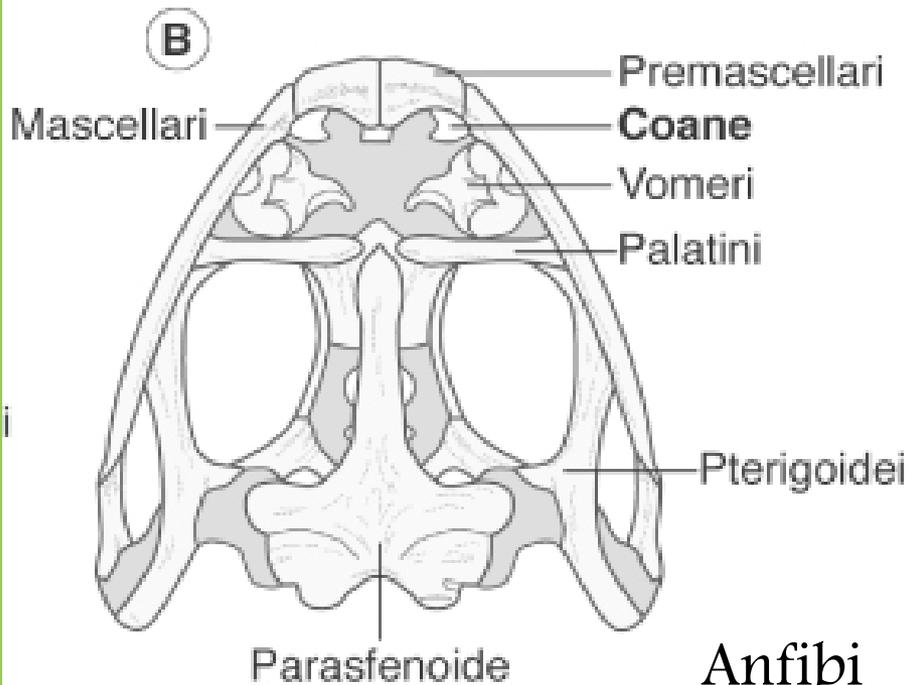
# Il neurocranio

Tra i **rettili**, nei **cheloni** questi pezzi scheletrici formano una struttura compatta.



# Il neurocranio

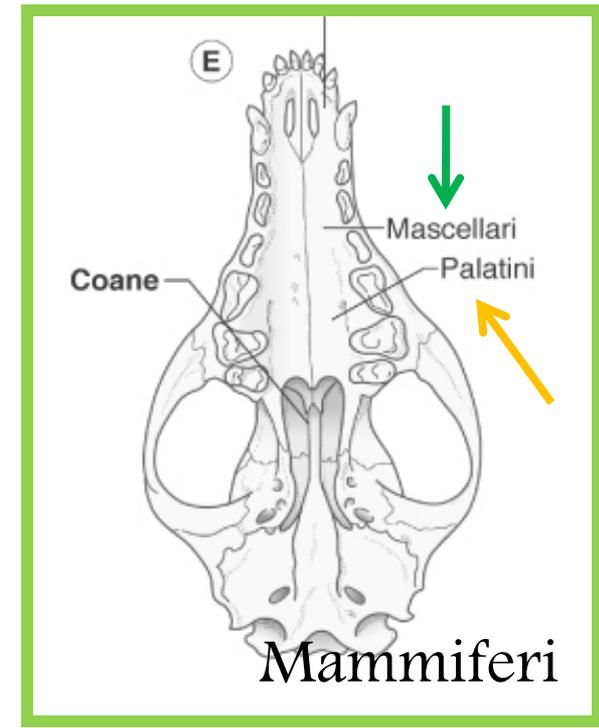
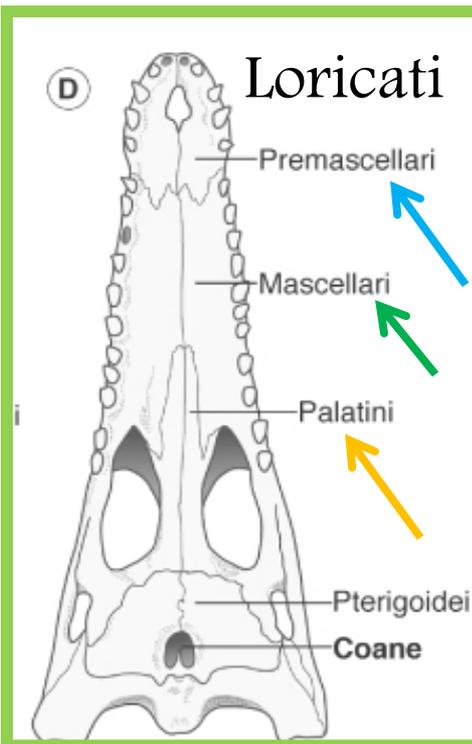
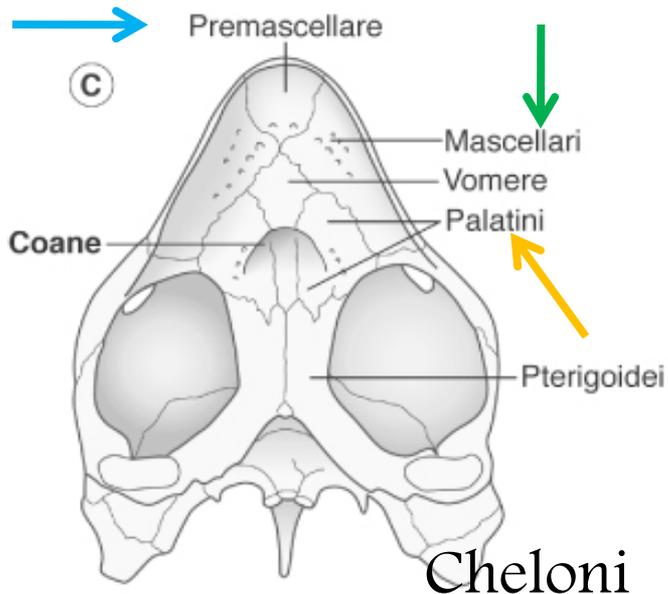
Negli anfibi e nei cheloni, le **coane** interne (narice interna) si aprono a livello dell'articolazione tra **premascellari**, molto sottili, **vomeri** e **palatini**, cioè **nella parte anteriore della bocca** e ciò potrebbe comportare una difficoltà nel passaggio dell'aria attraverso la bocca quando questa è occupata dalla preda.



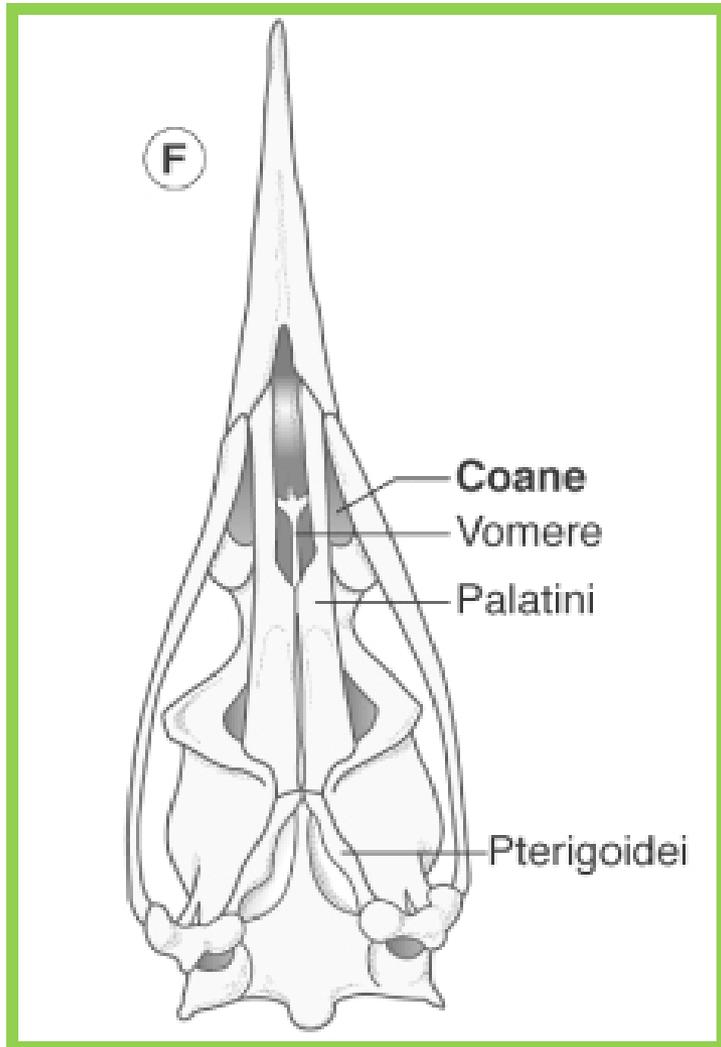
Già nei **loricati**, l'allungamento in direzione posteriore dei **premascellari** e l'allargamento in senso mediale dei **palatini** e dei **mascellari** spostano molto indietro l'apertura delle coane.

Nei mammiferi questo processo è ulteriormente estremizzato:

l'ampliamento in senso mediale dei **mascellari** e dei **palatini** sposta l'apertura delle coane nel retrobocca, eliminando del tutto il passaggio dell'aria attraverso la cavità buccale e permettendo, così, una lunga masticazione senza interferenze con la respirazione.

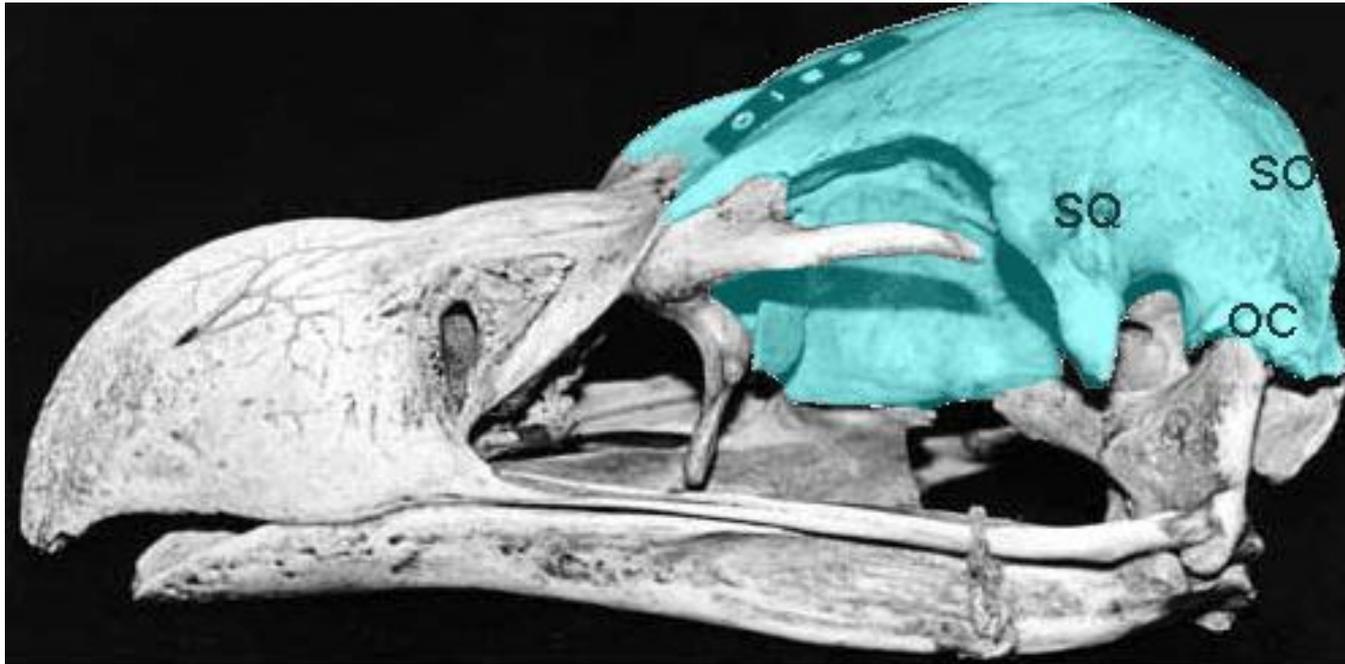


# Il neurocranio



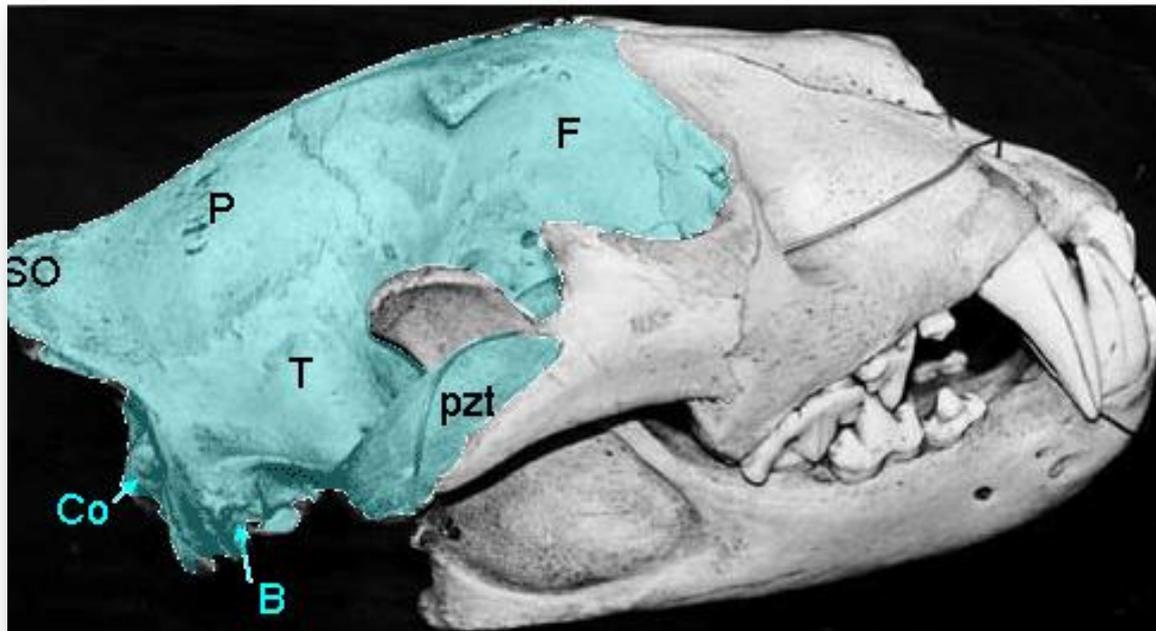
Negli **uccelli** ancestrali, i paleognati, la volta del palato mantiene caratteristiche rettiliane. Il **palato neognato**, è costituito da **vomere** impari, disposto come una lamina sottile tra i due palatini che si allungano e si fondono insieme posteriormente con il margine mediano con il quale **si articolano** con gli **pterigoidei**.

# Il neurocranio uccelli



# Il neurocranio mammiferi

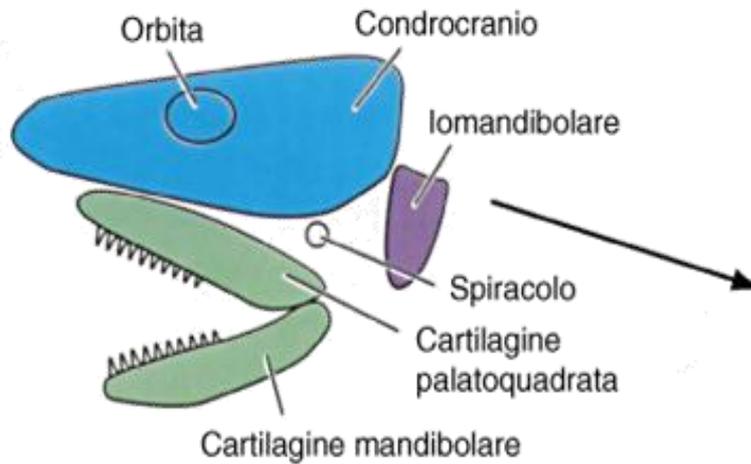
Posteriormente, due ampi **frontali** non fusi fra loro, delimitano con i loro processi postorbitali l'orbita. Seguono due **parietali** e caudalmente l' **occipitale**



# La sospensione

Nel corso della filogenesi si stabilisce una **relazione** sempre più stretta fra **neurocranio** e **splancnocranio** attraverso articolazioni più o meno ampie dette **sospensioni**

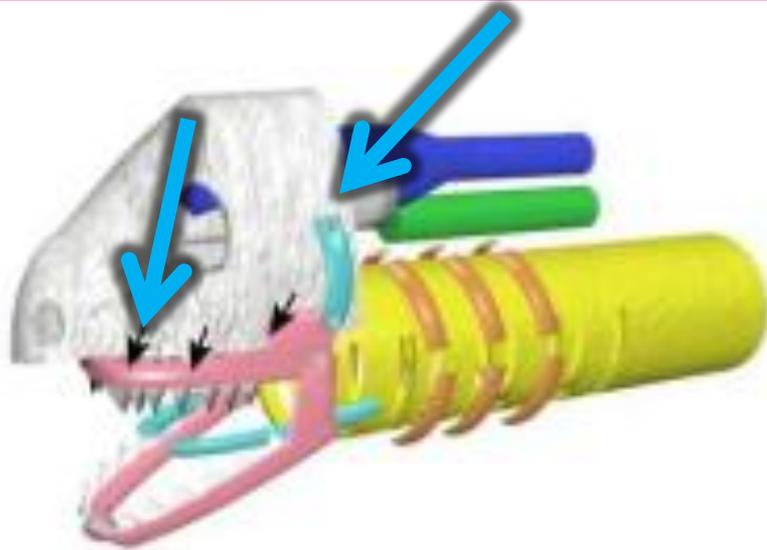
# La sospensione autostilica



A. Sospensione autostilica primitiva (ricostruzione idealizzata basata su alcuni placodermi)

Nella sospensione **autostilica primitiva** (considerata la più antica) il **palatoquadrato** è **fissato al neurocranio** e la componente **iomandibolare non partecipa alla sospensione**. Nei **placodermi** il palatoquadrato era attaccato alla superficie del condrocranio.

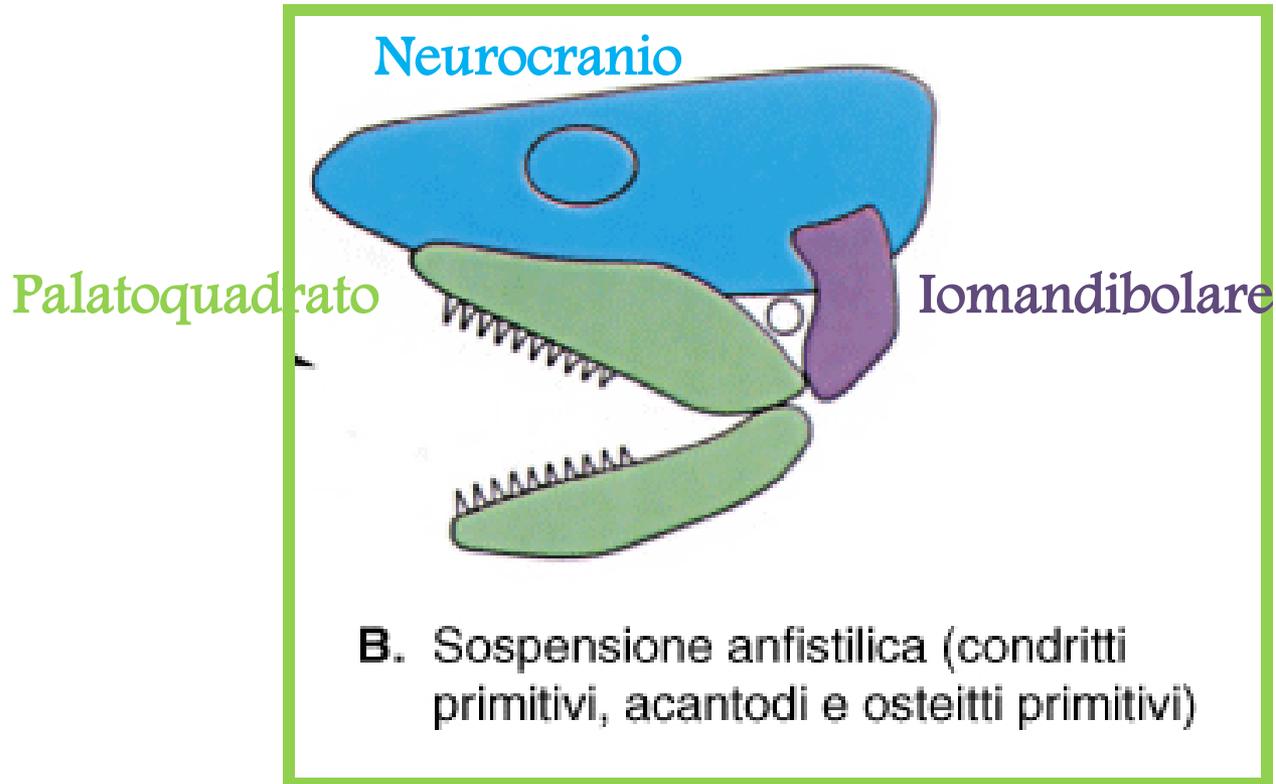
# La sospensione anfistilica



sospensione anfistilica

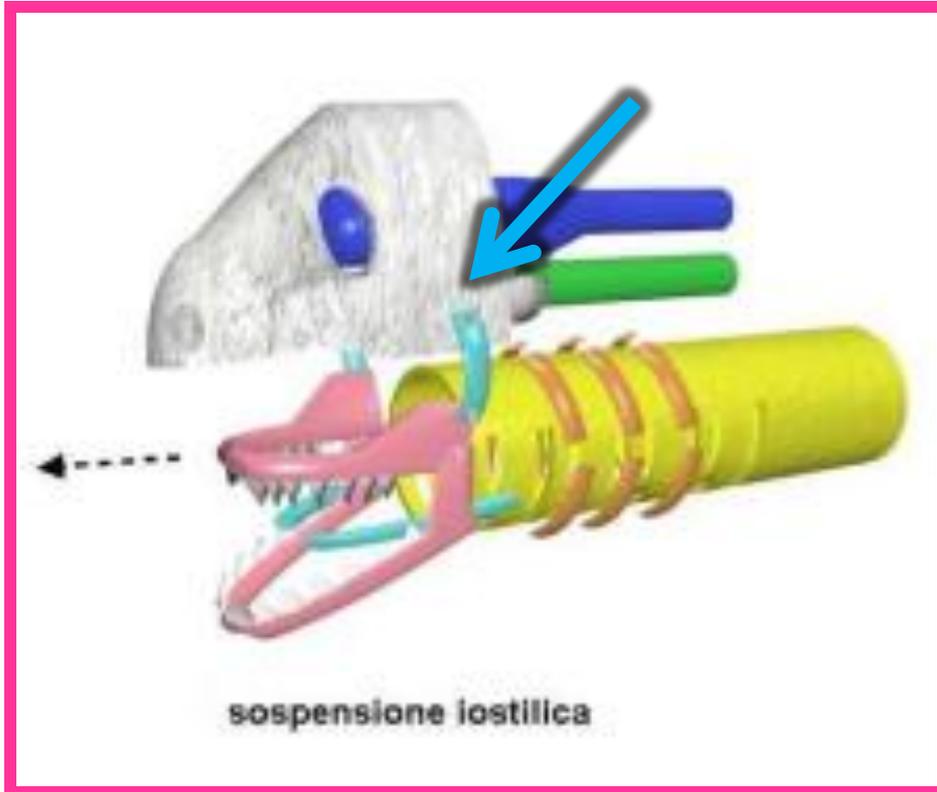
Nella sospensione  
**anfistilica** c'è  
un'articolazione fra il  
palatoquadrato e il  
neurocranio anche  
con la partecipazione  
dello iomandibolare.  
Tipica dei condroitti  
e nei pesci ossei  
primitivi.

# La sospensione anfistilica



Negli squali primitivi e in alcuni osteitti la sospensione delle mascelle è **anfistilica**: le mascelle sono connesse al neurocranio mediante due articolazioni, anteriormente mediante **un legamento che connette il palatoquadrato al cranio e posteriormente mediante l'iomandibolare**.

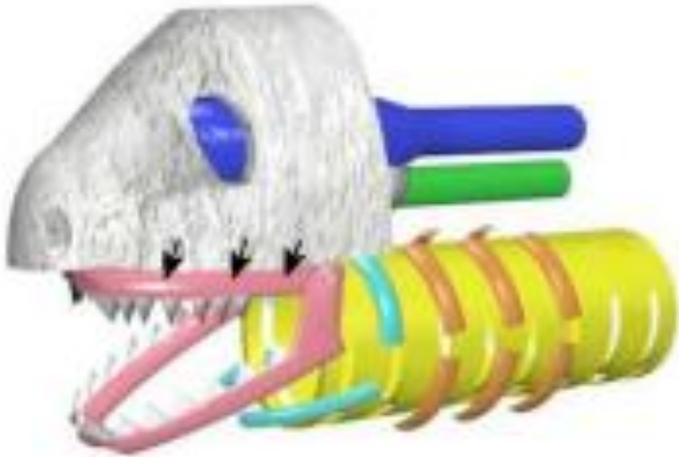
# La sospensione iostilica



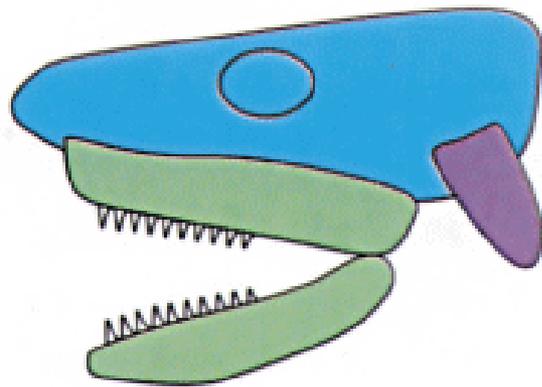
Nella **sospensione iostilica** la cartilagine iomandibolare è articolata da una parte alla **capsula otica** del neurocranio e dall'altra al **palatoquadrato**. Quindi l'iomandibolare diventa l'unica sospensione delle mascelle al neurocranio.



# La sospensione autostilica secondaria



Gli olocefali, i dipnoi e tutte le specie che si nutrono di crostacei, molluschi e altri cibi duri hanno evoluto nuovamente una sospensione autostilica in cui il paltoquadrato è **fuso o saldamente** articolato al condrocranio e l'iomandibolare non è coinvolto.



D. Sospensione autostilica secondaria (olocefali, dipnoi e tetrapodi)



# Le ossa della volta cranica

Le ossa di membrana che costituiscono la **volta cranica** possono essere riassunte in uno stato filetico primitivo:

Ossa della regione  
**periorbitale:**

Lacrimale,  
Prefrontale,  
Postfrontale,  
Postorbitale  
Giugale

Dorsalmente

Intertemporale  
Sovratemporale  
Tubulare

Nella regione temporale:

Squamoso si  
articola

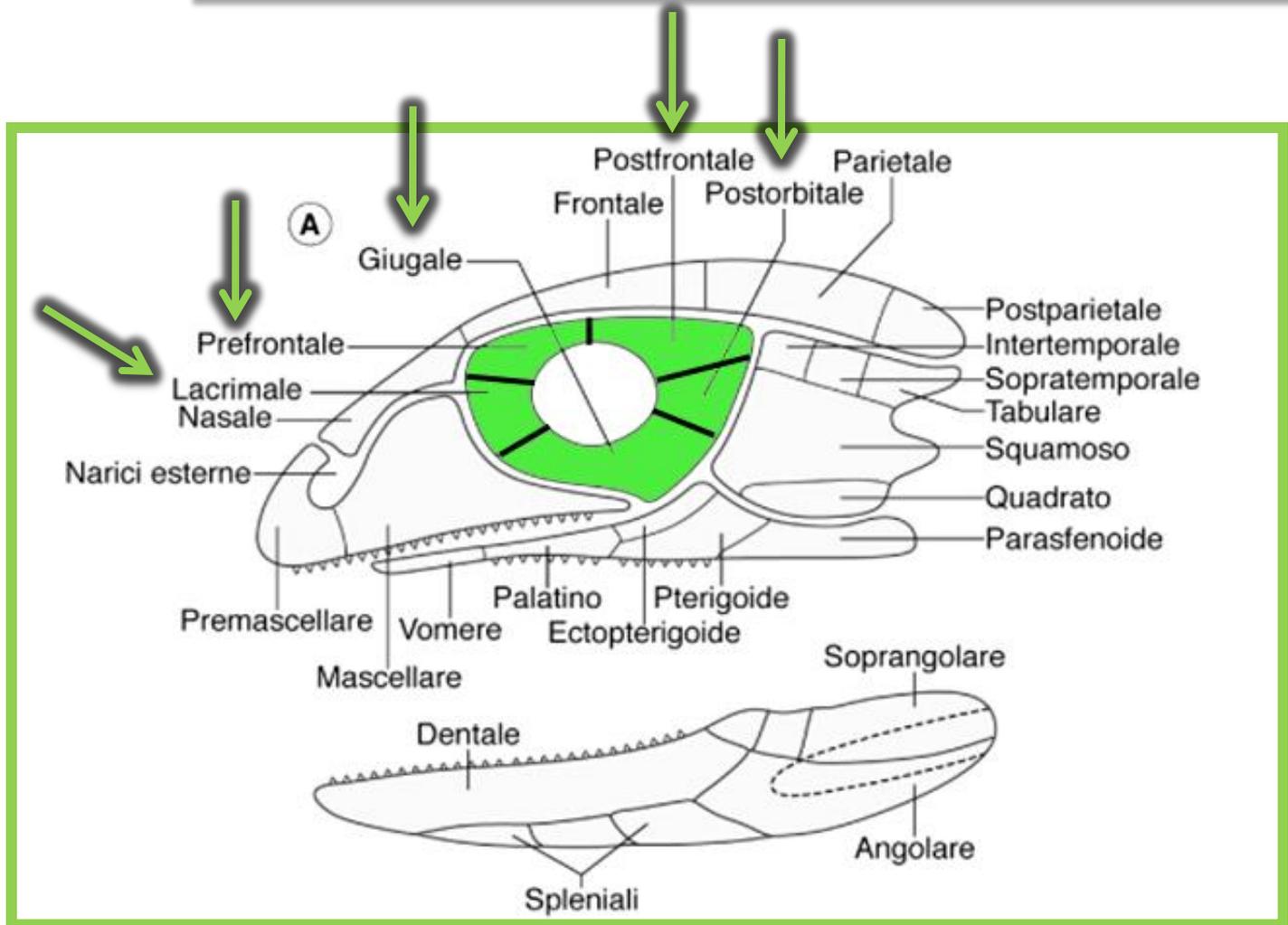
Ventralmente

Quadrato giugale

Ossa della regione  
periorbitale.

# Le ossa della volta cranica

Lacrimale,  
Prefrontale,  
Postfrontale,  
Postorbitale  
Giugale

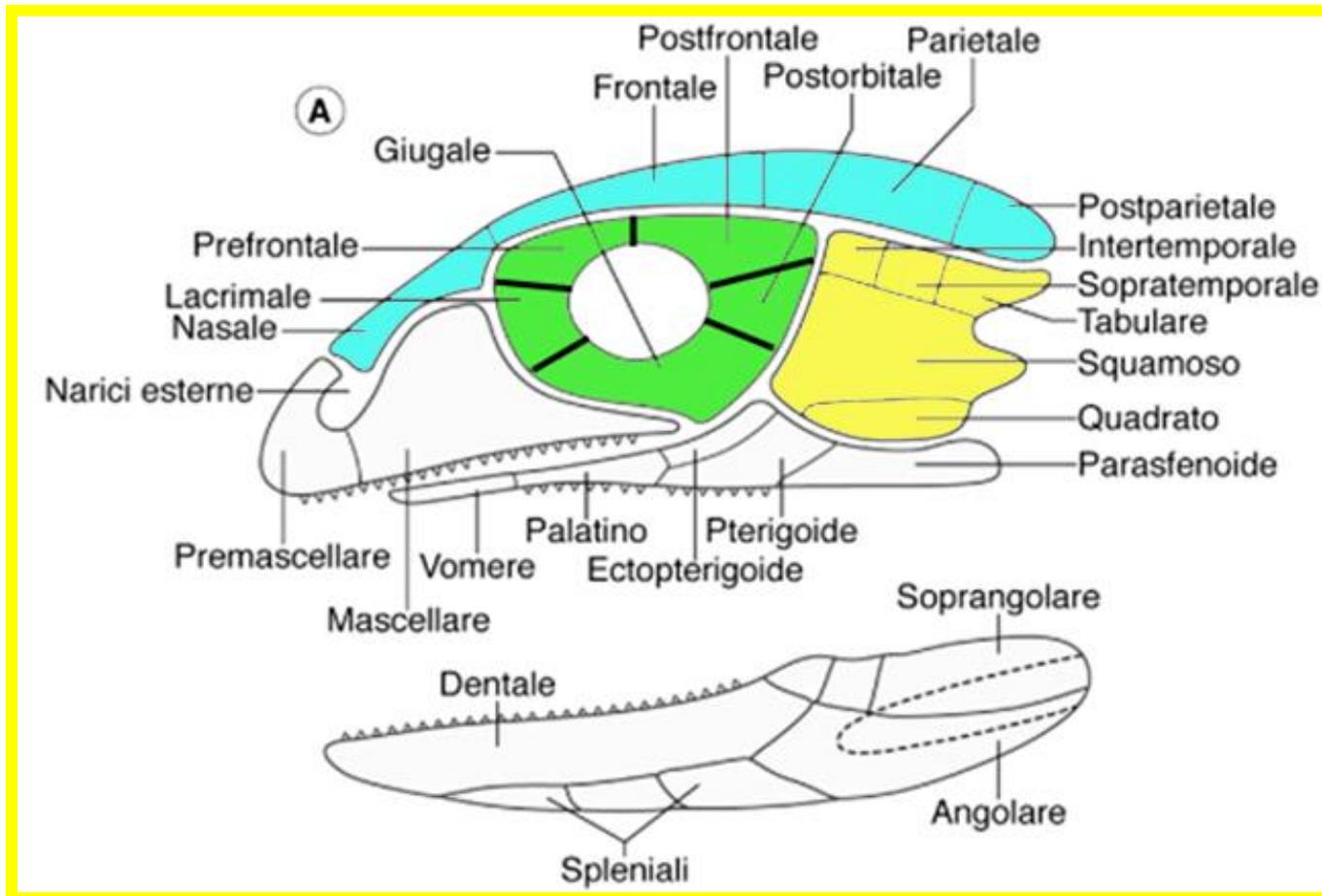


# Le ossa della volta cranica

Nella regione temporale:

Dorsalmente  Squamoso si articola  Ventralmente

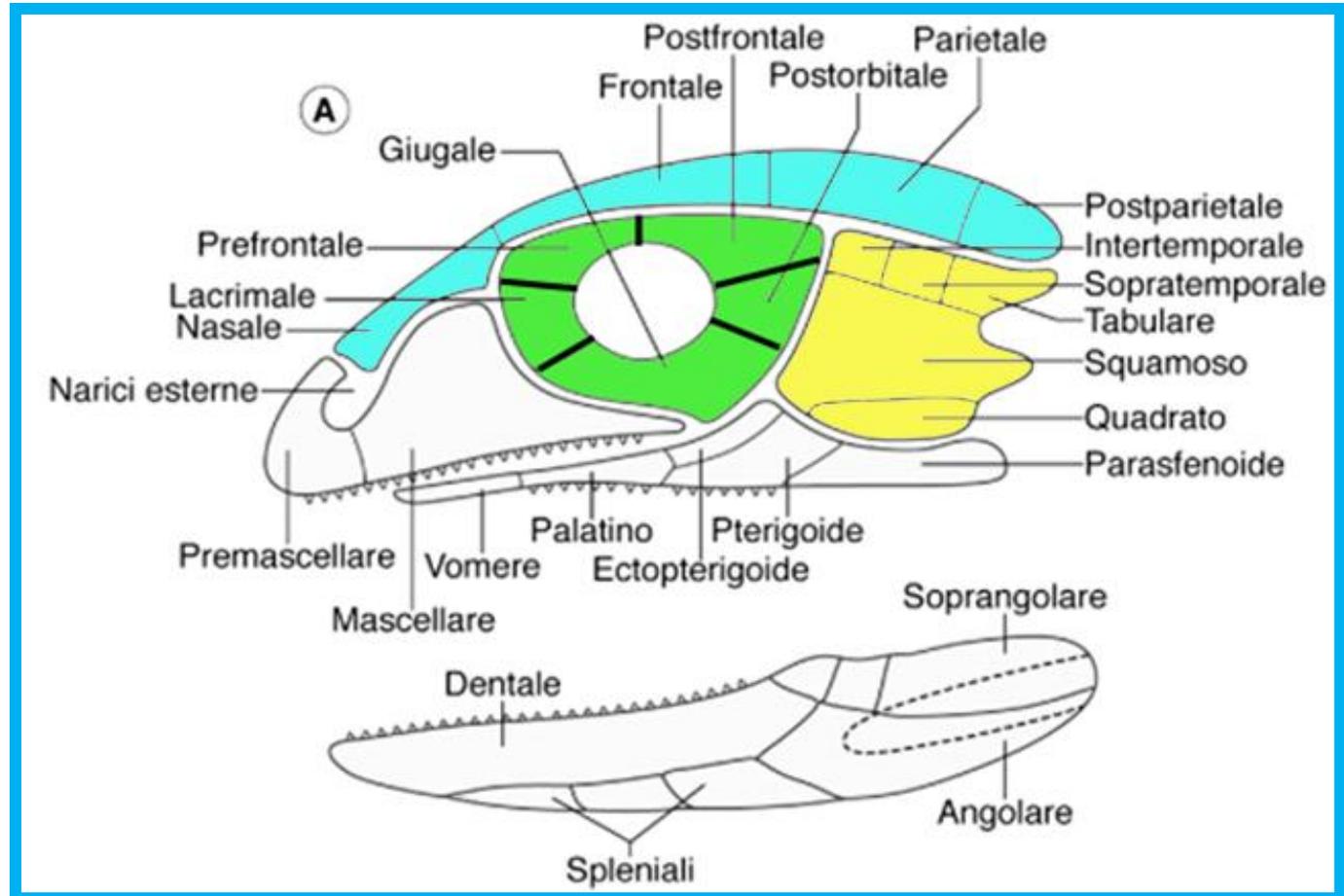
Intertemporale  
Sovratemporale  
Tubulare  
Quadrato  
Quadrato giugale



# Il neurocranio: le ossa della volta cranica

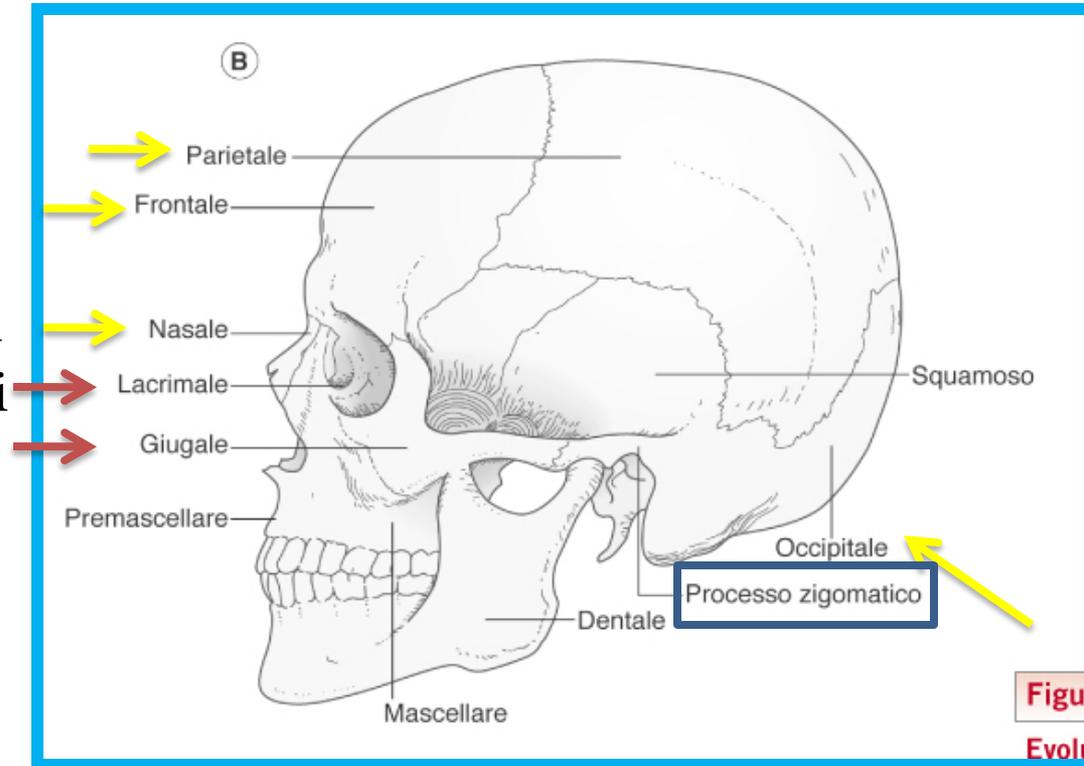
Sulla linea mediana dorsale si posizionano:

Nasale  
Frontale  
Parietale  
Postparietale



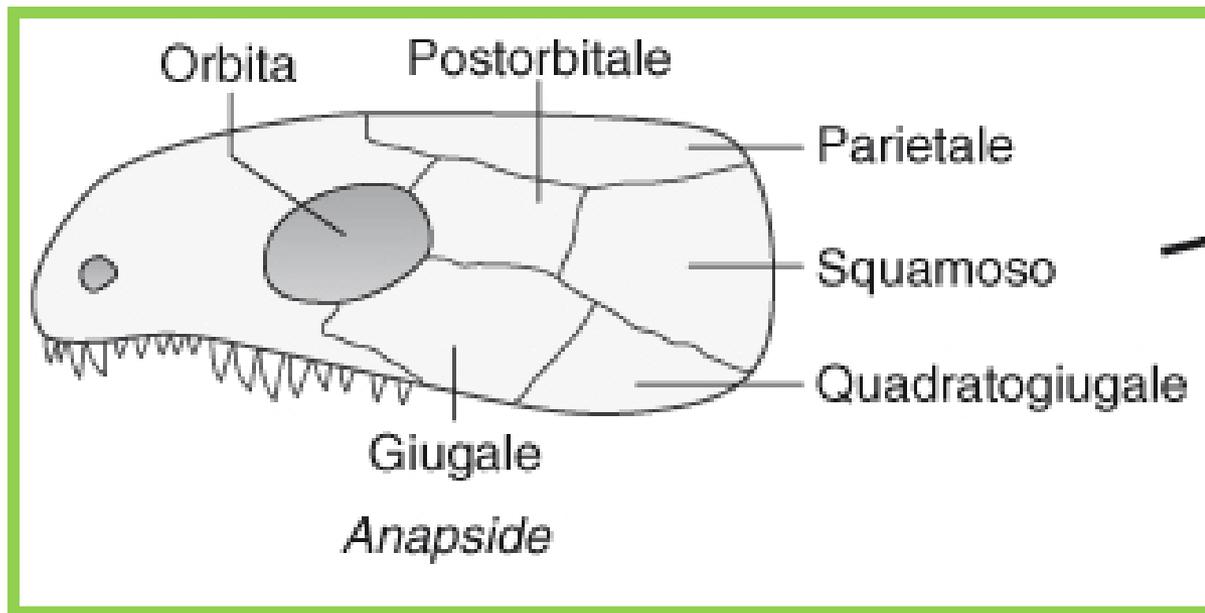
# Il neurocranio: le ossa della volta cranica

Evolutivamente anche in questo caso si assiste ad una riduzione dei pezzi scheletrici e ad un alleggerimento del cranio fino ad arrivare alla situazione dei mammiferi in cui si individuano i soli **lacrimali** e **giugali**, la serie dei **nasali**, **frontali**, **parietali** e posteriormente un ampio **occipitale**. La parte petrosa temporale si fonde con lo **squamoso** e si allunga in avanti con un **processo zigomatico** che si unisce al giugale.

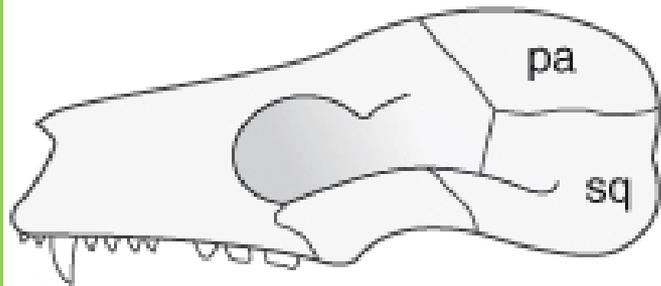


# Le finestre temporali

Sulle pareti laterali del cranio degli **amnioti**, nella regione temporale del tetto dermico, possono essere presenti delle infossature (finestre). I rettili ancestrali non possedevano queste fenestrature e il loro cranio era definito **anapside**. Tra gli amnioti attuali solo i **cheloni** hanno un cranio di questo tipo.



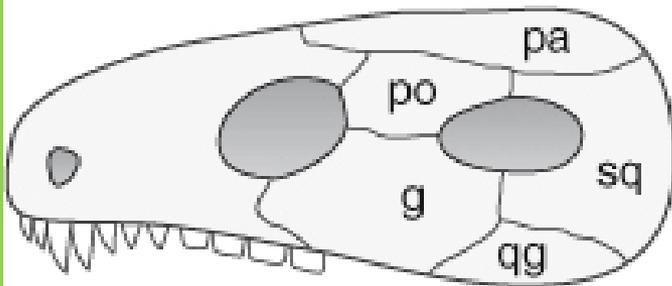
# Le finestre temporali



Mammiferi

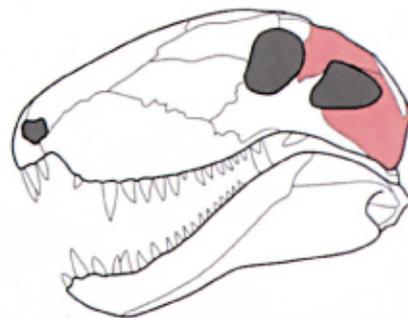


Sinapside

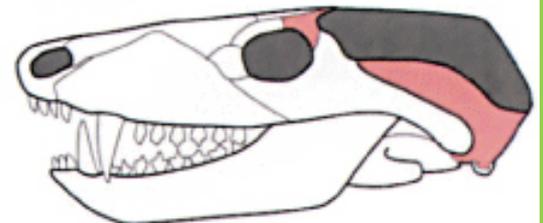


Rettili progenitori  
dei Mammiferi

Nei **sinapsidi** (rettili tutti estinti) vi era una sola finestra temporale delimitata da **squamoso, giugale e postorbitale**. Questo tipo di cranio è stato **ereditato dai mammiferi** (tardo sinapside) sebbene l'osso postorbitale sia andato perduto. La finestra è molto più ampia rispetto ai primi sinapsidi e spesso si fonde con l'orbita.

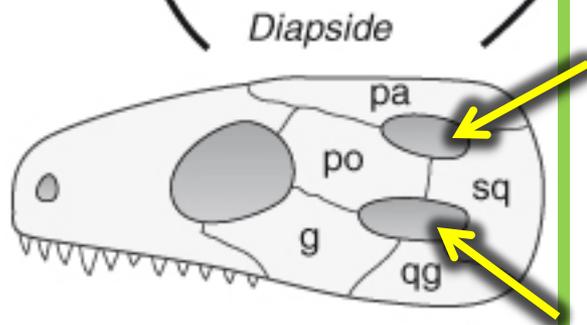
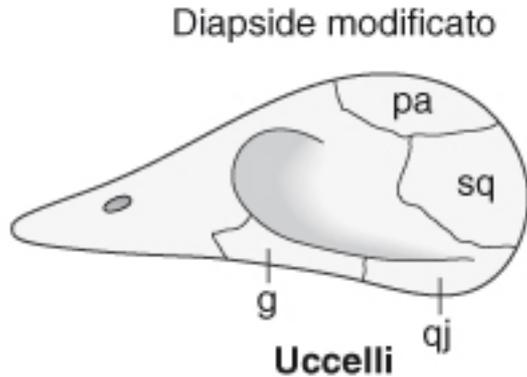


G. Sinapside primitivo



H. Tardo sinapside

# Le finestre temporali



Un cranio **diapside** è caratteristico dei **rettili arcosauri** e dei predecessori dei rinocefali e degli **squamati**. È caratterizzato dalla presenza di due finestre, una superiore e una inferiore, separate dal **postorbitale** e dallo **squamoso**. Gli **uccelli** avrebbero ereditato questo tipo di fenestrazione con una modificazione: **le finestre temporali confluiscono nella cavità orbitaria**.

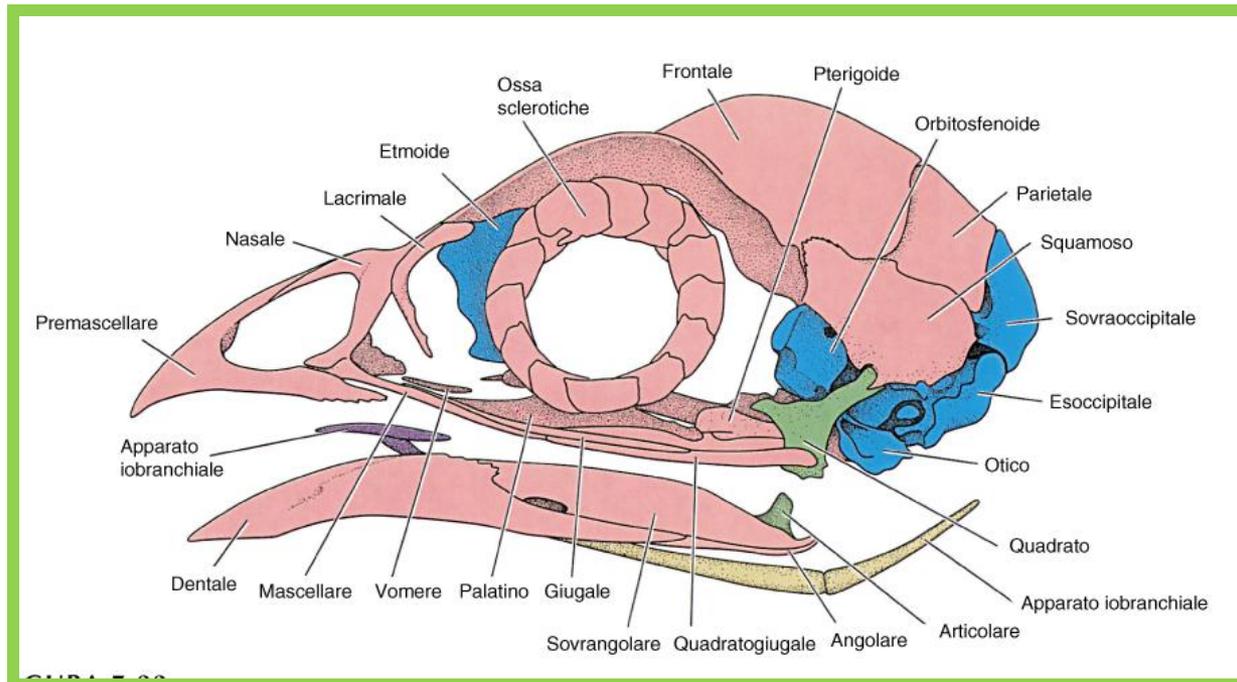
# Le finestre temporali

Il cranio degli uccelli attuali appare molto **leggero** e, al tempo stesso, **resistente** per una modificazione realizzatasi in parte come adattamento al volo e per la riduzione del peso. Il processo evolutivo che ha condotto gli uccelli attuali è stato accompagnato da un **notevole** sviluppo delle dimensioni dell'encefalo; **la scatola cranica è molto più ampia rispetto ai rettilomorfi**, ha assunto un aspetto rotondeggiante ed è completamente ossificata.

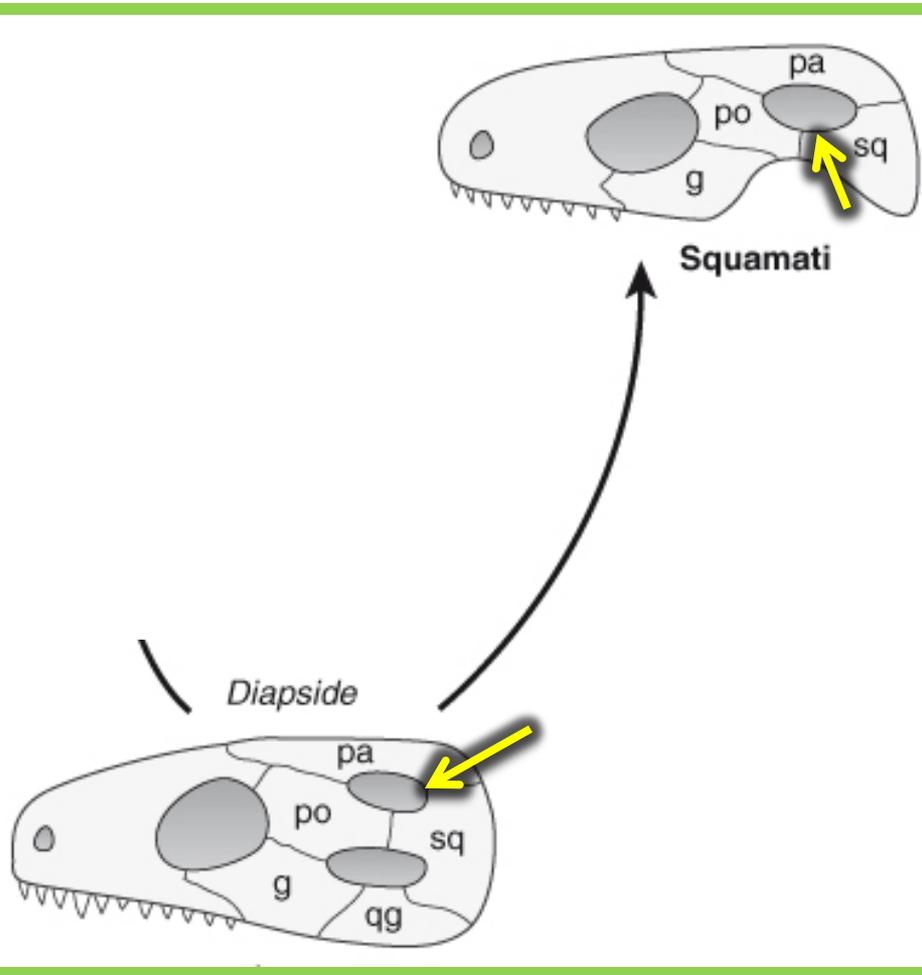


# Le finestre temporali

Inoltre la vista è particolarmente importante per gli uccelli e le **orbite** sono eccezionalmente grandi. In alcune specie si forma un anello di **ossa sclerotiche** nella parete del globo oculare. Le mascelle formano un lungo becco e sono ricoperte da un astuccio corneo e i denti sono scomparsi in tutte le specie attuali.



# Le finestre temporali



Rettili quali **ittiosauri** e **plesiosauri** possedevano una sola finestra temporale corrispondente alla finestra superiore dei diapsidi. Questo tipo di cranio è definito **parapside** e tutti i rettili che lo possedevano sono estinti.

# Le finestre temporali

