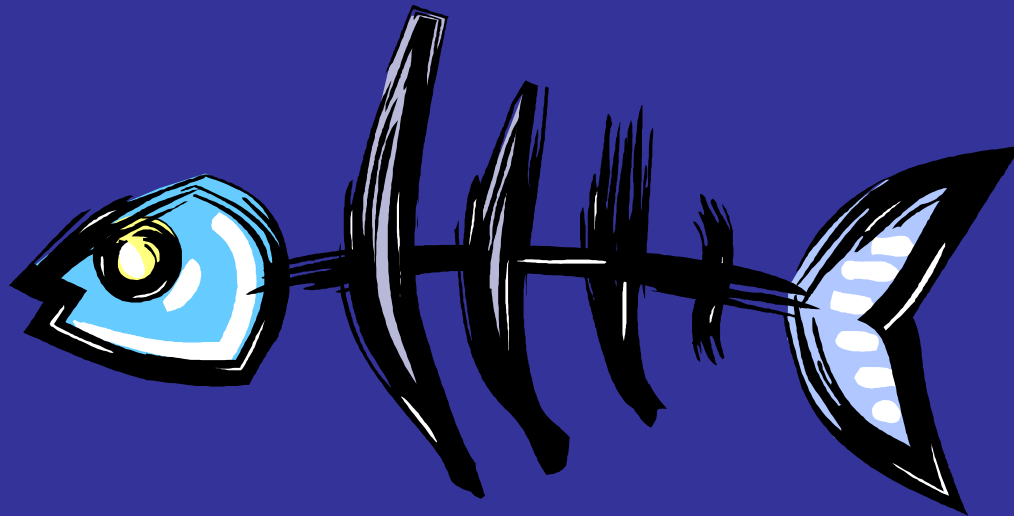


# Sistema Esquelético



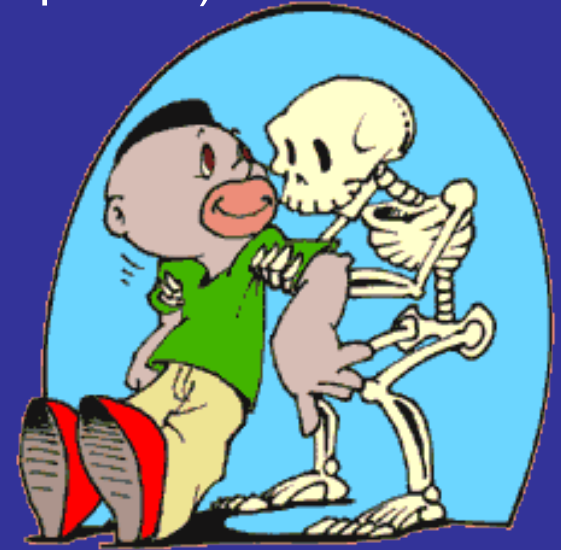
Msc. Luiz Paulo Castro



- Característica básica dos vertebrados (Endoesqueleto)

- **Funções básicas:**

- Sustentação e movimento
- Proteção mecânica
- Estocagem mineral
- “Produção de células sanguíneas”



- Divisão: 

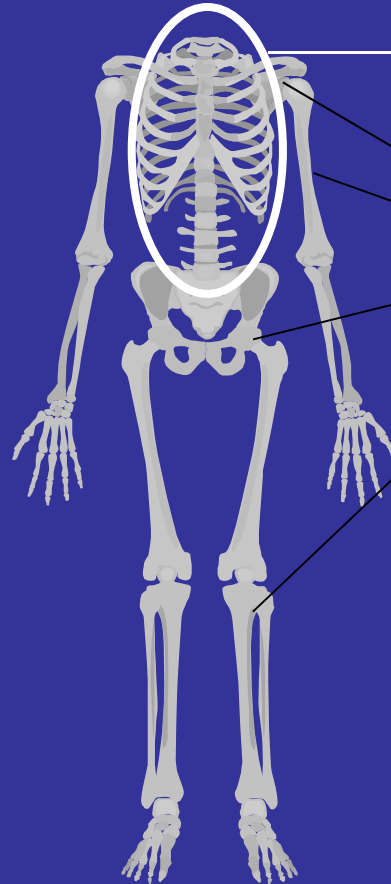
{	<b><i>Endoesqueleto</i></b> (Mesoderme)	{	- Tecido conjuntivo fibroso - Osso - Cartilagem
	Exoesqueleto – ossos e queratinização da epiderme (Ectoderme)		

# Endoesqueleto



Crânio ou esqueleto cefálico

Esqueleto pós-craniano



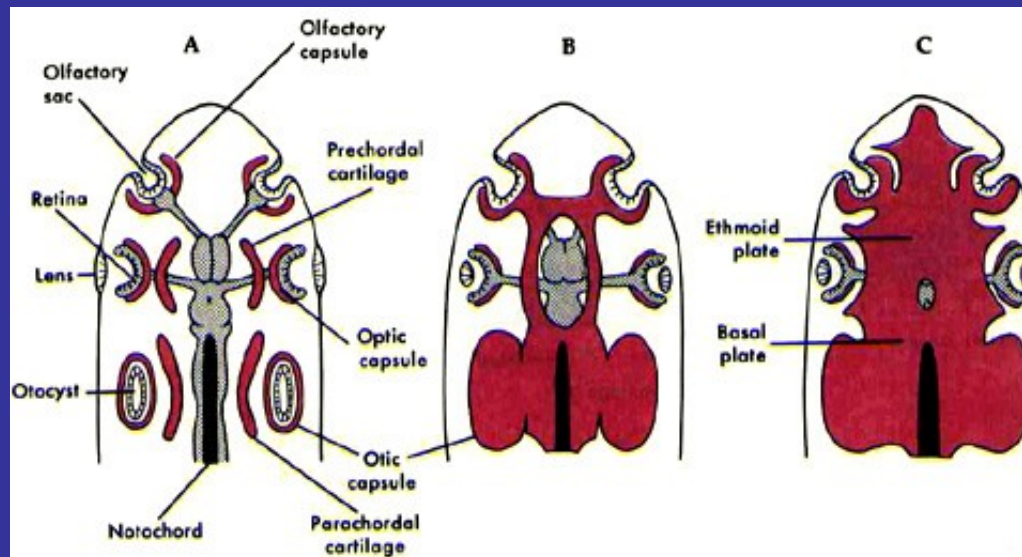
Esqueleto Axial

Esqueleto Apendicular

Esqueleto visceral  
(Faringe e brânquias)

# Crânio

- Alojamento Cérebro, órgãos sensoriais e arcos faríngeos
- Dividido em 3 partes:
- 1 - **Condrocrânio** (neurocrânio):
  - derivado da crista neural e mesoderme
  - abriga o cérebro e cápsulas sensoriais (óptica, olfatória e auditiva)
  - Cartilaginoso (até condricities) e ósseo (nos demais)





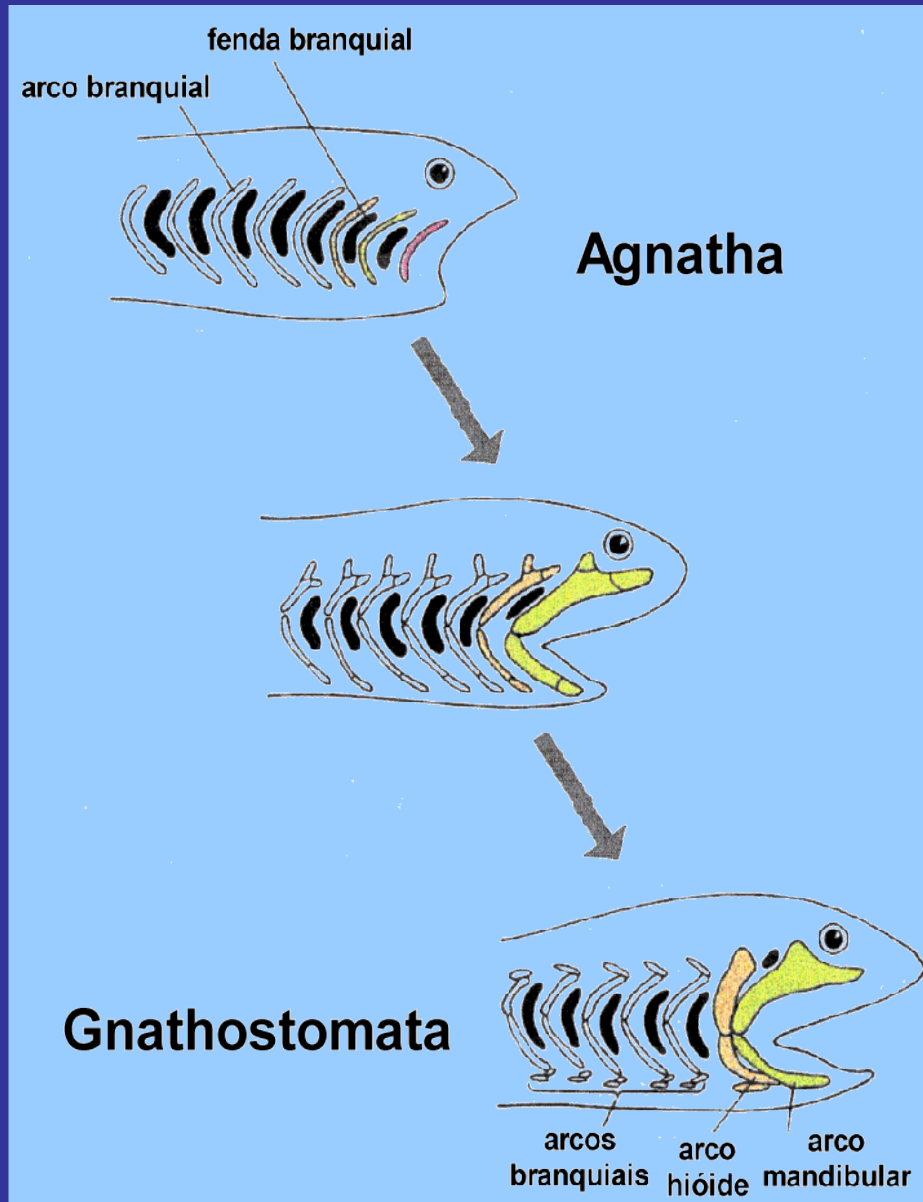
## 2 - Esplanocrânio (visceral):

- Deriva da crista neural;
- 7 cartilagens pareadas
- Arcos branquiais

(vertebrados aquáticos) e laringe (terrestres), parte da maxila e aparato hióideo (gnatostomados);

- Suporte a boca e brânquias (agnatos a peixes, e anfíbios aquáticos) e língua (tetrápodes terrestres);

- Óssea a partir de osteichthyes.

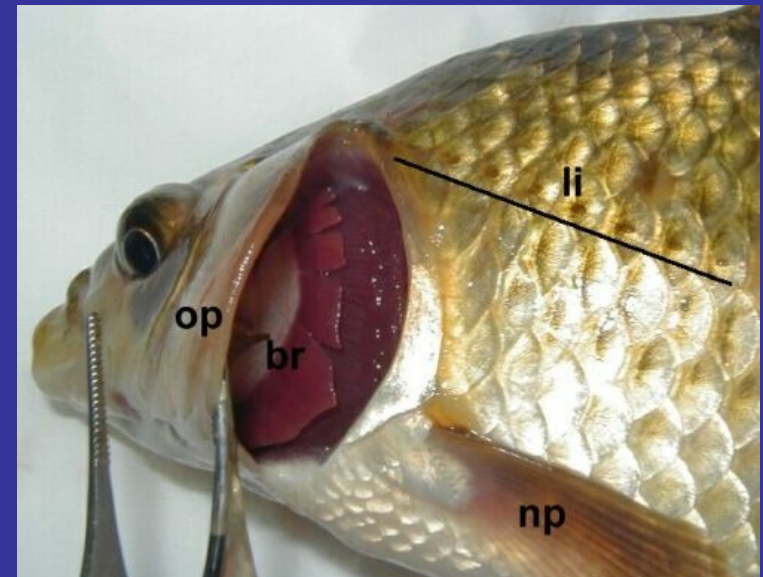
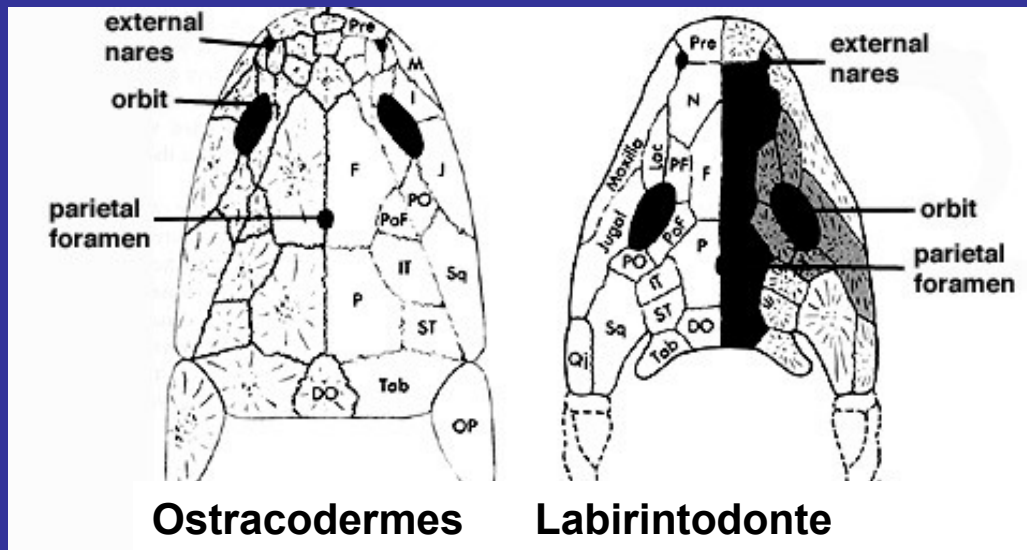


- 3- Dermatocrânio:

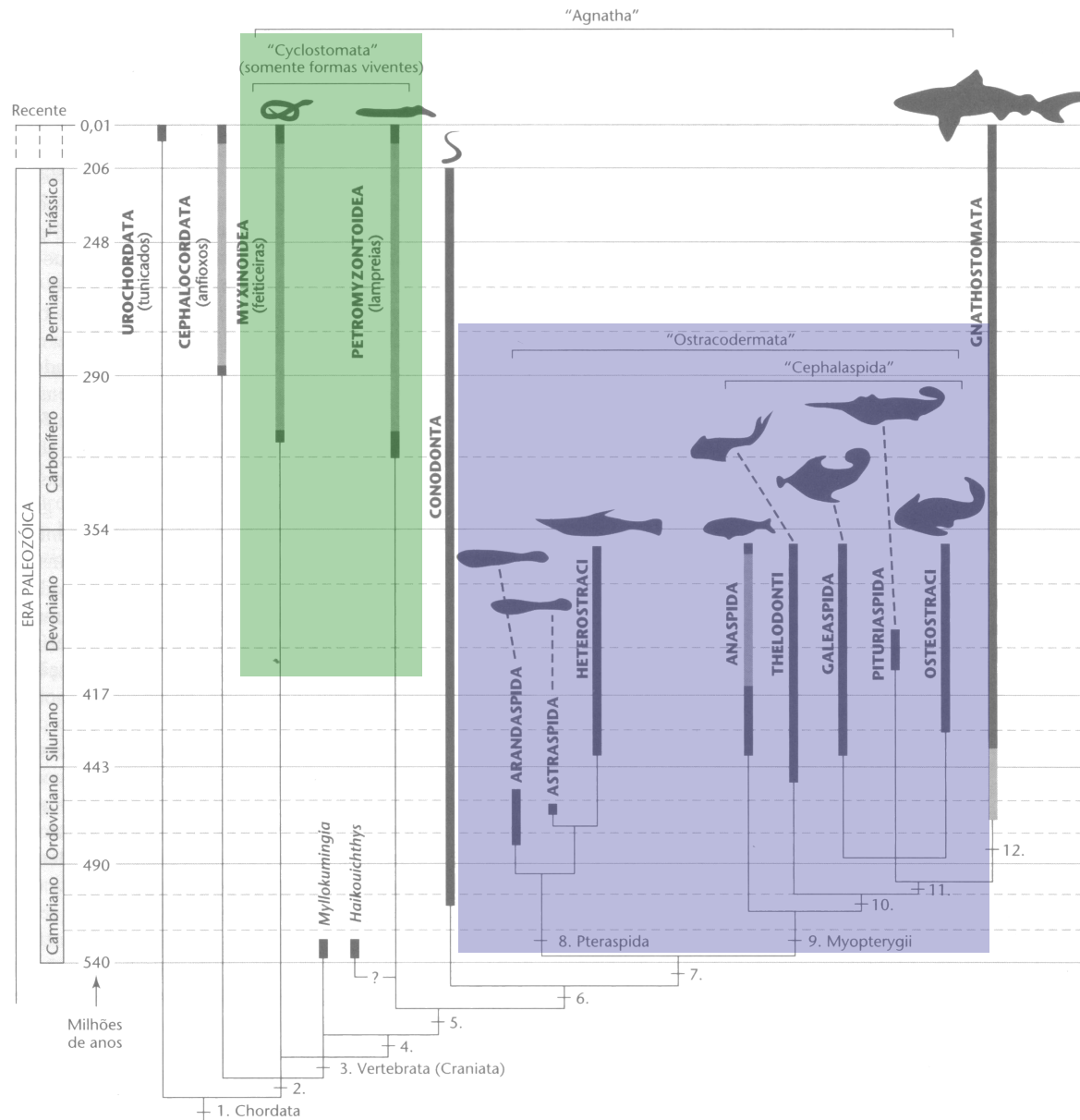
- Ocorre somente de osteicties a tetrápodes

- **Nos agnatas (ostracodermes)** e condrichthyes extintos era presente.

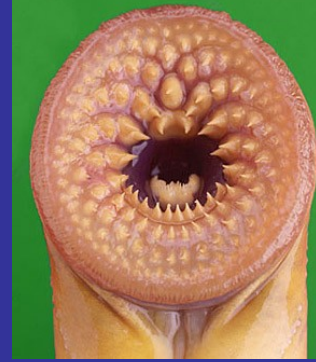
- Formam os ossos dérmicos, maxila superior, **maxila inferior(mammalia)**, palato (teto da boca), opérculo e órbitas;



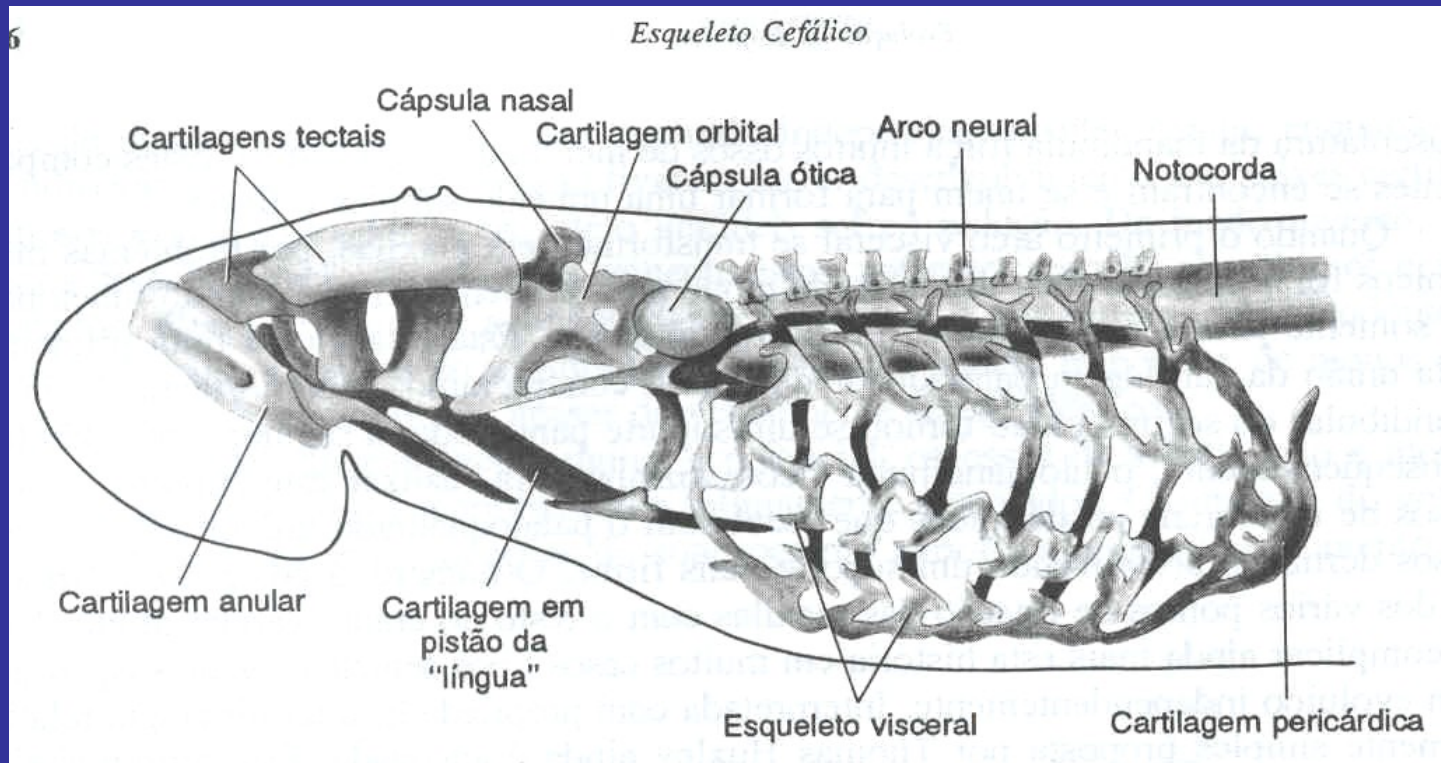
# Filogenia do crânio



# “Ciclostomados”



- Crânio cartilaginoso
- Todos os arcos com função branquial
- Abertura nasal medial única

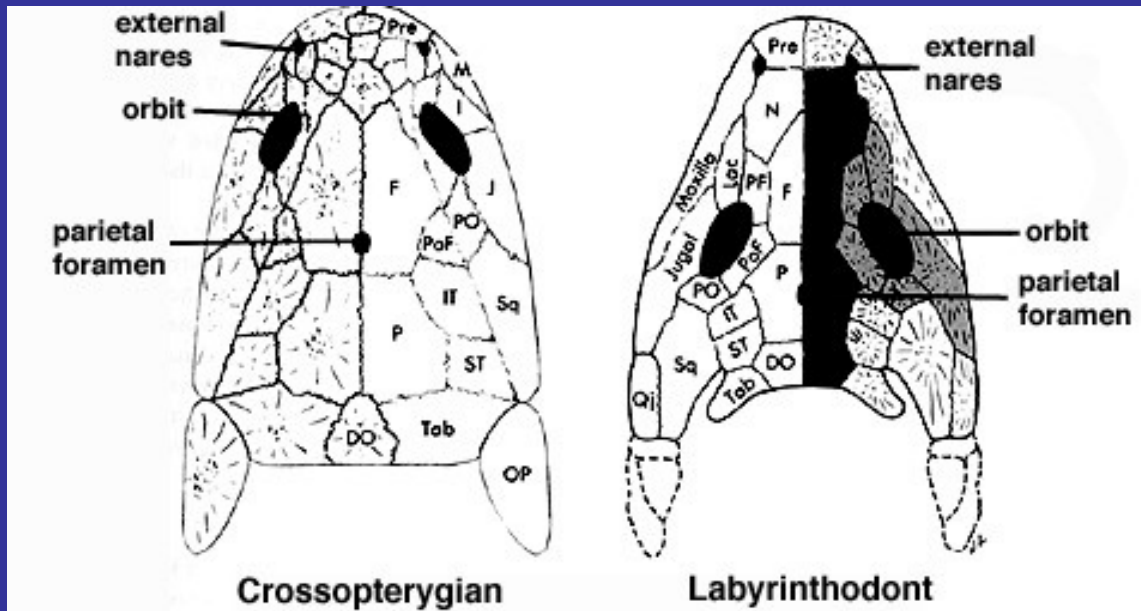


Petromyzontoidea (Lampréia)

# Ostracodermes

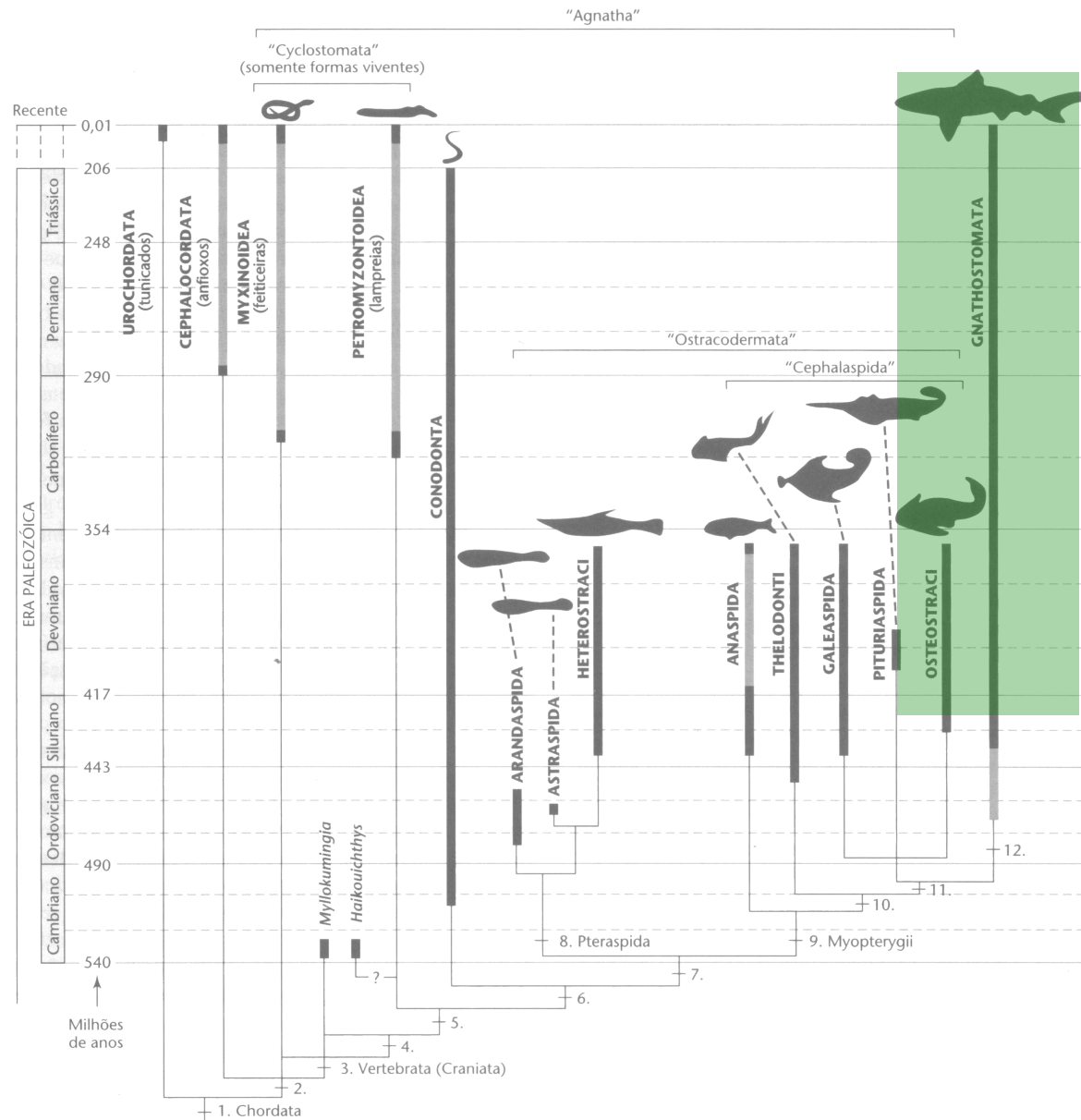


- Crânio externo
- Composto por placa única ou múltiplas fusionadas,
- olhos dispostos lateral ou dorsalmente, 1 abertura pineal.
- Dermatocrânio não homólogo aos dos osteichthyes...



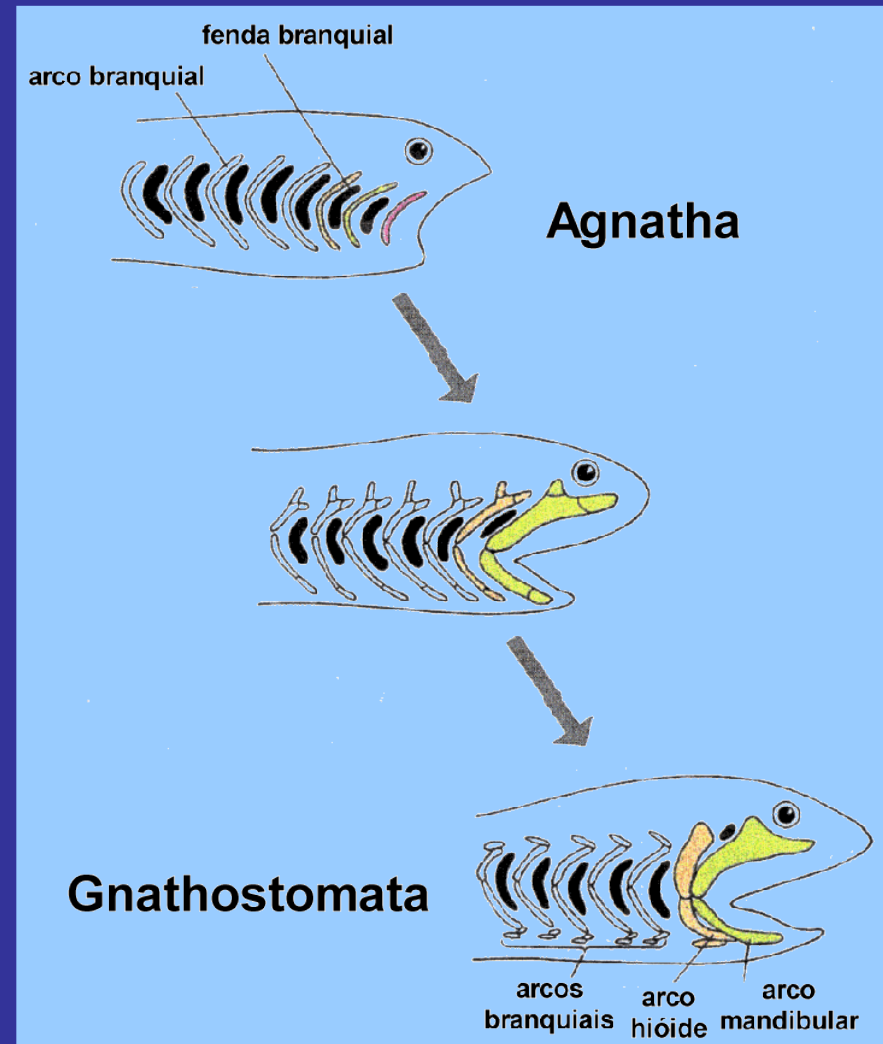


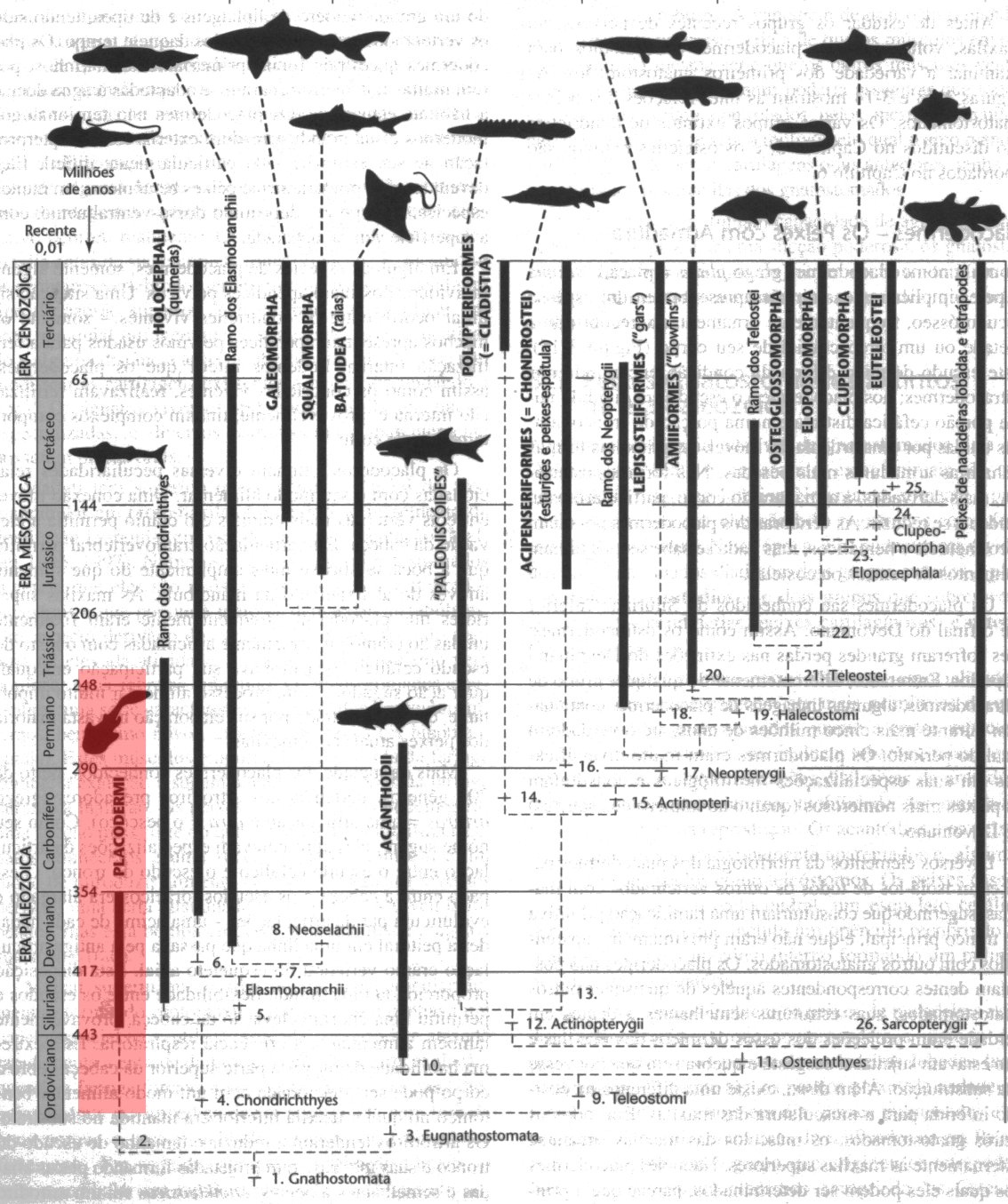
# Filogenia do crânio



# Gnatostomados

- Romer (1976)
- Pois elas permitem:
  - capacidade de agarrar firmemente objetos
  - cortar o alimento em pedaços
  - moer alimentos duros
  - escavar galerias
  - transportar seixos e vegetação para construção de ninhos
  - agarrar parceiros durante a corte e juvenis durante o cuidado parental.



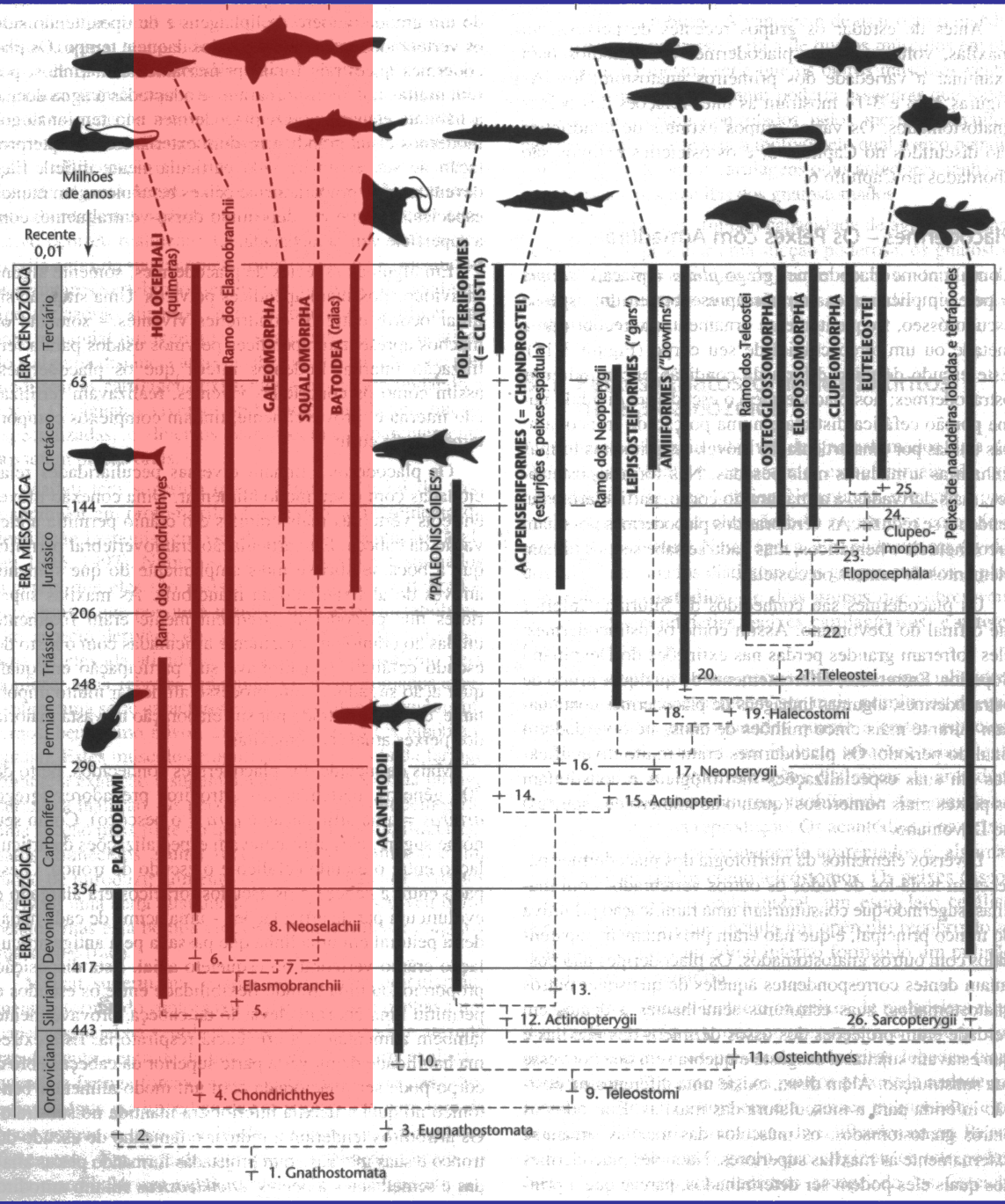




# Placodermi

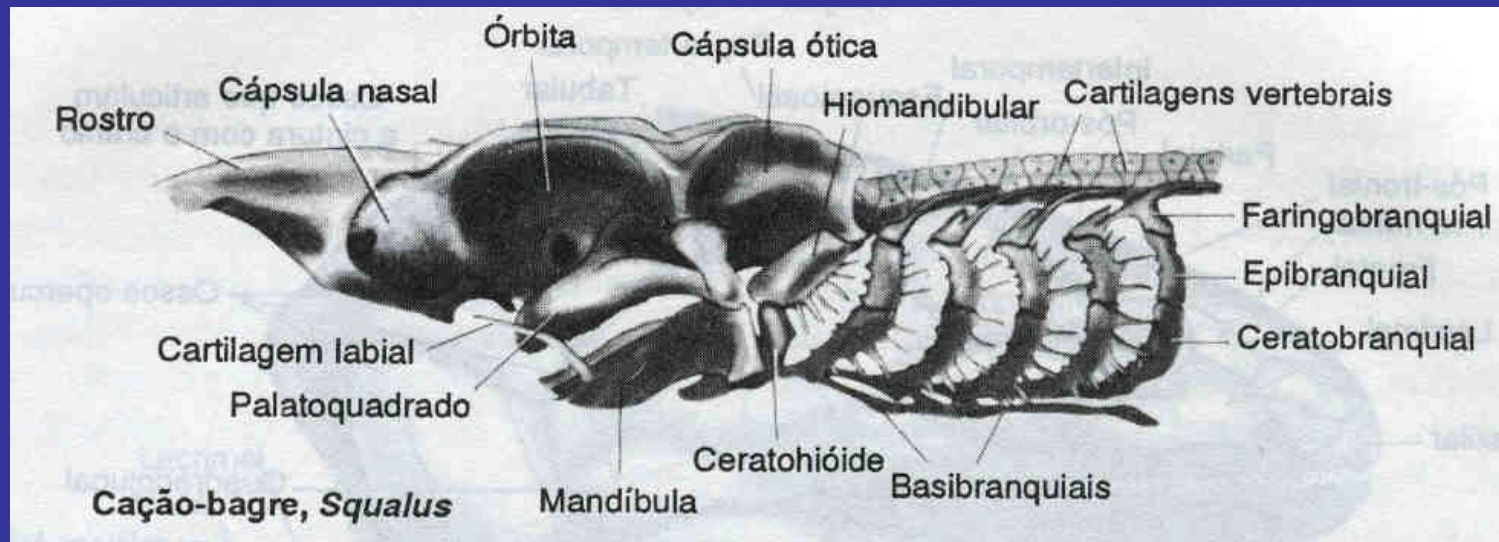
- Crânio fortemente ossificado (externo)
- Placas dermais da cabeça fusionadas – escudo cranial
- Mandíbula ligada ao crânio de forma fixa (autostílica)
- Crânio cinético
- Cartilagem de Meckel's
- Dentes – projeções de ossos dérmicos



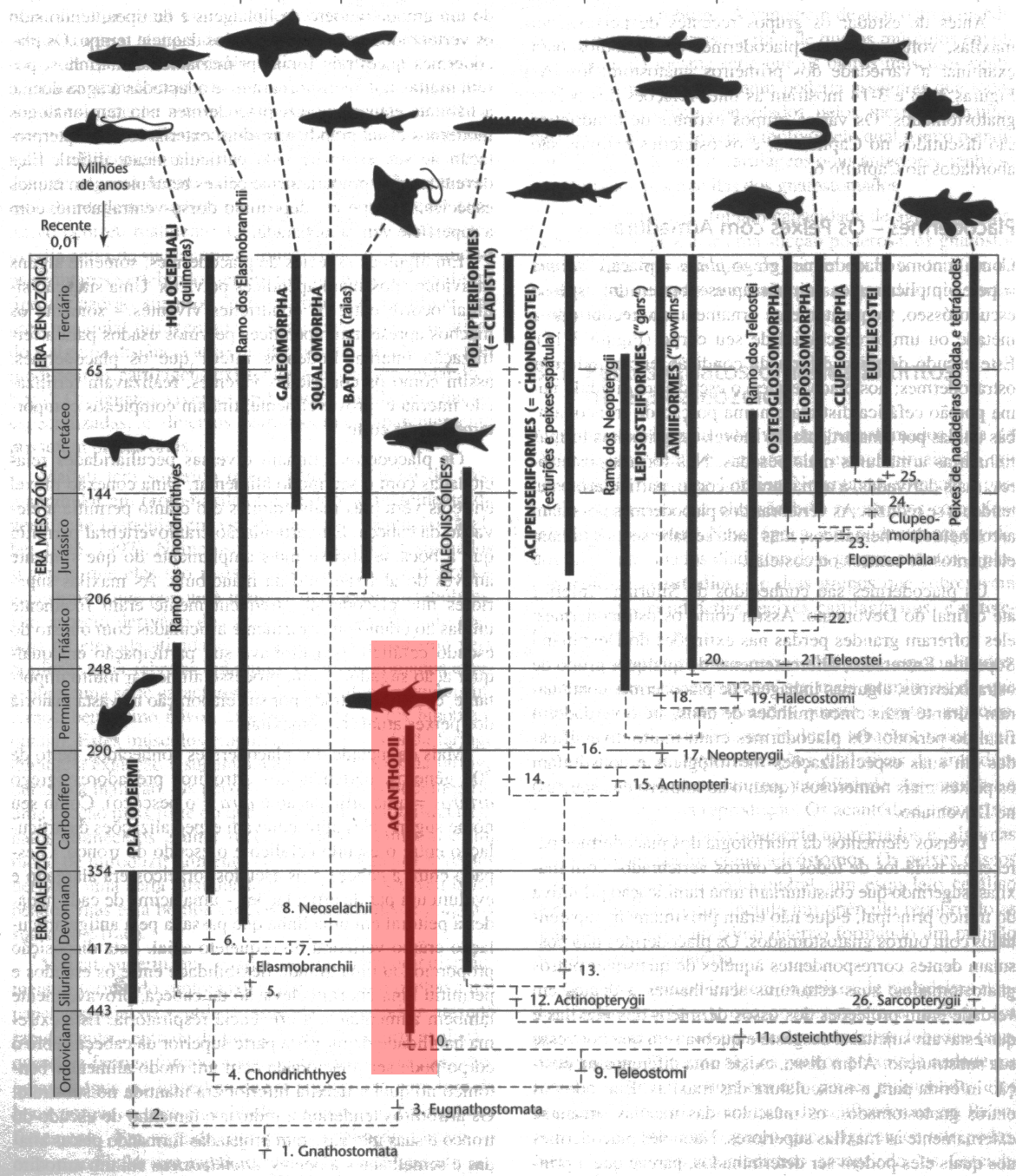


# Chondryctyes

- Crânio cartilaginoso
- Condrocrânio proeminente
- Dermatocrânio ausente
- Maxila protrátil (ação do arco hióideo), ligada ao crânio pela hyomandibula (hyostilica)
- Maxila inferior – Cartilagem de Meckel's
- Presença de espiráculo
- 6 a 8 arcos branquiais

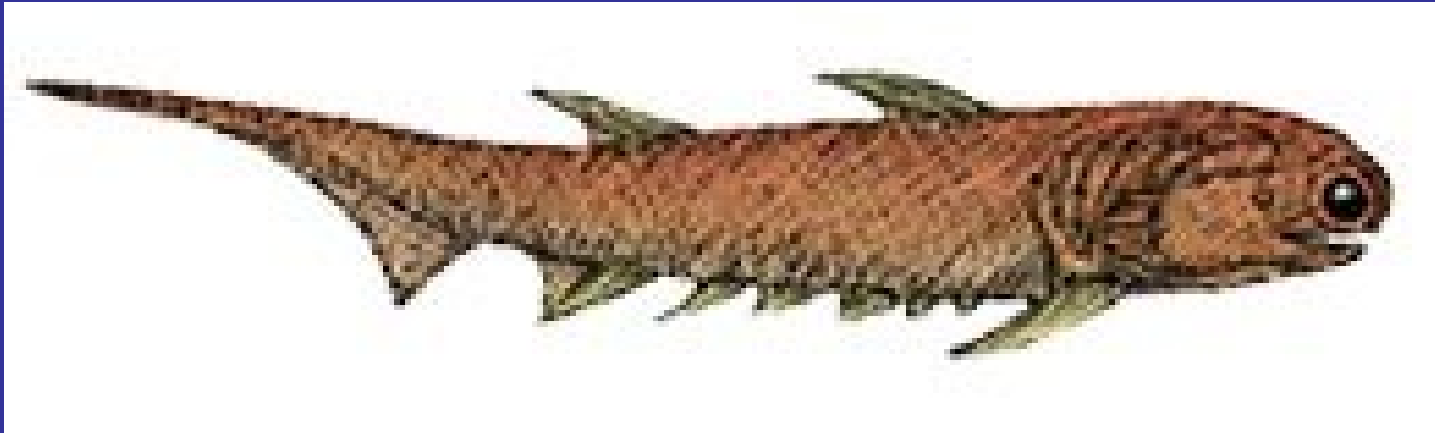


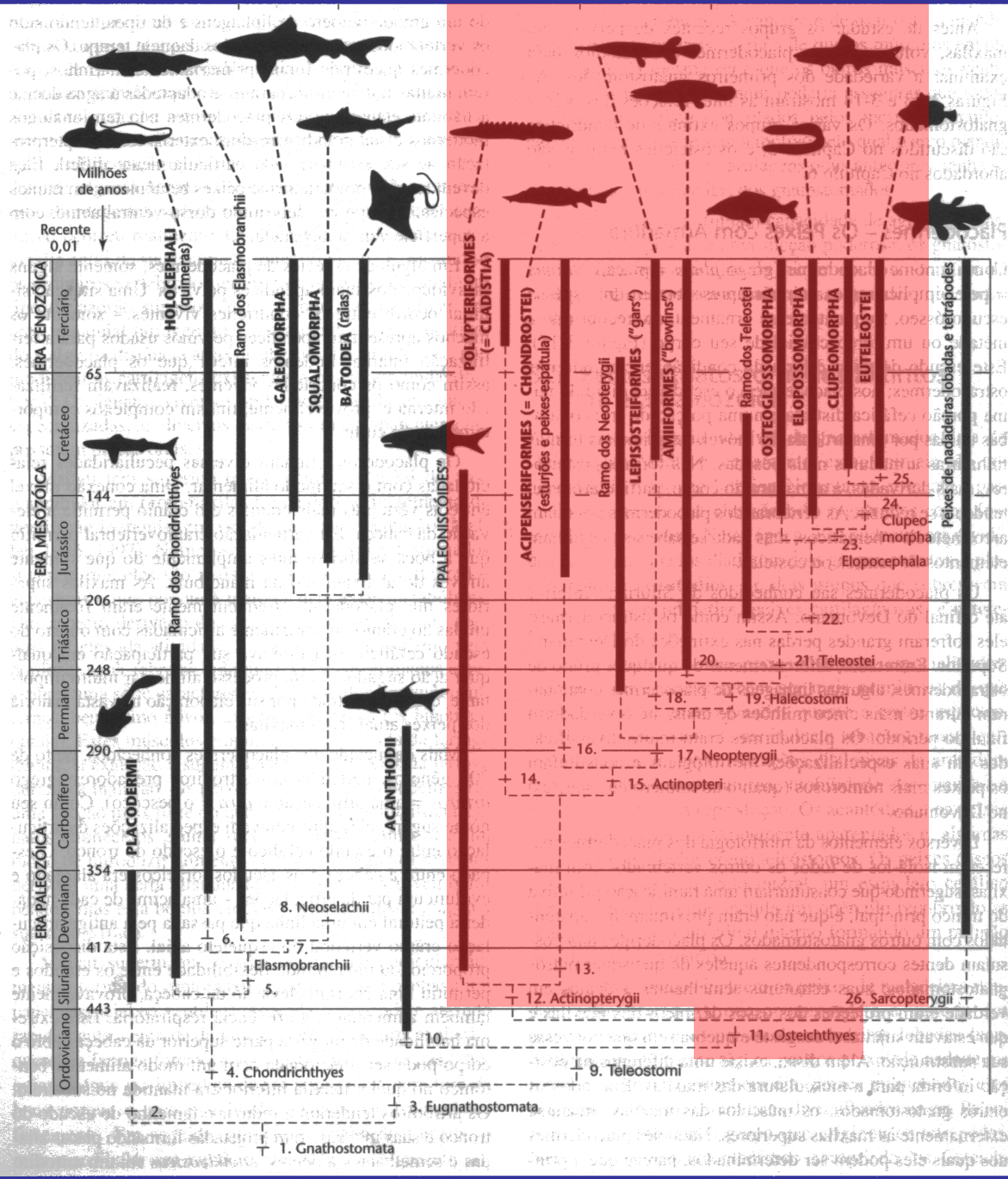




# Acanthodii

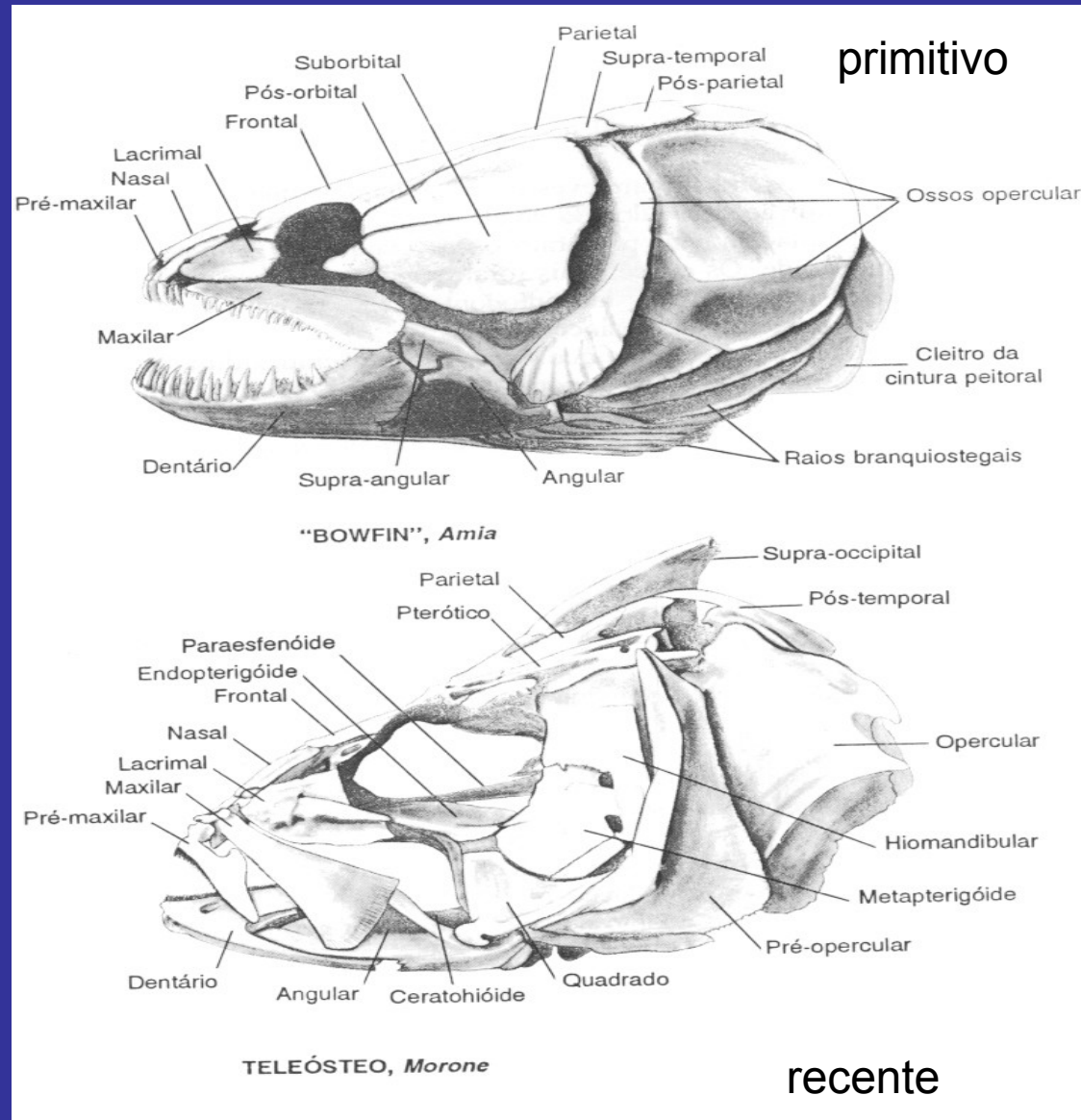
- Crânio dermal semelhante aos osteichthyes
- Alguns apresentavam operculum
- Crânio cinético





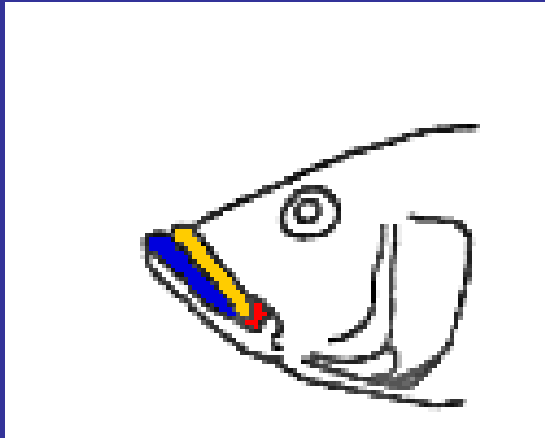
# Actinopterygii




- Crânio ossificado, com presença de dermatocrânio
- Maxila protrável, criando sucção da presa
- Maxila inferior com ligação hyostilica
- Presença de ossos operculares
- Crânio cinético
- Diversidade cranial
- 5 pares de arcos branquiais ósseos

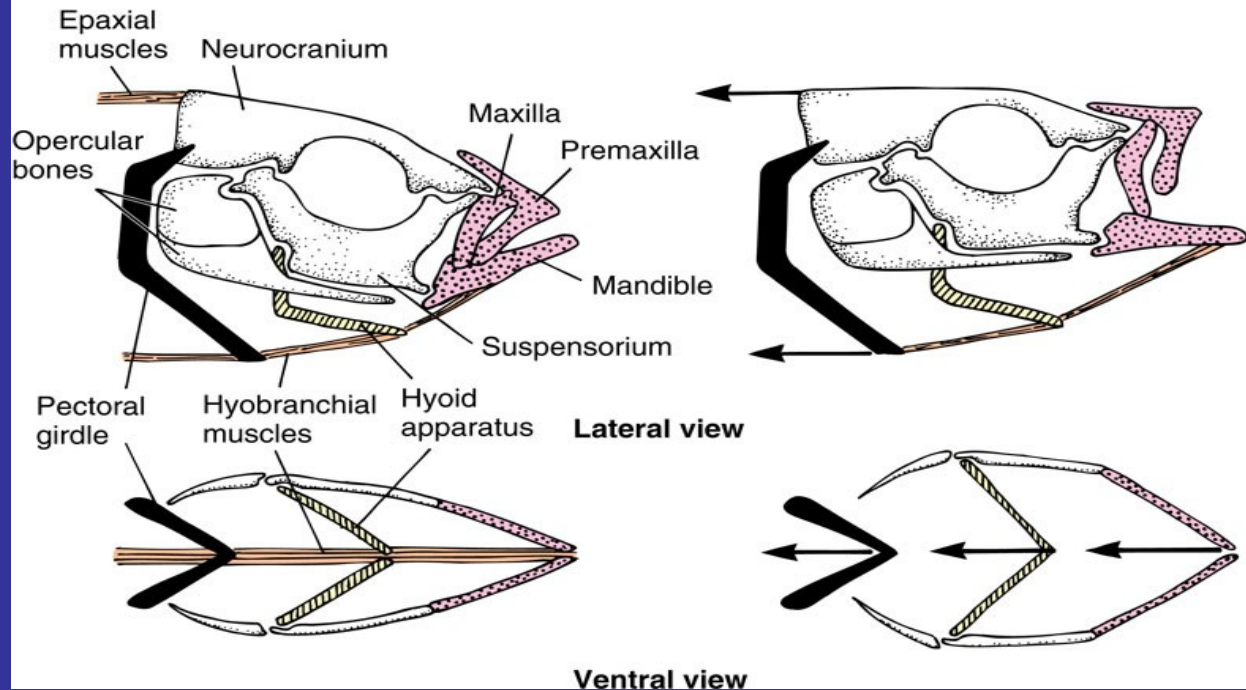
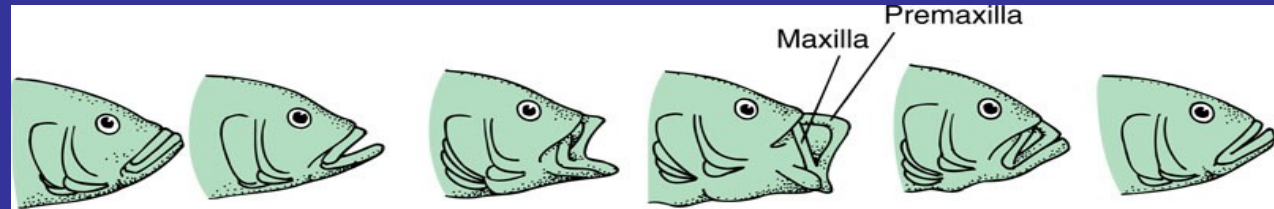




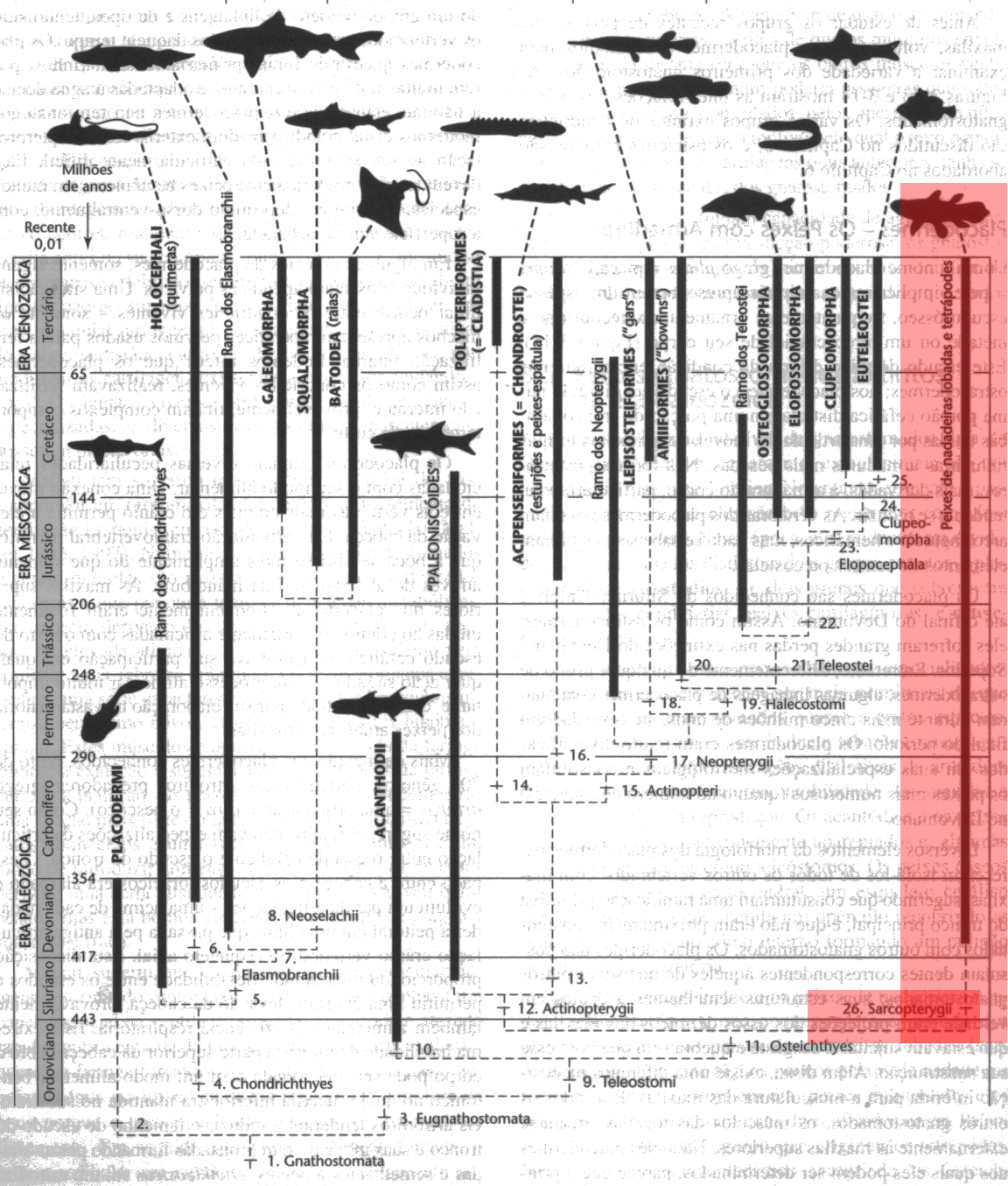
# Protração mandibular



-  Pre-maxila
-  Maxila
-  Mandíbula

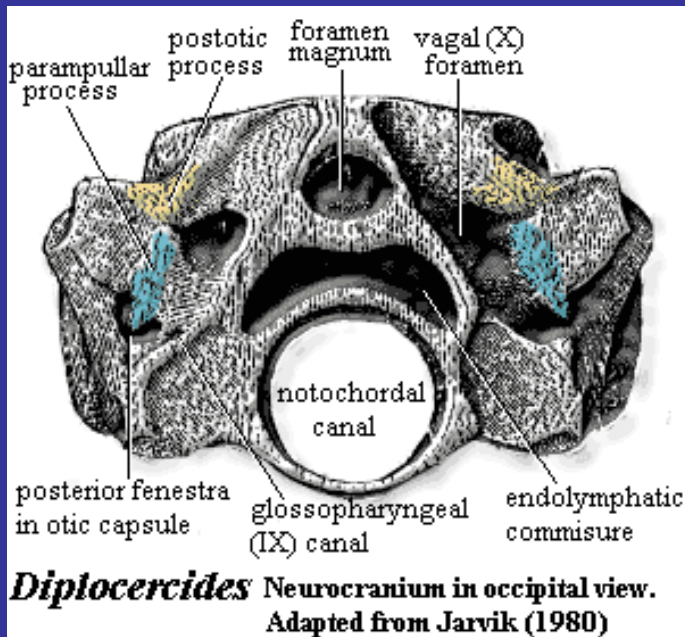






# Sarcopterygii

- Crânio ossificado, e relativamente acinético (ligação autostilica)
- Cápsulas nasais se abrem no palato (boca)
- Fenestra pos-temporal presente



Agrupamentos tradicionais

Não-Amniota			Amniota			
Pisces		Tetrapoda				
Agnatha	Chondrichthyes	Osteichthyes	Amphibia	Reptilia	Aves	Mammalia

Grupos externos  
(Tunicata e Cephalochordata)

Myxinoidea  
(Feiticeiras)

Petromyzontoidea  
(Lampreias)

Chondrichthyes  
(Tubarões, Raias, Quimeras)

Actinopterygii  
(Peixes com Nadadeiras Raiadas)

Actinistia  
(Celacantos)

Dipnoi  
(Peixes Pulmonados)

Gymnophiona  
(Cecílias)

Urodela  
(Salamandras)

Anura  
(Sapos e Rãs)

Testudinia  
(Tartarugas)

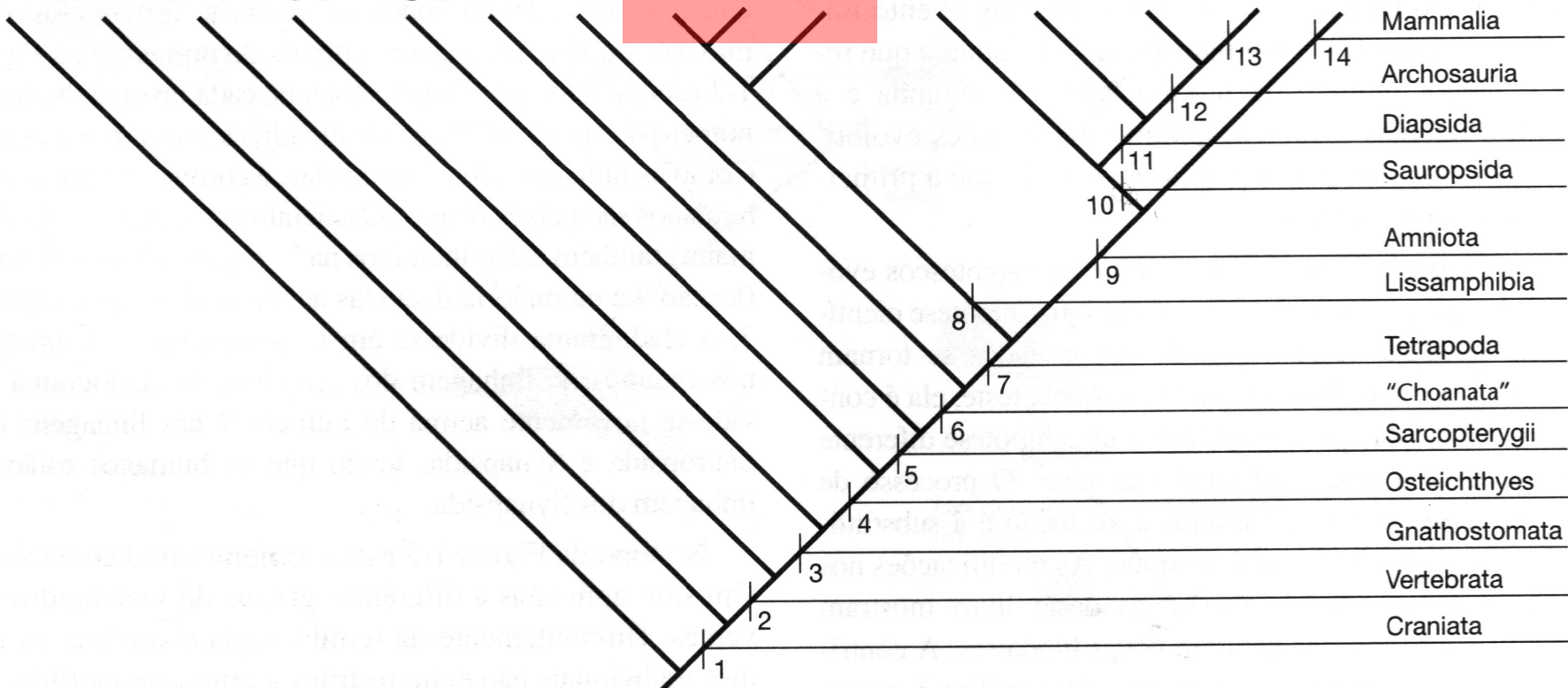
Lepidosauria  
(Lagartos, Serpentes, Tuatara)

Crocodylia  
(Jacarés e Crocodilos)

Aves  
(Aves)

Mammalia  
(Mamíferos)

Sistemática Filogenética



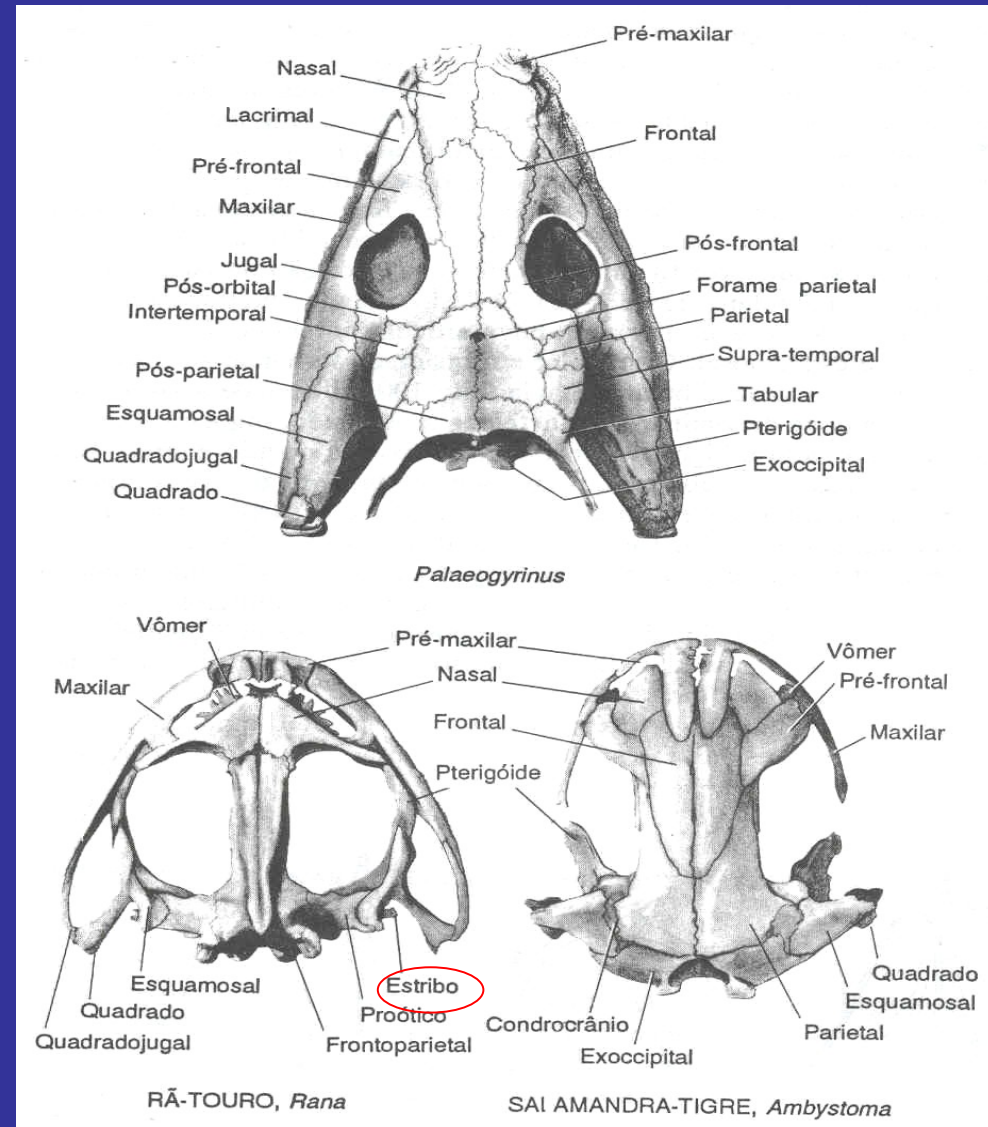




# Lissamphibia

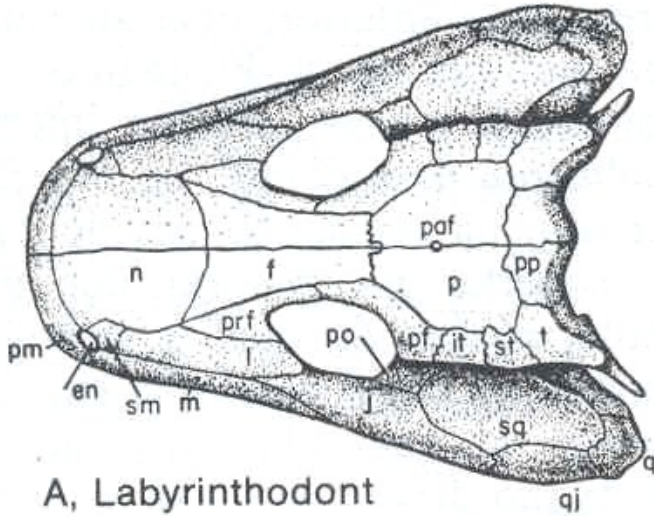


- Crânio achatado e largo, simplificado
- Ligação autostílica - quadrado
- Aparelho hióideo (arco hióideo e arcos) sustenta brânquias, língua e laringe.
- 1 par de côndilos occipitais
- Osso nasal distinto
- Surgimento do estribo ou columela
- Arcos branquiais funcional em aquáticos, e em terrestres reduzidos a 3 e auxiliam o aparelho hióideo. Podem formar anéis da traquéia
- Alguns girinos podem apresentar espiráculo mediano dorsal

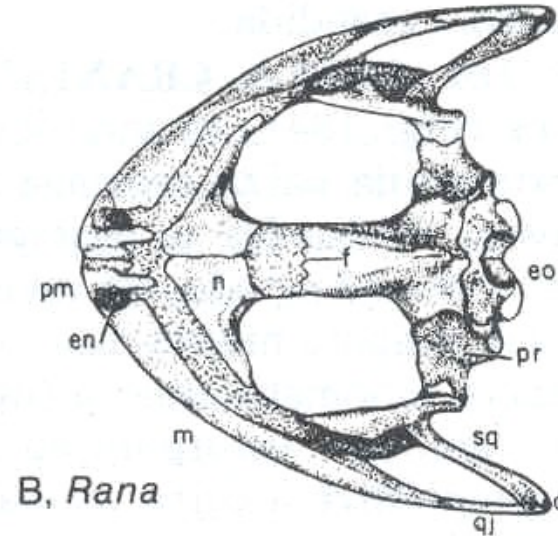


# Primitivo

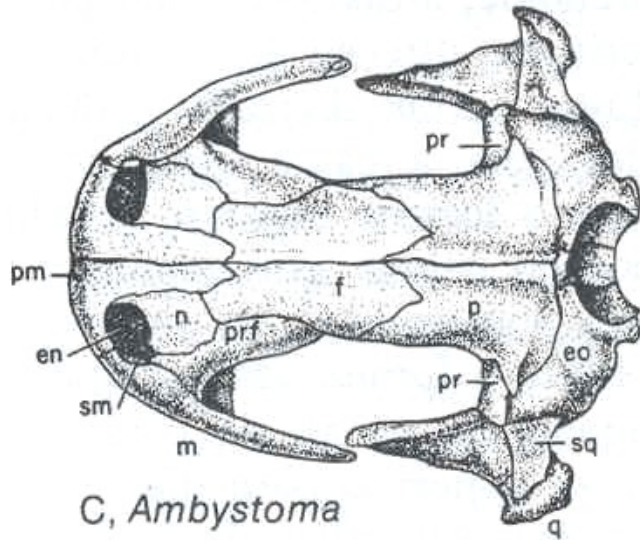
# Anura



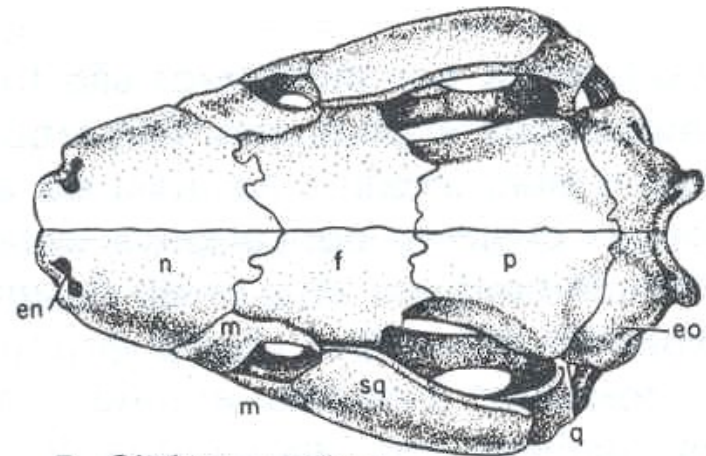
A, Labyrinthodont



B, *Rana*



C, *Ambystoma*



D, *Chthonerpeton*

# Caudata

# Gymnophiona

Agrupamentos tradicionais

Não-Amniota			Amniota		
Pisces		Tetrapoda			
Agnatha	Chondrichthyes	Osteichthyes	Amphibia	Reptilia	Aves Mammalia

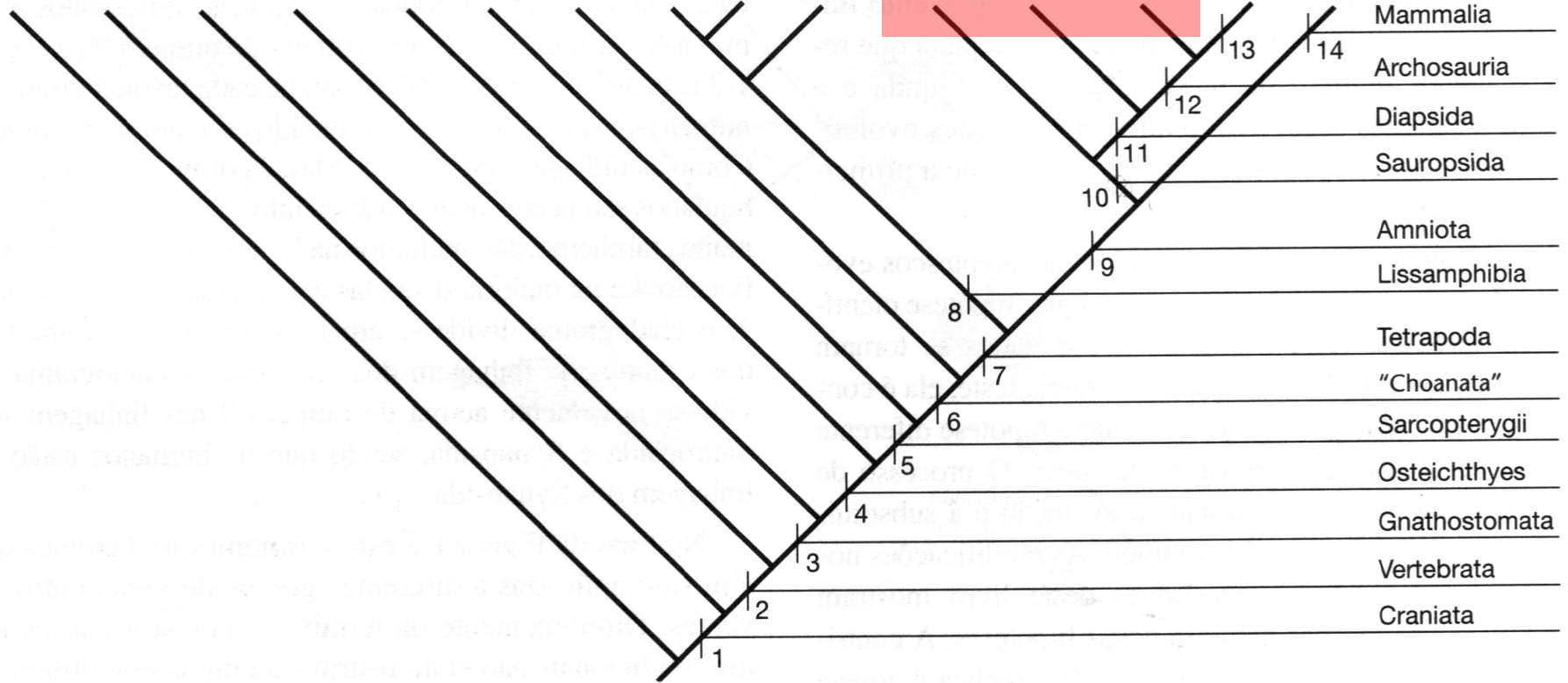
Grupos externos  
(Tunicata e Cephalochordata)

- Myxinoidea (Feiticeiras)
- Petromyzontoidea (Lampreias)
- Chondrichthyes (Tubarões, Raias, Quimeras)
- Actinopterygii (Peixes com Nadadeiras Raiadas)
- Actinistia (Celacantos)
- Dipnoi (Peixes Pulmonados)
- Gymnophiona (Cecílias)
- Urodela (Salamandras)
- Anura (Sapos e Rãs)

- Testudinia (Tartarugas)
- Lepidosauria (Lagartos, Serpentes, Tuatara)
- Crocodylia (Jacarés e Crocodilos)

- Aves (Aves)
- Mammalia (Mamíferos)

Sistemática Filogenética



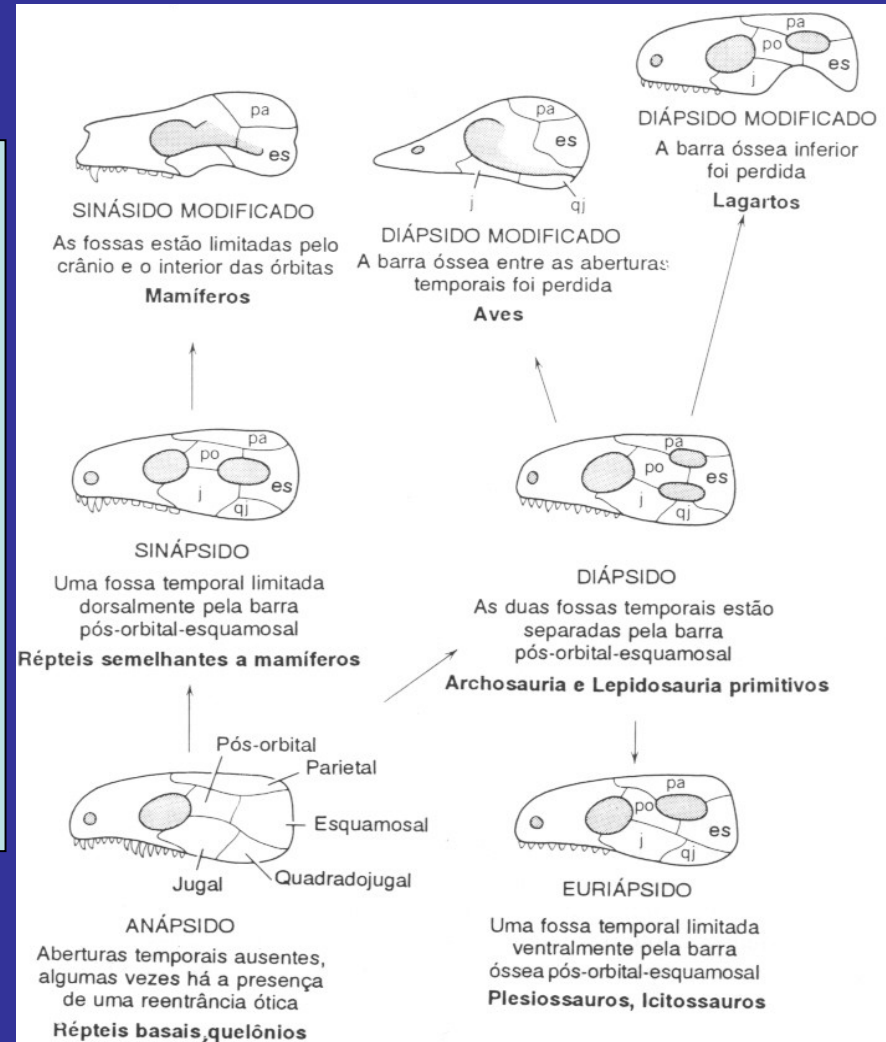
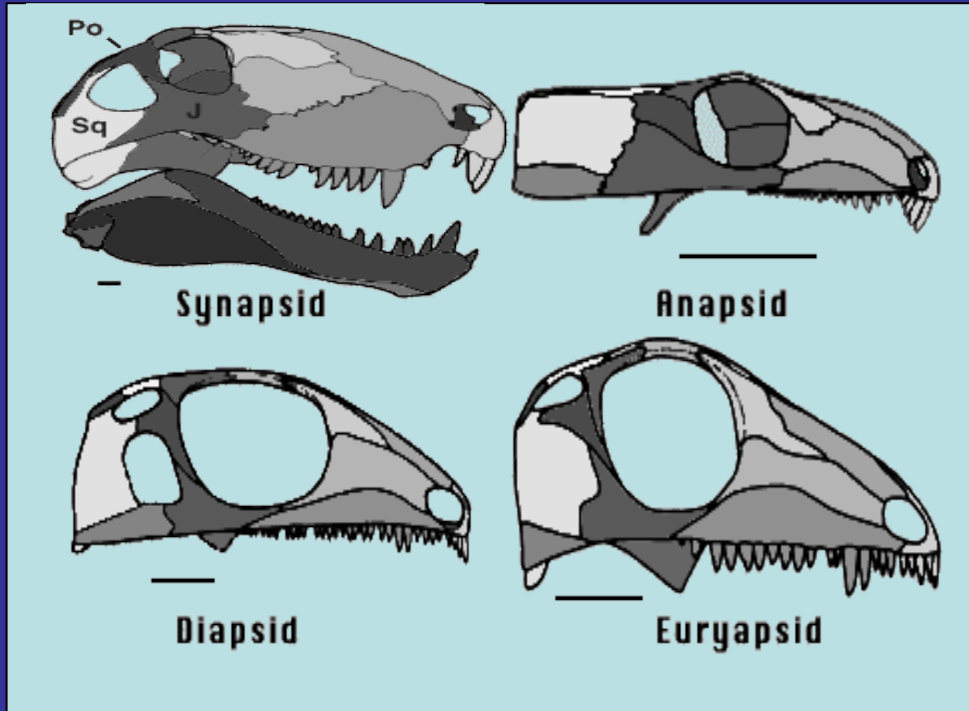


# Reptilia

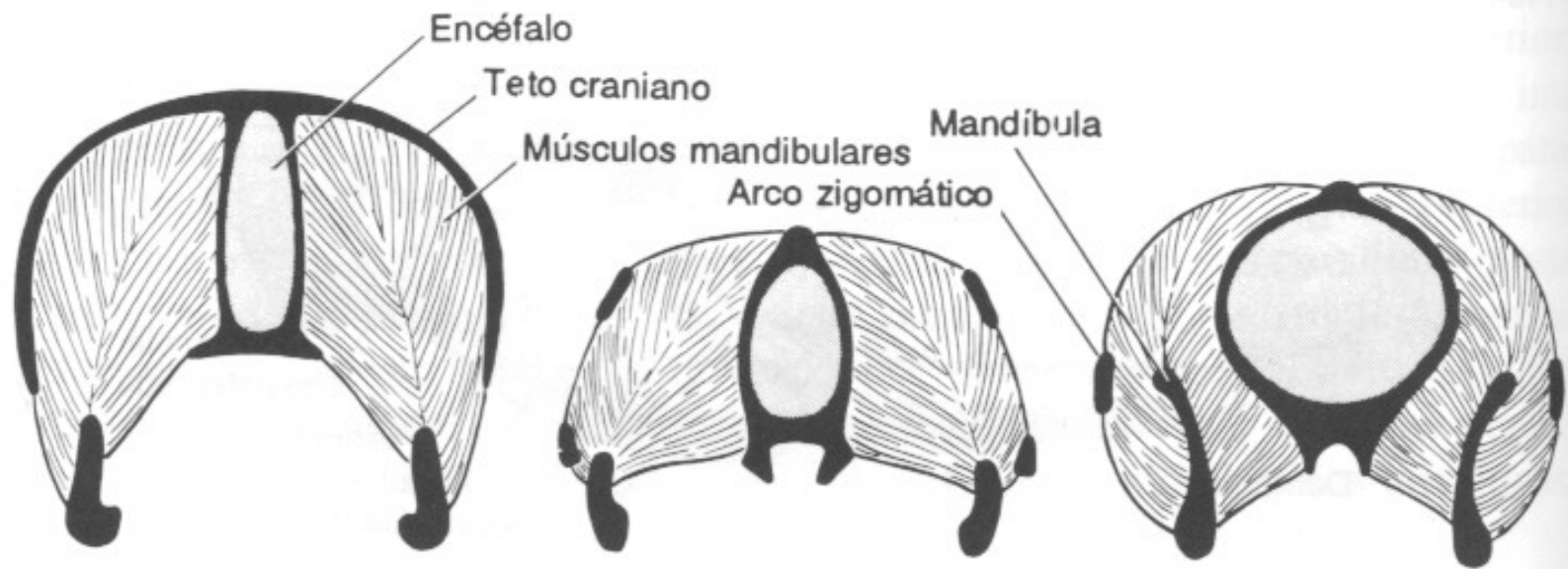


- Crânio com **fenestração temporal**
  - Anapsida
  - Synapsida
  - Dyapsida
- Função das fenestras:
  - Espaço para o posicionamento dos músculos;
  - Presença de músculos maiores e mais especializados;
  - Principal diferenciação dos músculos mandibulares;
  - Aumento das táticas alimentares

# Fenestração temporal







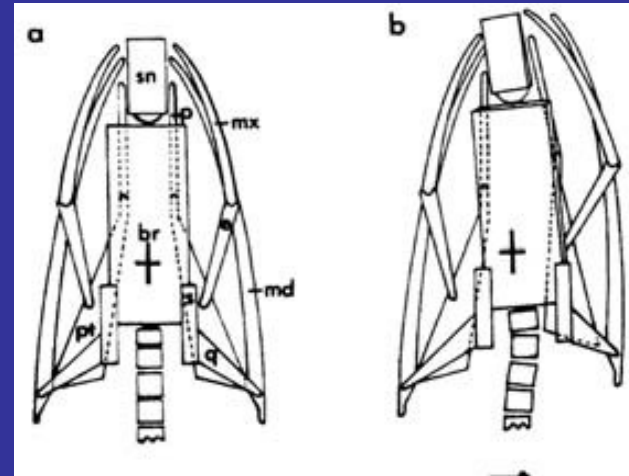
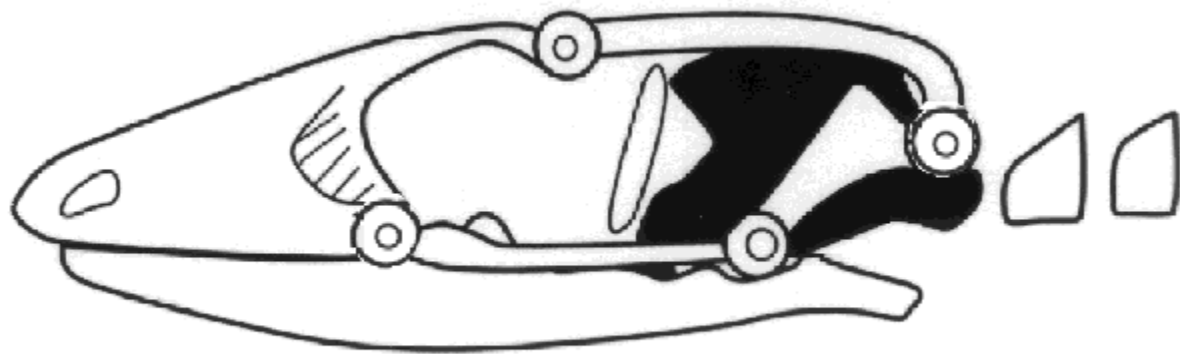
RÉPTIL ANÁPSIDO

RÉPTIL DIÁPSIDO

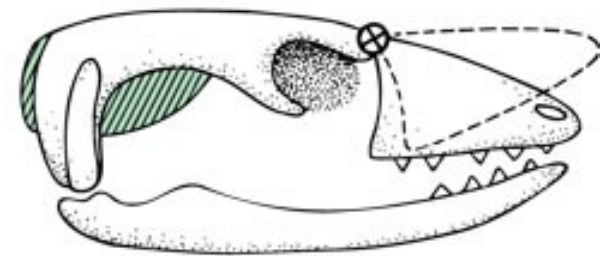
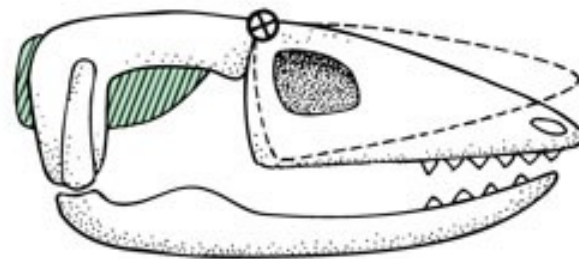
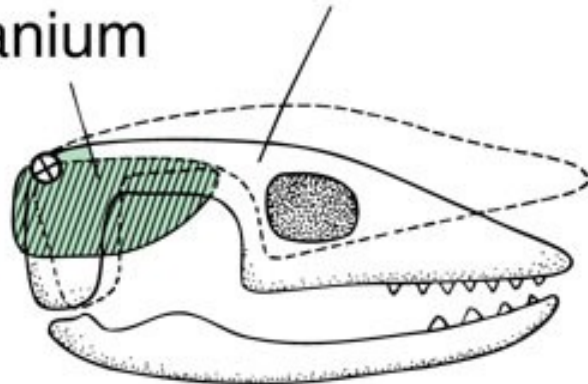
MAMÍFERO

# Reptilia

- Crânio com **alta cinética cranial** em serpentes (**procinético**) e lagartos (**mesocinético**)
- Ligação da maxila pelo quadrado
- 1 côndilo occipital
- Surgimento do palato secundário (crocodilianos)
- **Dentição variável:**
  - Os dentes são cônicos e soldam-se diretamente nos ossos da mandíbula e maxila, exceto em crocodilianos, onde se encontram implantados nos alvéolos dentários.
  - Os quelônios não possuem dentes, a mandíbula e a maxila são recobertas por uma lâmina córnea.
  - Os ofídios peçonhentos apresentam um par de dentes especializados onde se escoia o veneno



Neuro-  
cranium      Dermatocranium



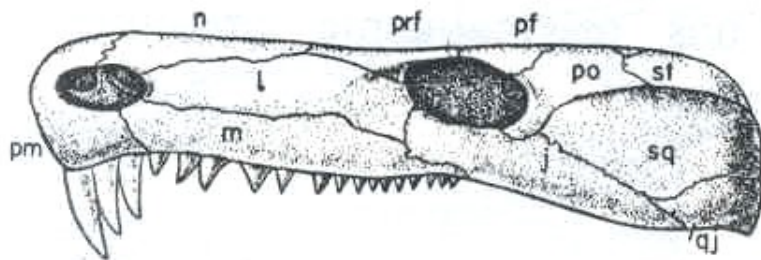
(a)

Metakinesis

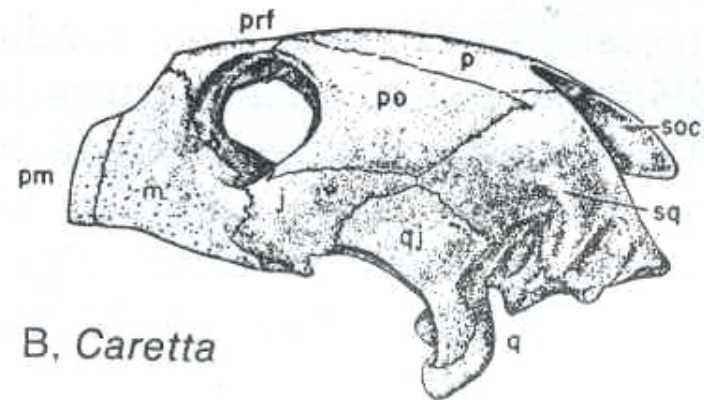
Mesokinesis

Prokinesis

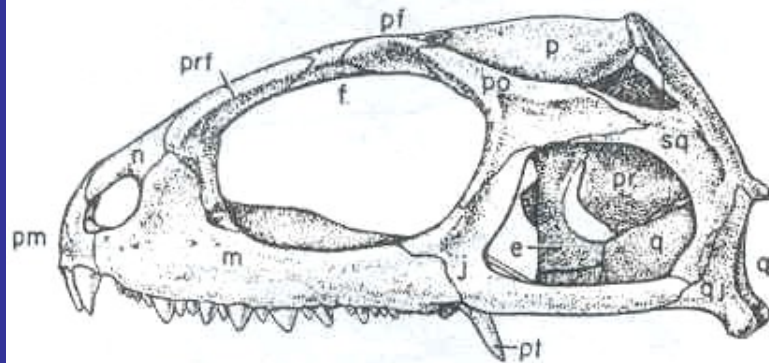
# Dentição variável



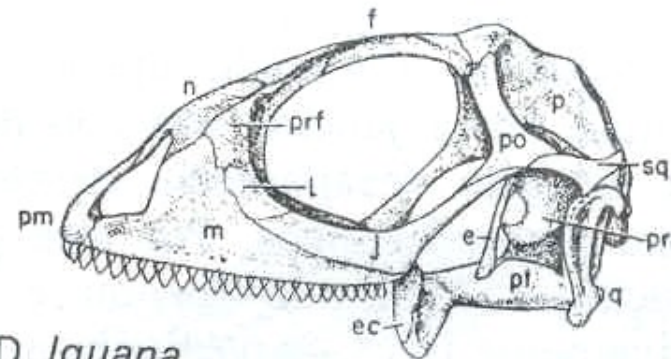
A, *Limnoscelis*



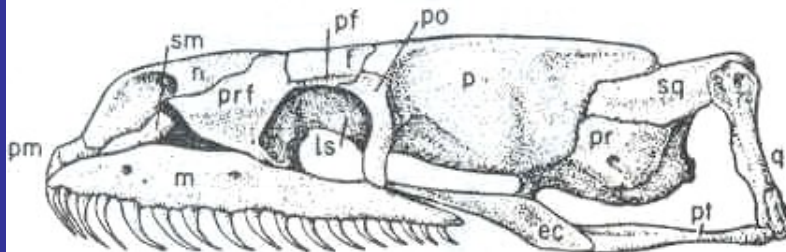
B, *Caretta*



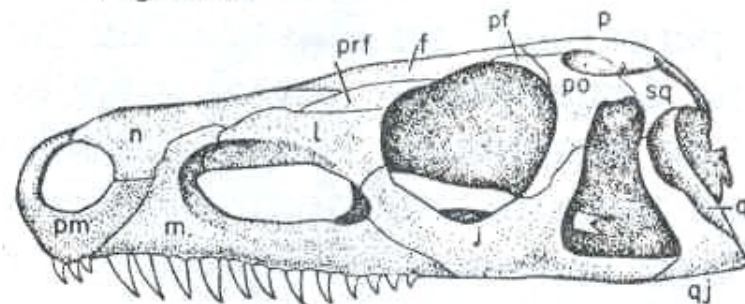
C, *Sphenodon*



D, *Iguana*

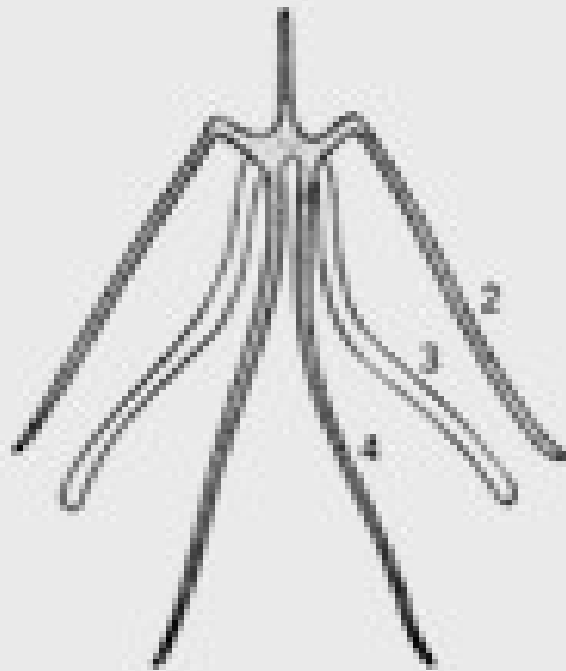


E, *Python*

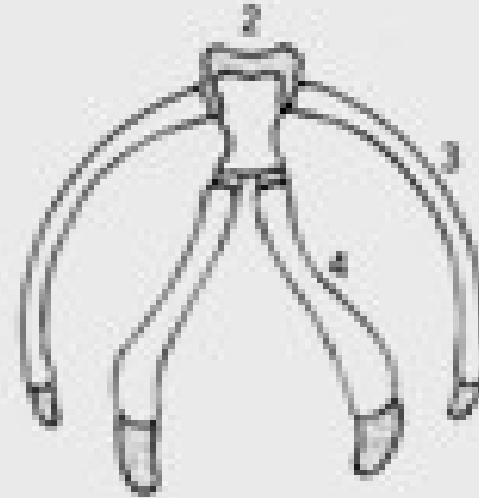


F, *Euparkeria*

# Esqueleto visceral (esplancnocrânio)



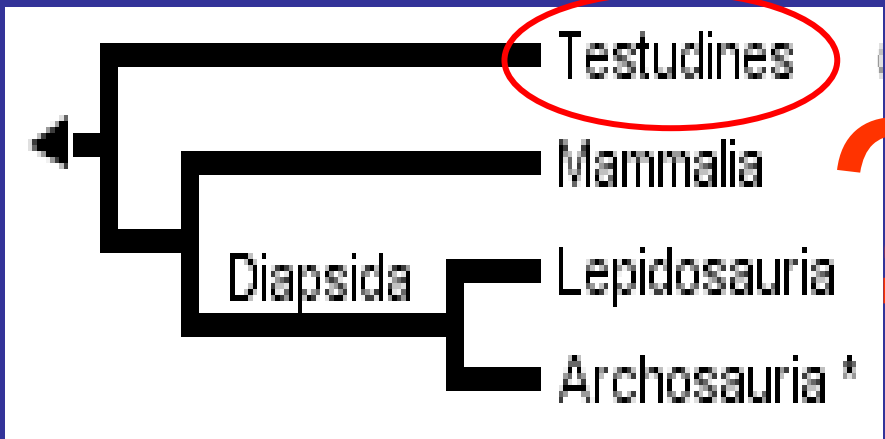
IGUANA, *Iguana*



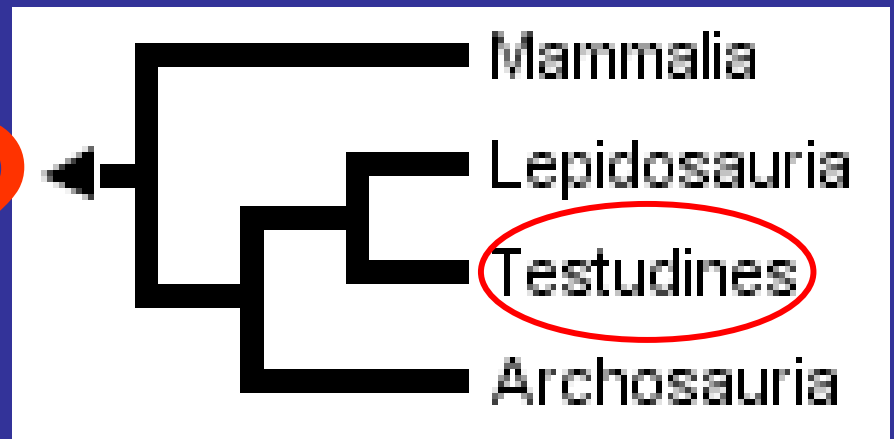
CÁGADO, *Chelydra*



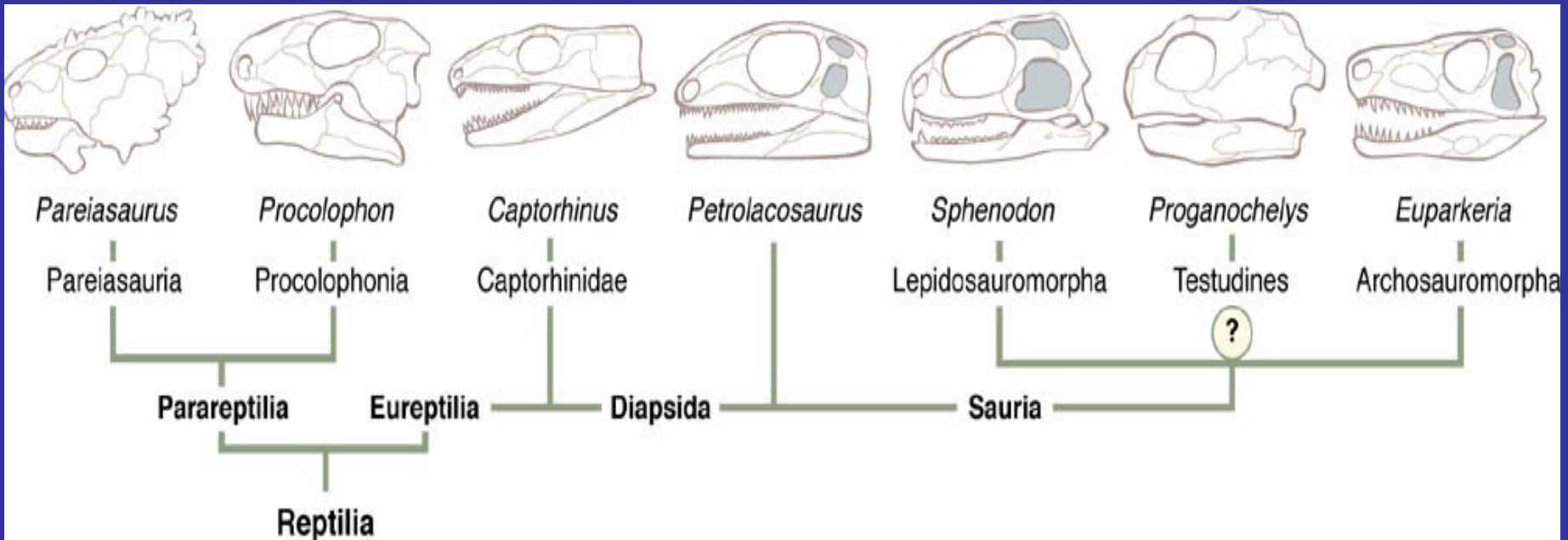
# História evolutiva dos Testudines

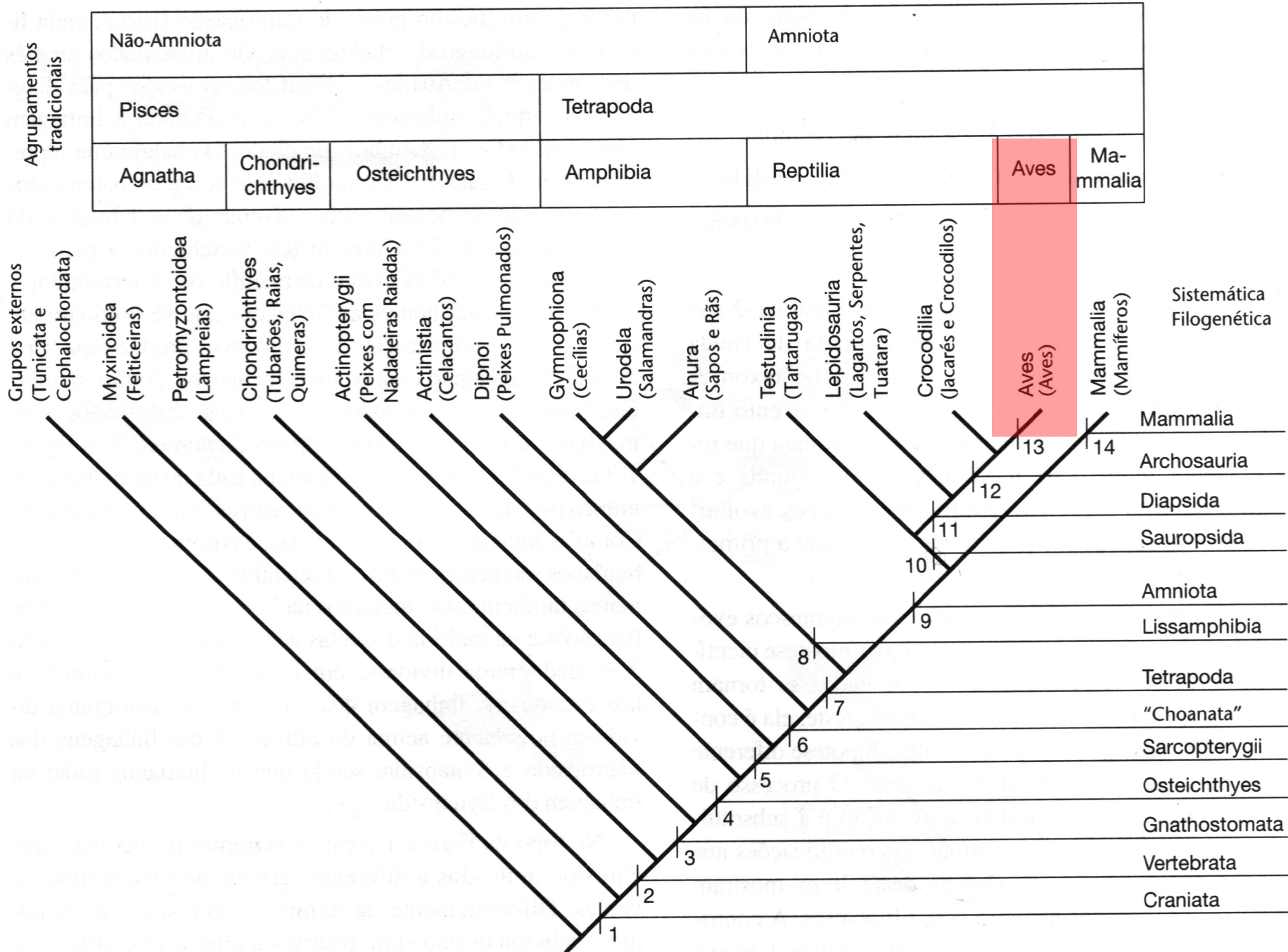


Gaffney (1980)



Rieppel & de Braga (1996)

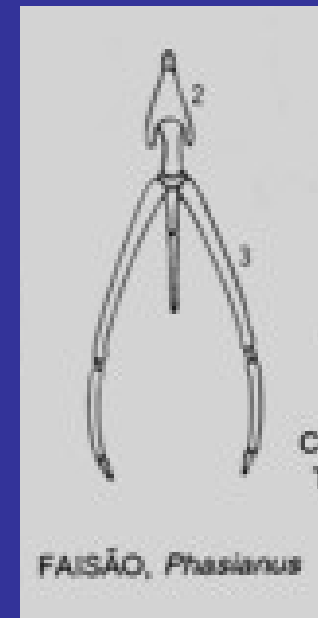
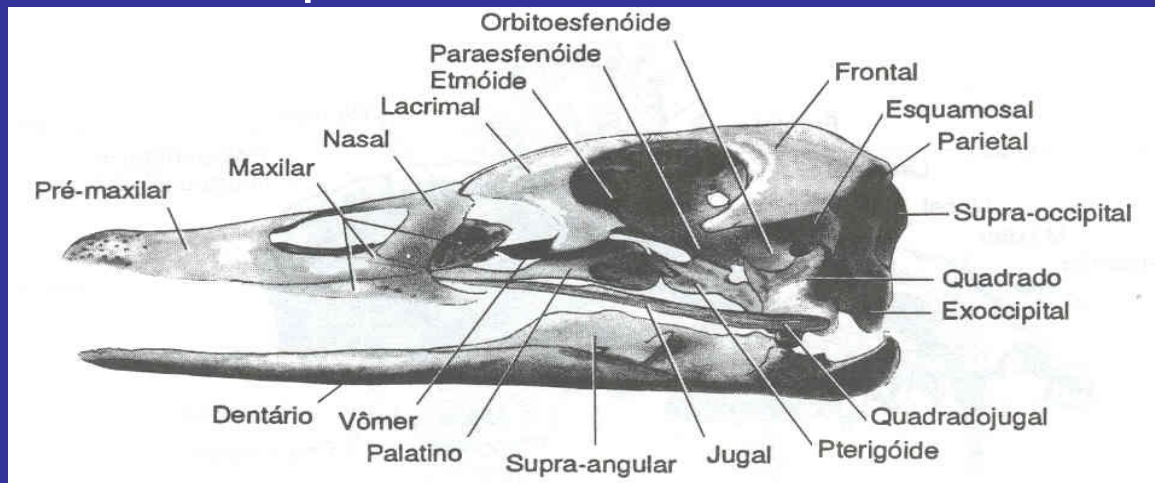




# Aves

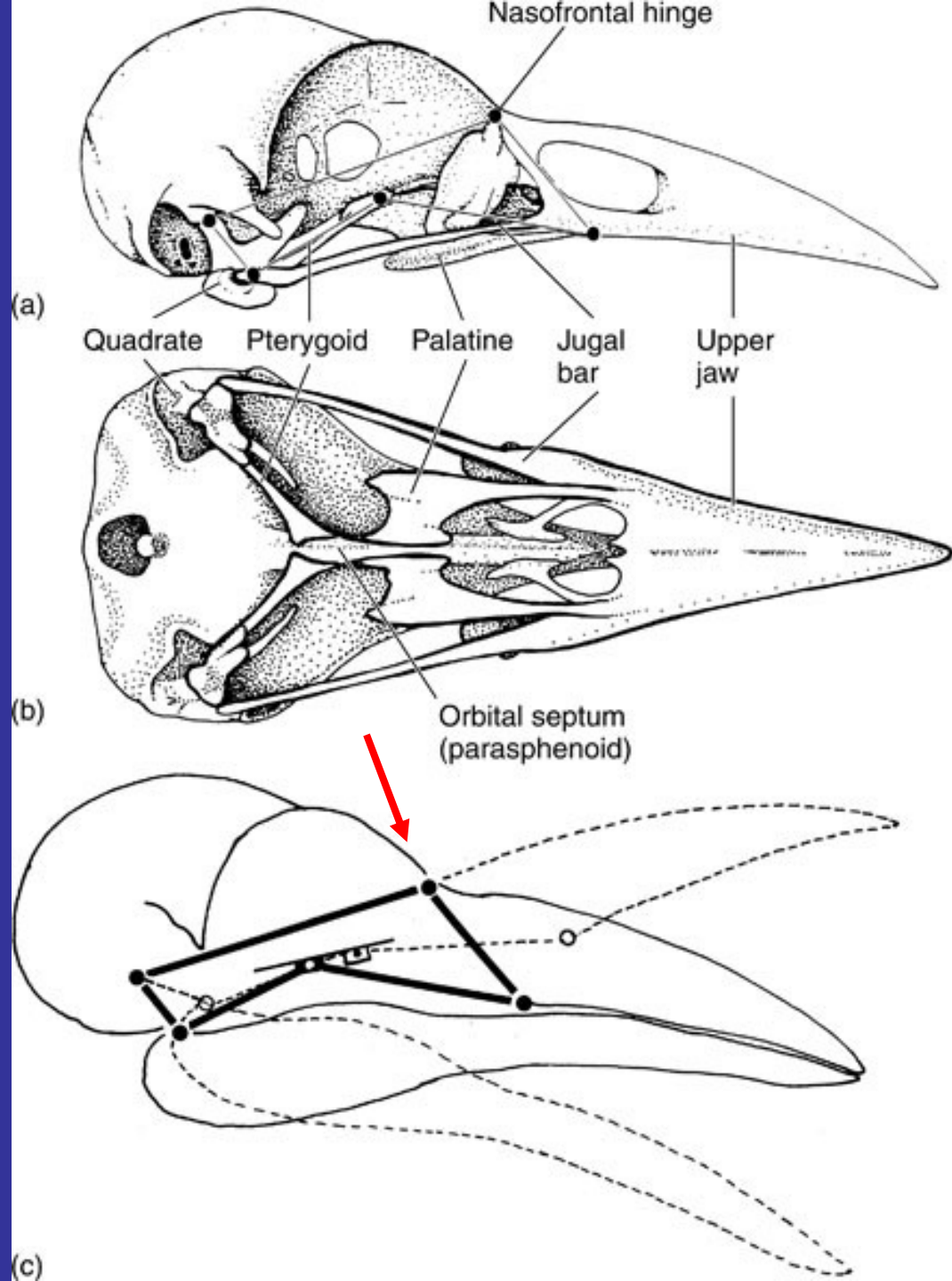


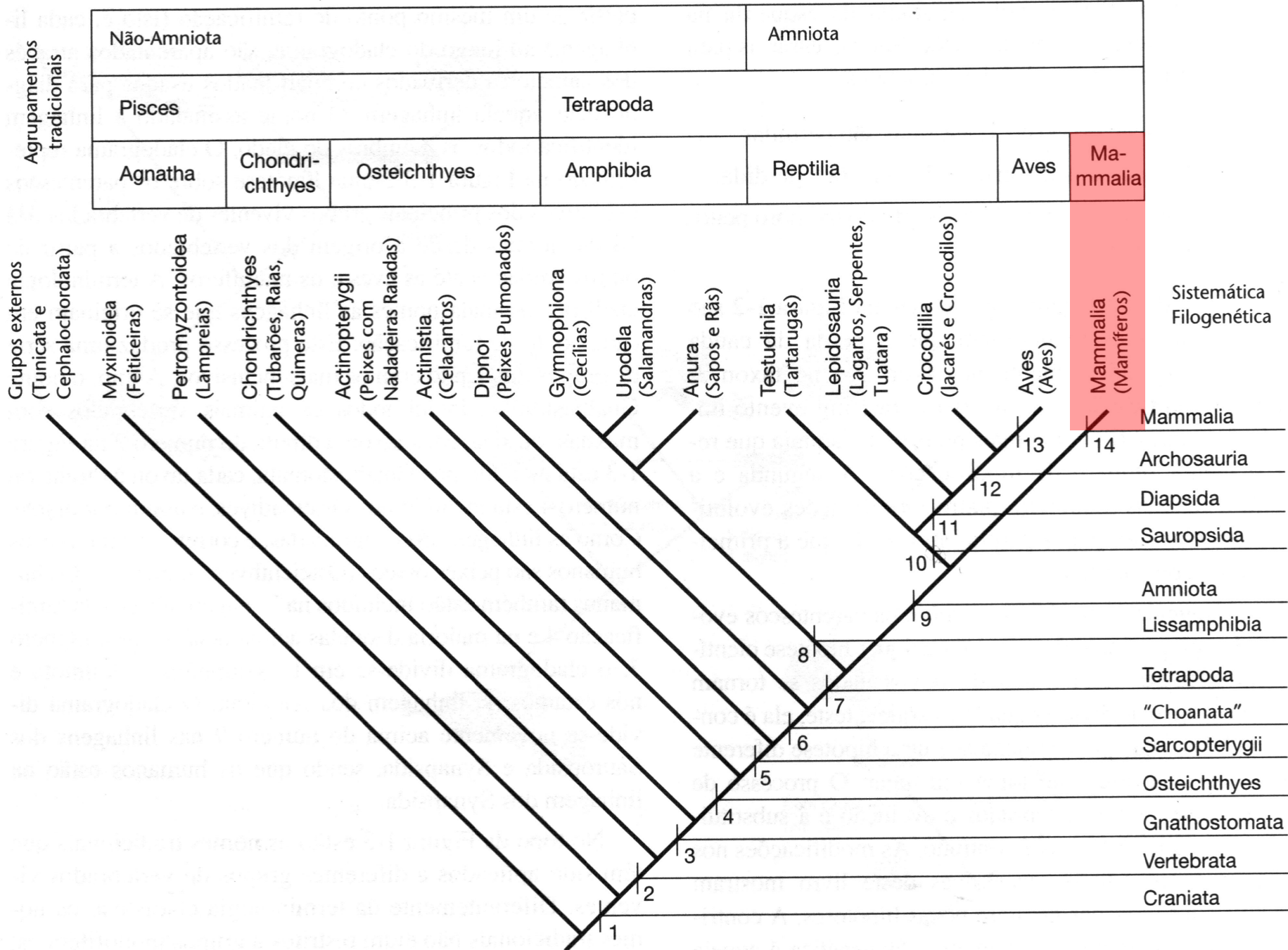
- Crânio diápsido ossificado, com fusão óssea pouco aparente, compostos por 4 unidades ósseas
- Crânio procinético
- Arco hiódeo sustenta e projeta a língua
- Ossos palatais reduzidos
- Maxilas recobertas por escudo queratinizado, com ausência de dentes
- Perda do palato secundário





# Cinética cranial de aves (procinética)



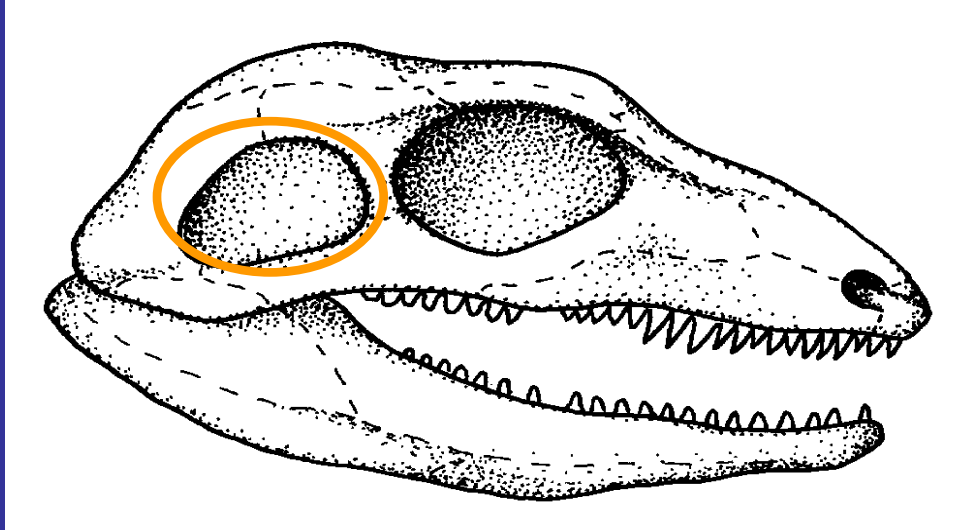


# Mammalia

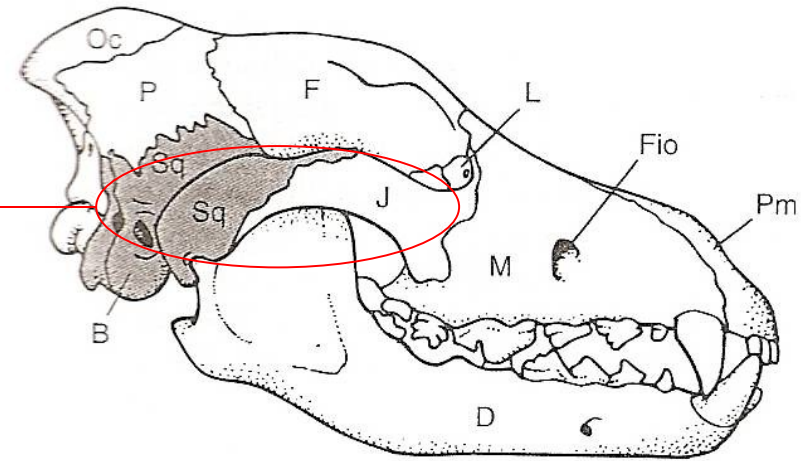


- Crânio synapsida
- Perda (Septomaxila, post-orbital, prefrontal, quadradojugal e supratemporal) e fusão de ossos dermais
- Osso temporal – fusão de 3 ossos
- Mandíbula formada por dermatocrânio, ligada pelo arco zigomático (esquamosal +jugal)

# Crânio synapsida



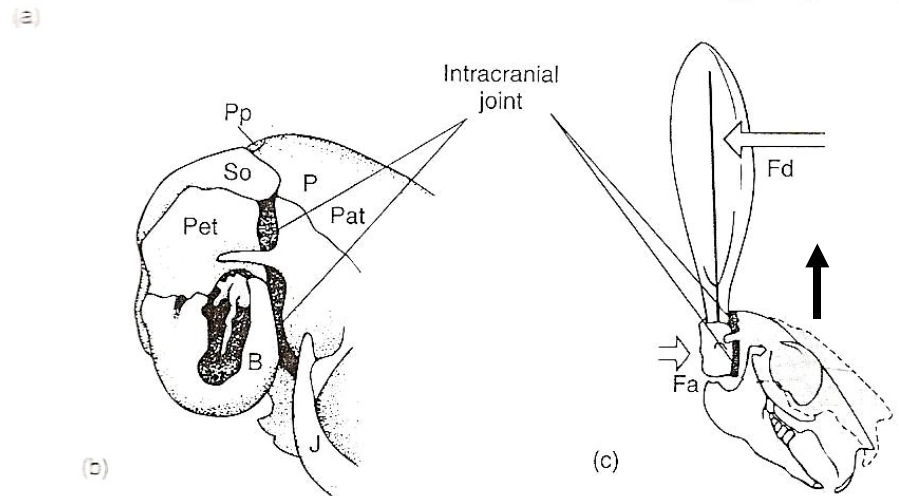
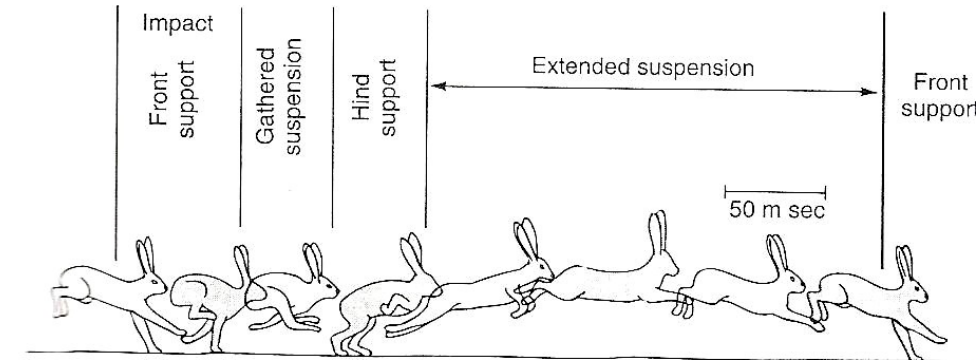
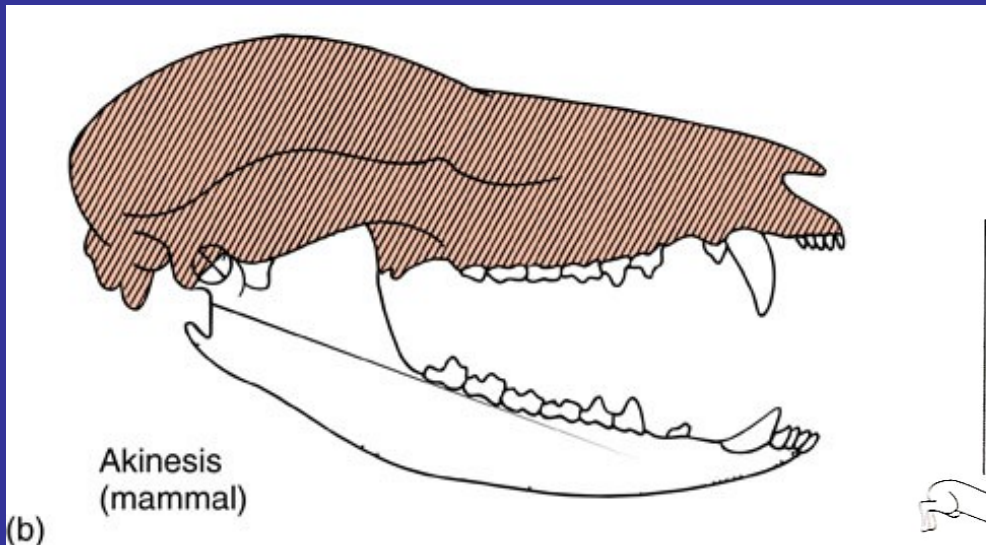
Arco zigomático



*Canis dirus*

Dentário (dermatocrânio)

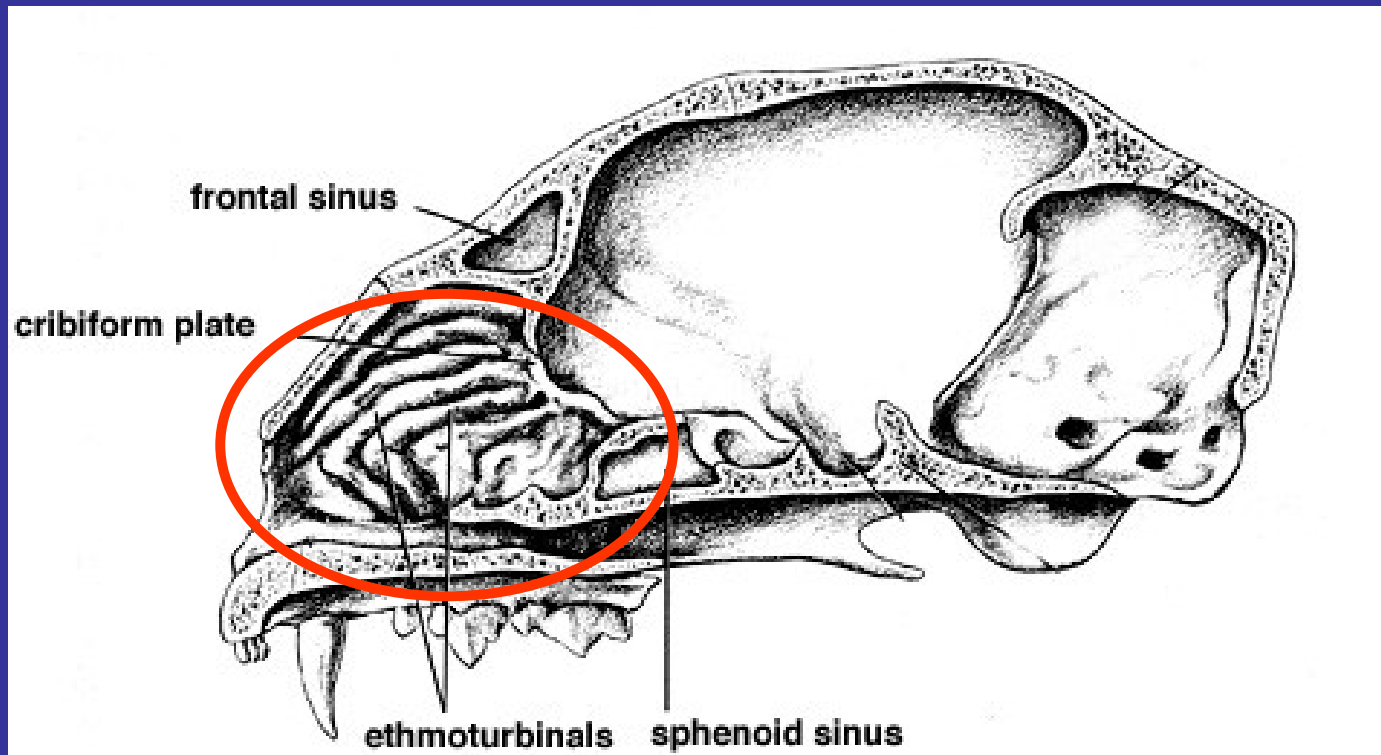
- Crânio **acinético**, exceto em coelhos



Diminuição do impacto



- Ossos **nasoturbinados** (aquecimento e umedecimento do ar)
- Occipital fusionadas e bilobados, articulado com o atlas (primeira vértebra)

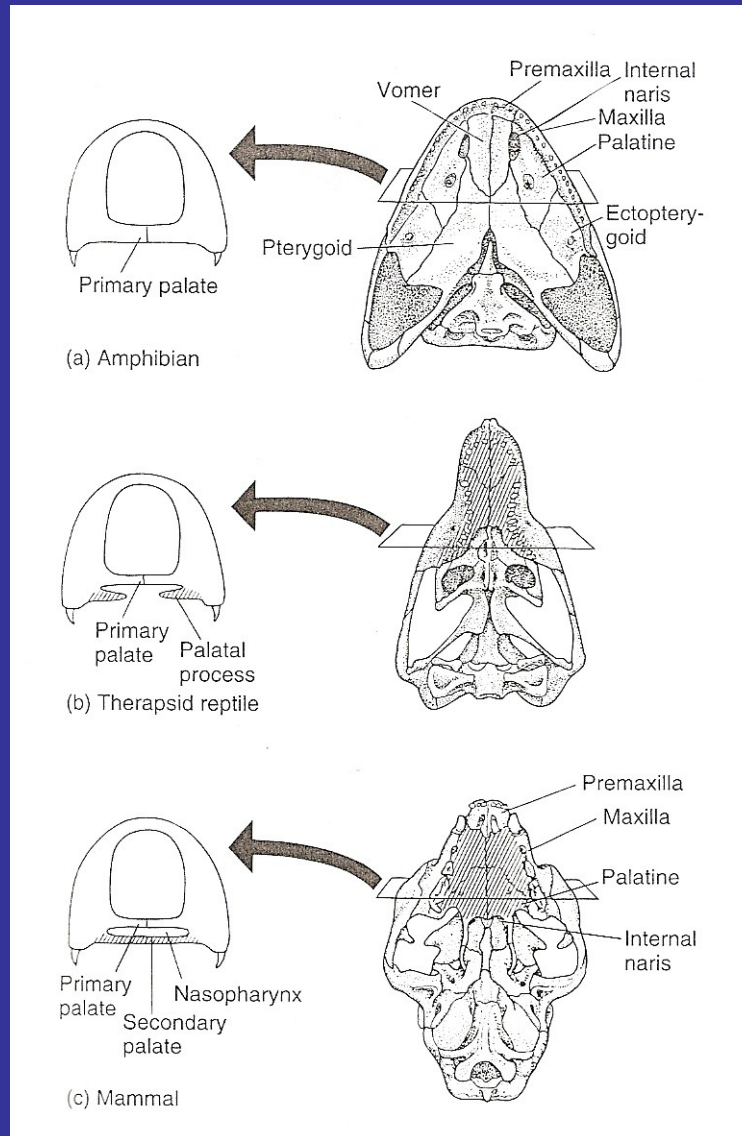




# Tayassuidae

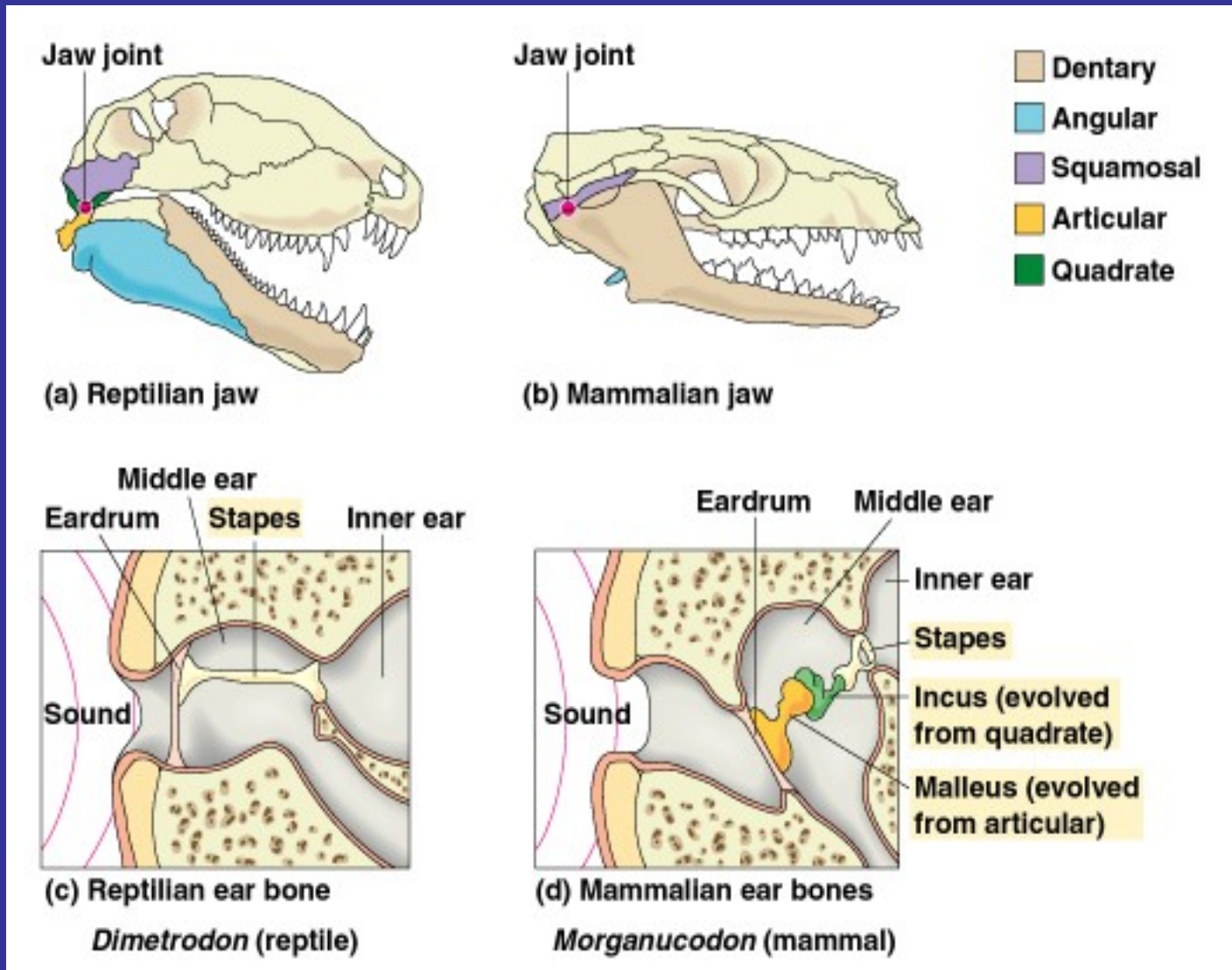


# Presença de palato secundário





- Ossos mandibulares modificados para audição:
  - Estribo
  - Martelo
  - Bigorna



# Esqueleto pós-craniano

- Esqueleto Axial:

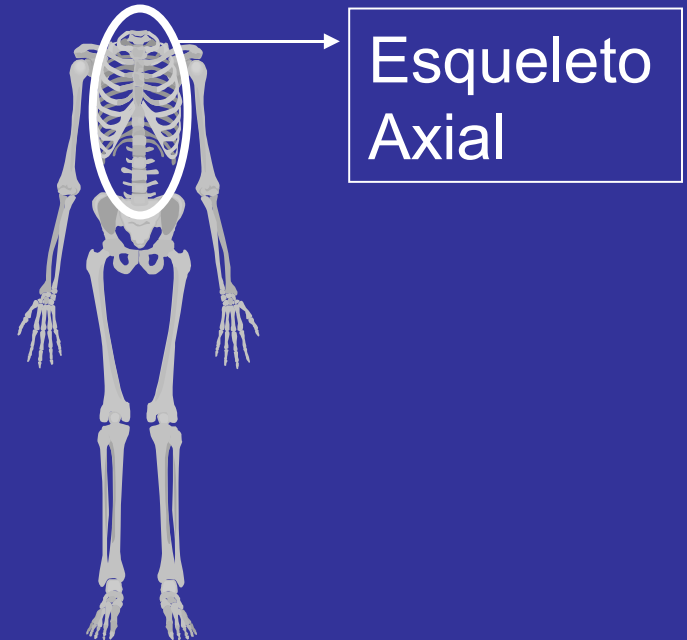
- Notocorda

- Coluna vertebral (vértebras)
- Discos intervertebrais

- Costelas

- Esterno

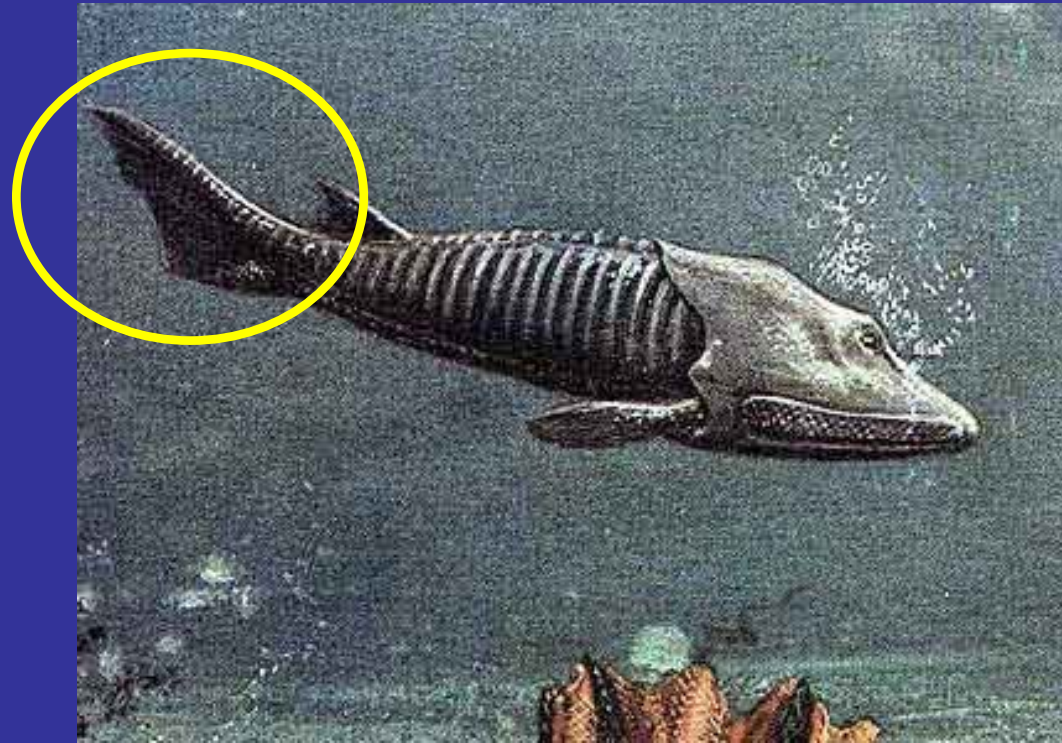
- Gastralia (semelhante ao esterno, porém situado no abdômen)



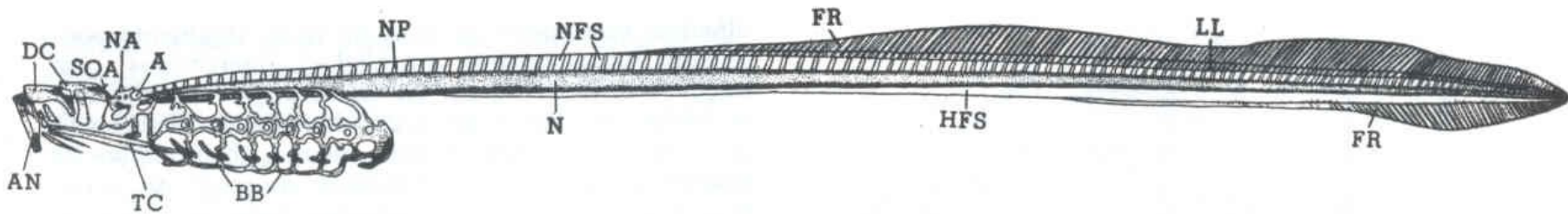


# Agnatos

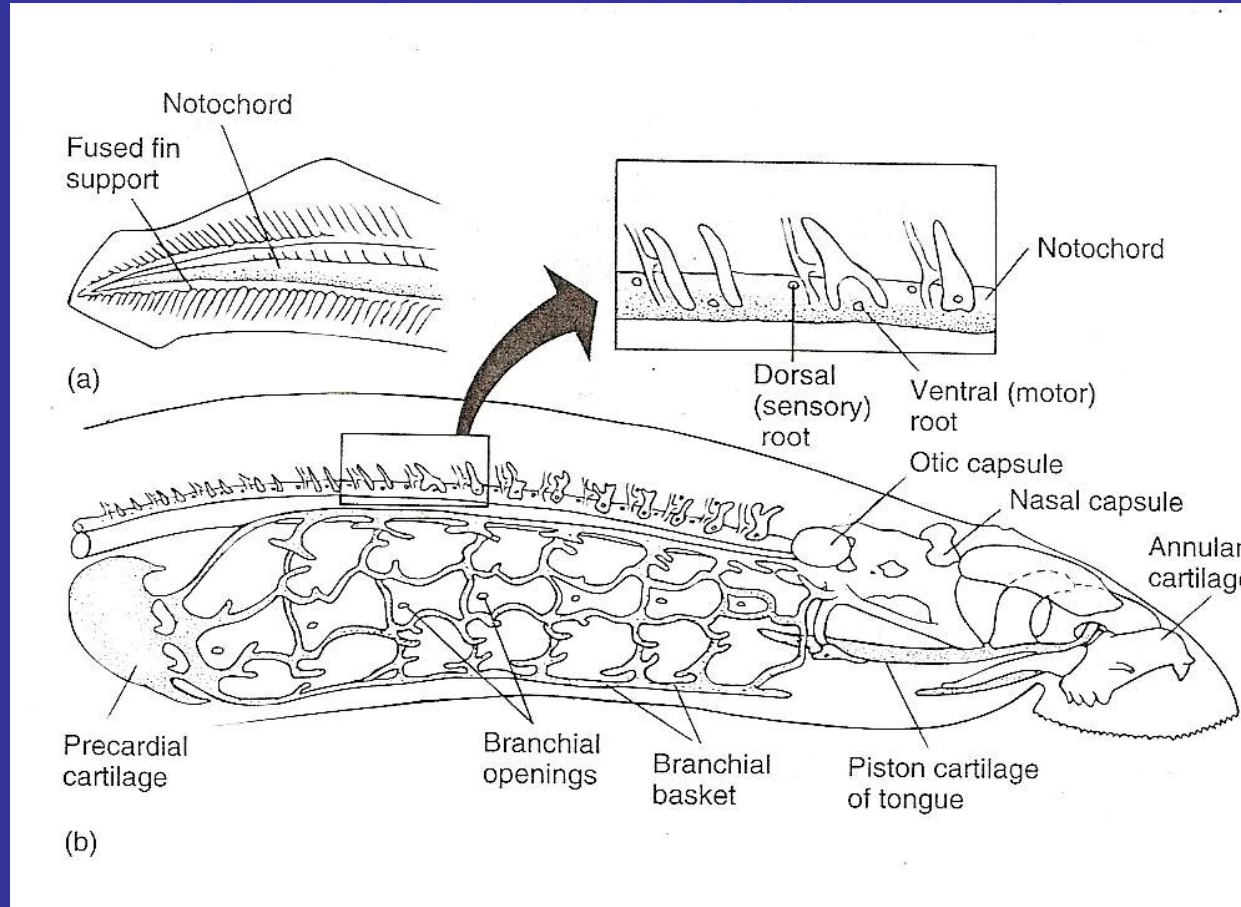
- Ostracodermes:
  - Notocorda com proeminências não ossificadas (traços vertebrais)
  - Sem costelas
  - Cauda heterocerca (notocorda culmina na porção superior da cauda)



- Ciclostomados:
  - Notocorda
  - Cauda **dificerca** (notocorda última porção caudal)
  - Vertébras presentes em petromyzontoidea (Lampréia) – os arcuálios
  - Sem costelas

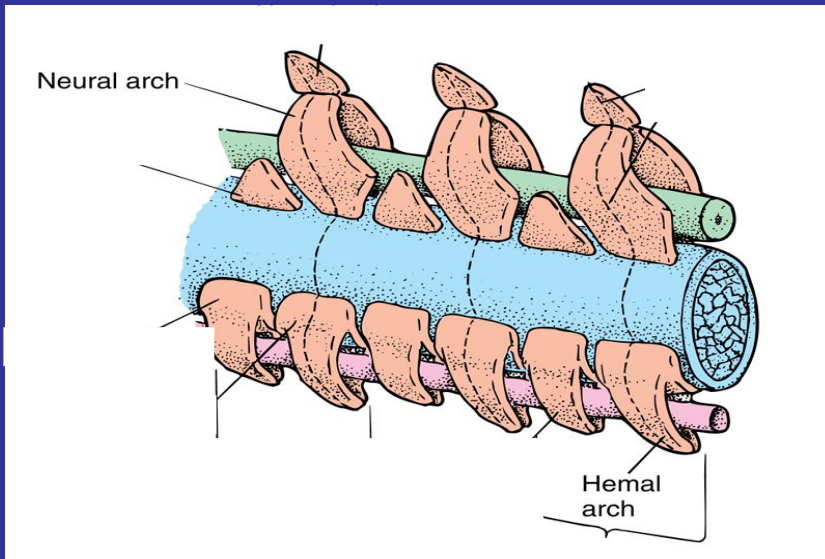


# Arcuális – Vértebras primitivas



# Placodermes

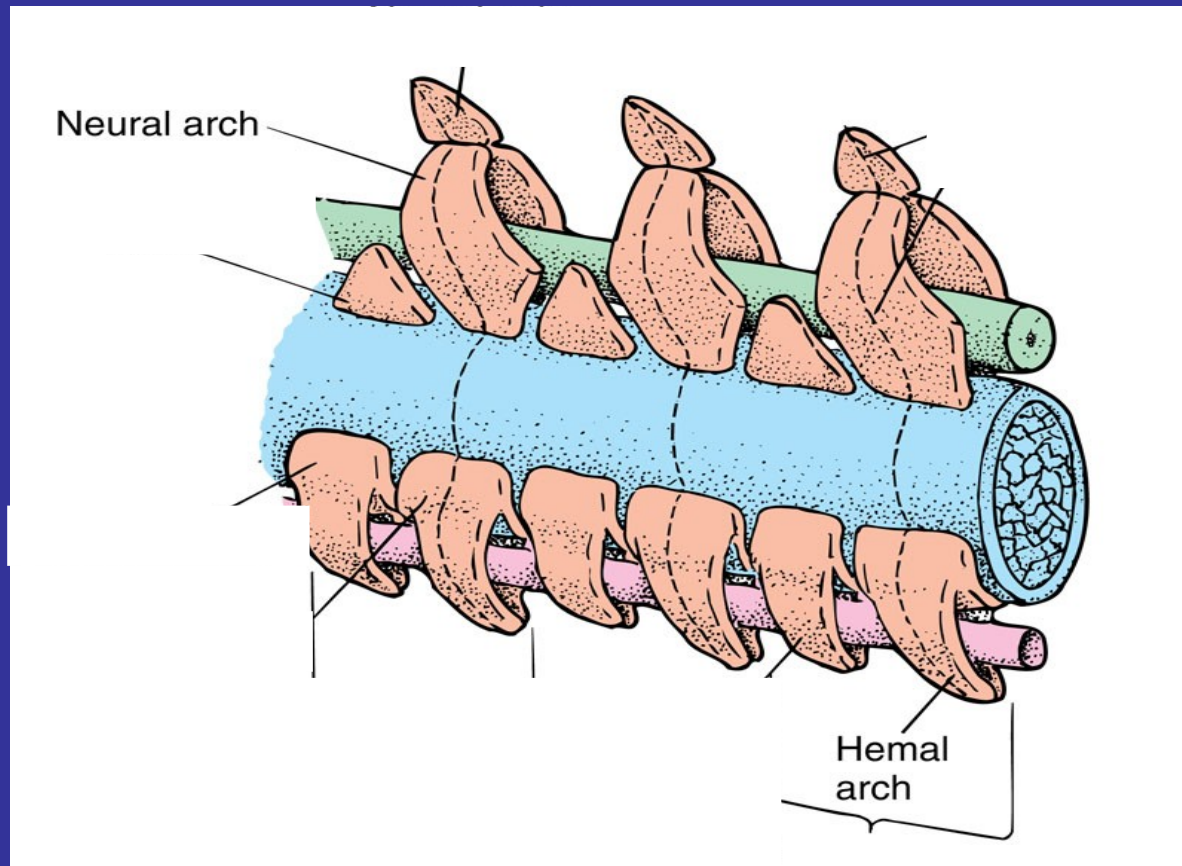
- Notocorda suporta arco neural e hemal (ossificado)
- Cauda heterocerca
- Sem costelas





# Chondrichthyes

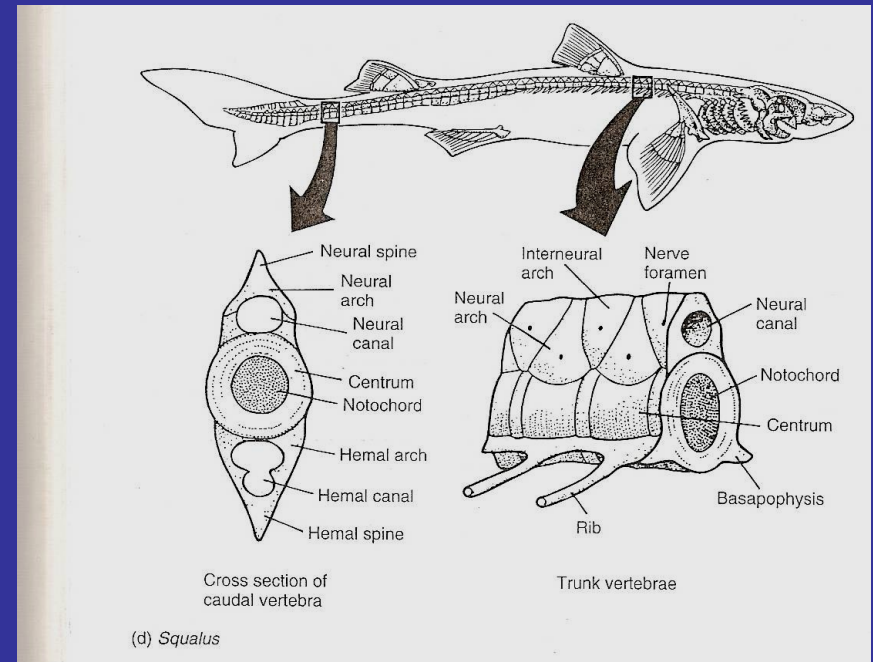
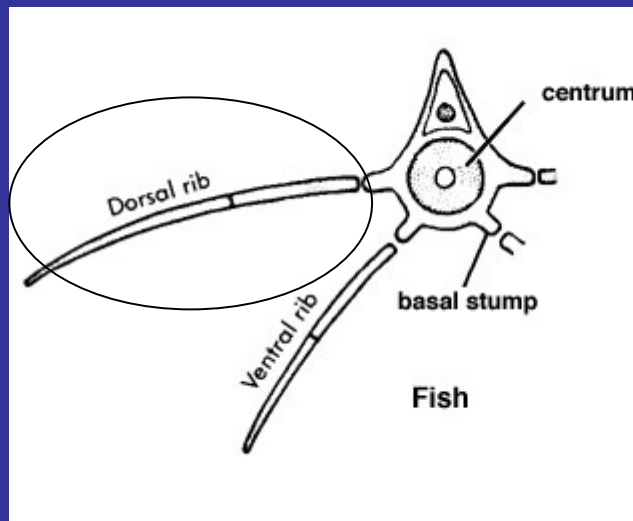
- Primitivos:
  - Notocorda, e surgimento de vértebras com arco neural e arco hemal (cartilagosos)



# Chondrichthyes

- Atuais:

- Vértebras mais unidas, constringindo a notocorda, com aumento dos arcos hemal e neural.
- Surgimento da coluna vertebral
- Vértebras anficélicas – bicôncava
- Diferenças nas vértebras do tronco das da cauda
- Costelas dorsais



# Cauda heterocerca



**Tubarão Tigre**  
*Galeocerdo cuvier*



**Tubarão Branco e Mako**  
*Carcharodon carcharias*  
*Isurus oxyrinchus*



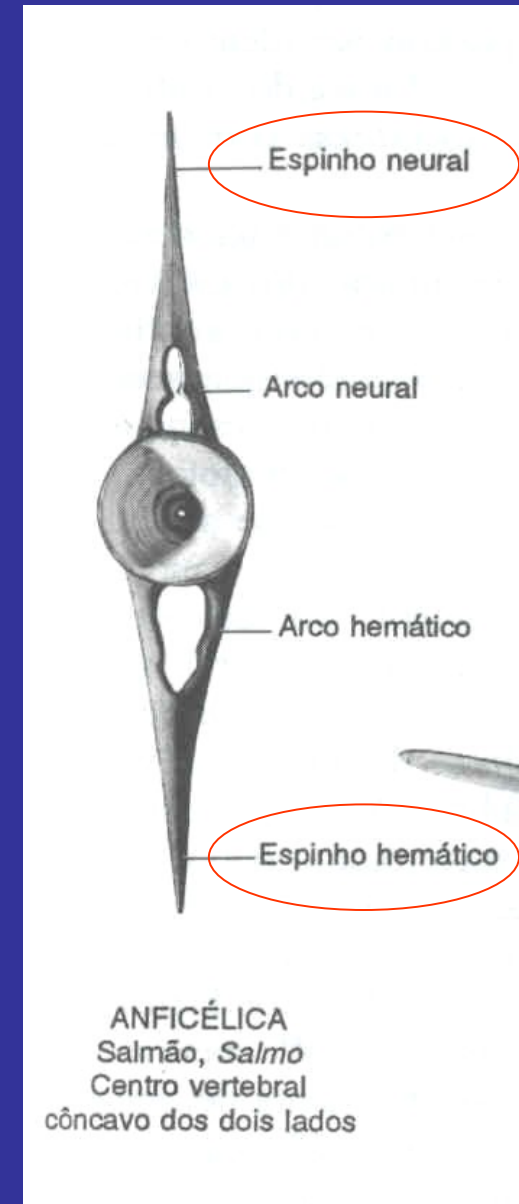
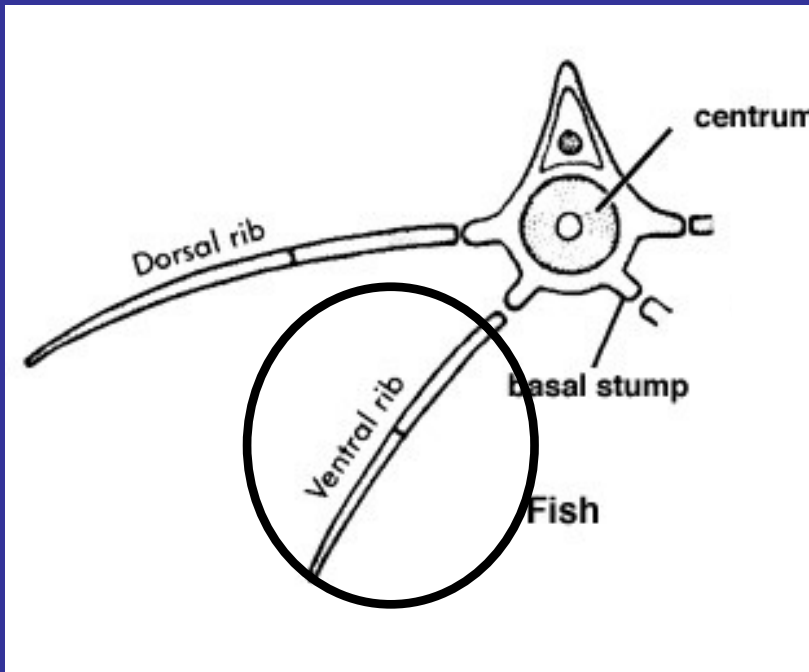
**Tubarão Raposa**  
*Alopias vulpinus*



**Cação Lixa**  
*Ginglymostoma cirratum*

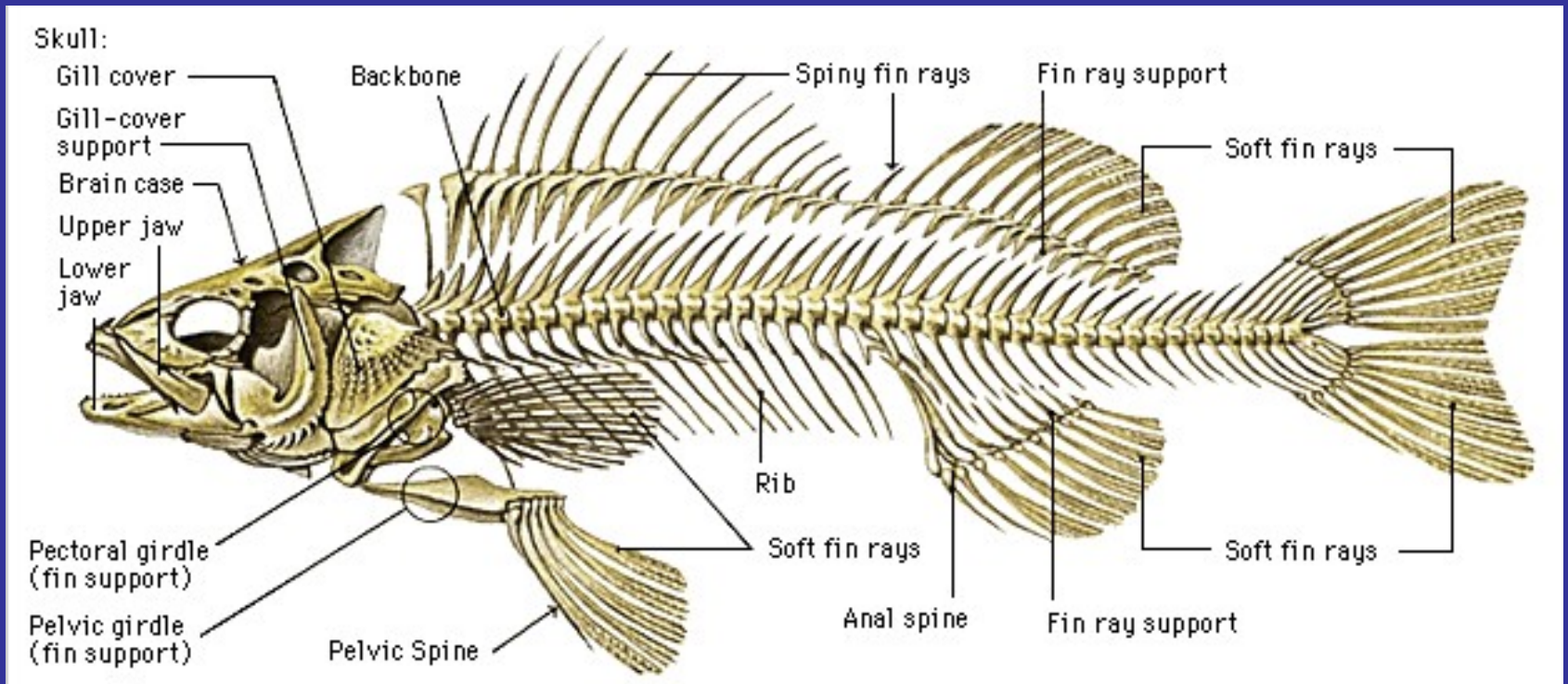
# Actinopterygii

- Coluna vertebral ossificada
- Vértébras anficélicas - bicôncavas
- Espinhos neurais e hemais mais desenvolvidos
- Ligamentos intervertebrais fortes, mais resistentes a torção
- Costelas ventrais e mais desenvolvidas



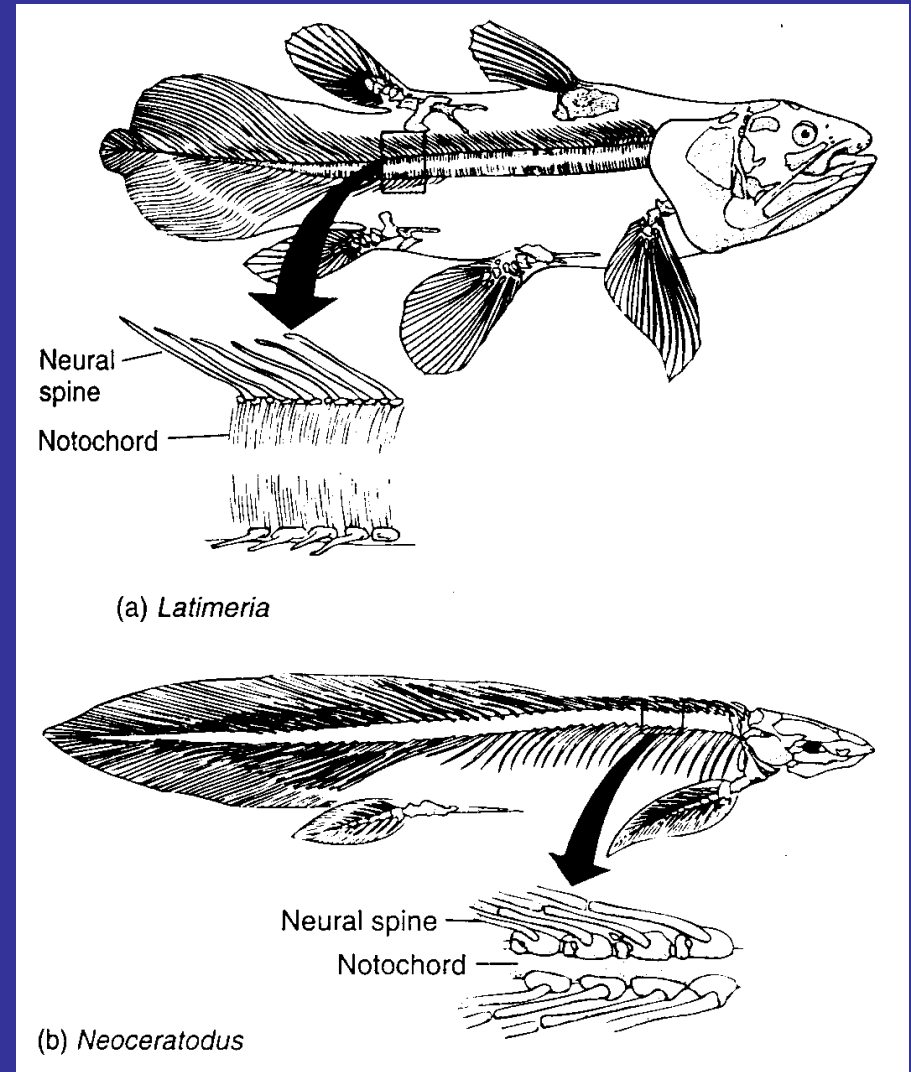


# Cauda homocerca



# Sarcopterygii

- Coluna rudimentar ou cartilaginosa
- **Notocorda** fornece a principal sustentação corpórea
- Vértebra composta por arco neural e hemal, com redução do arco hemal no tronco
- Costelas diminuídas
- Cauda dificerca



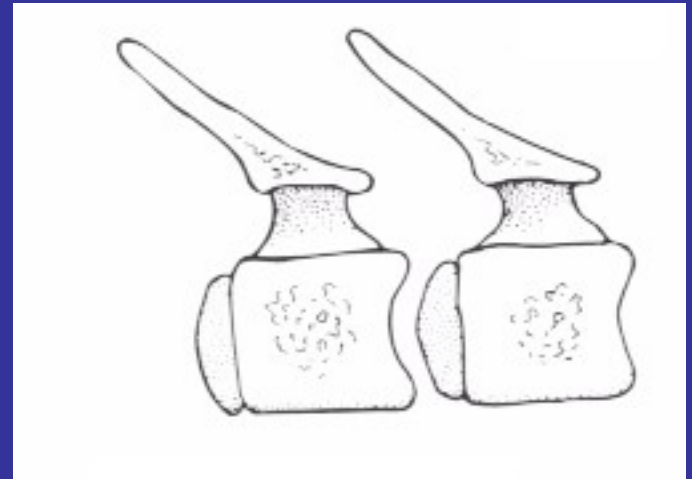


# TETRAPODA



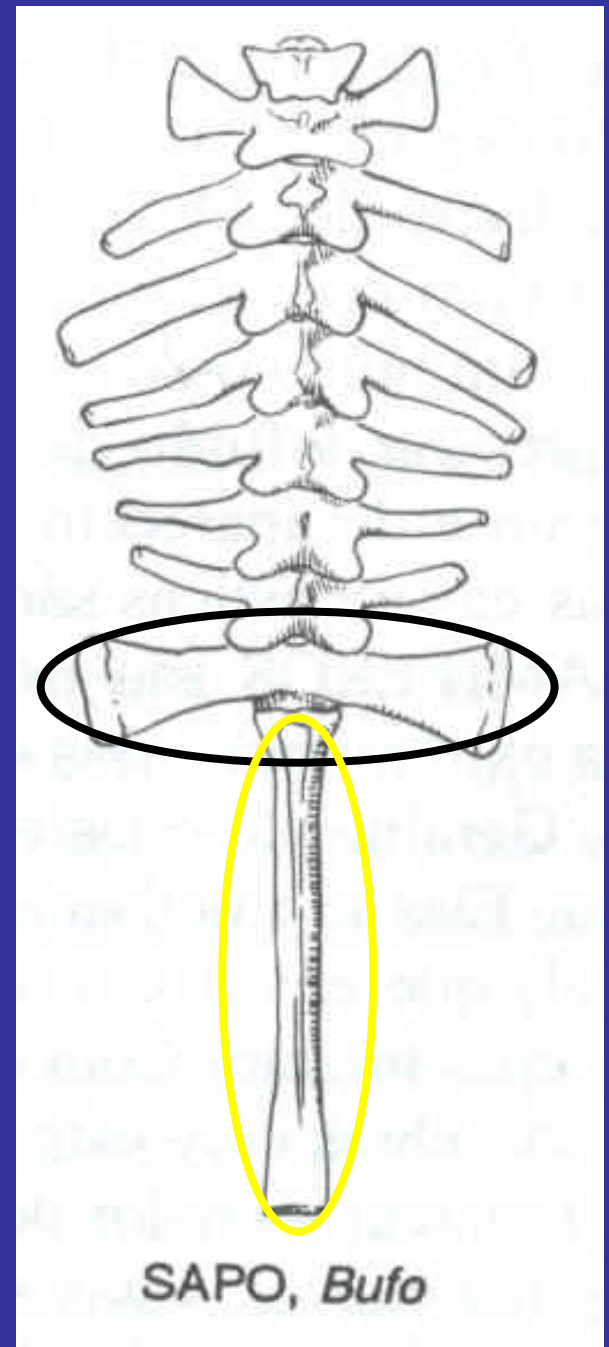
# Amphibia

- Ligação das vértebras pelo processo de zigapófise (+ resistência)
- Vértebras procélicas (+mobilidade)

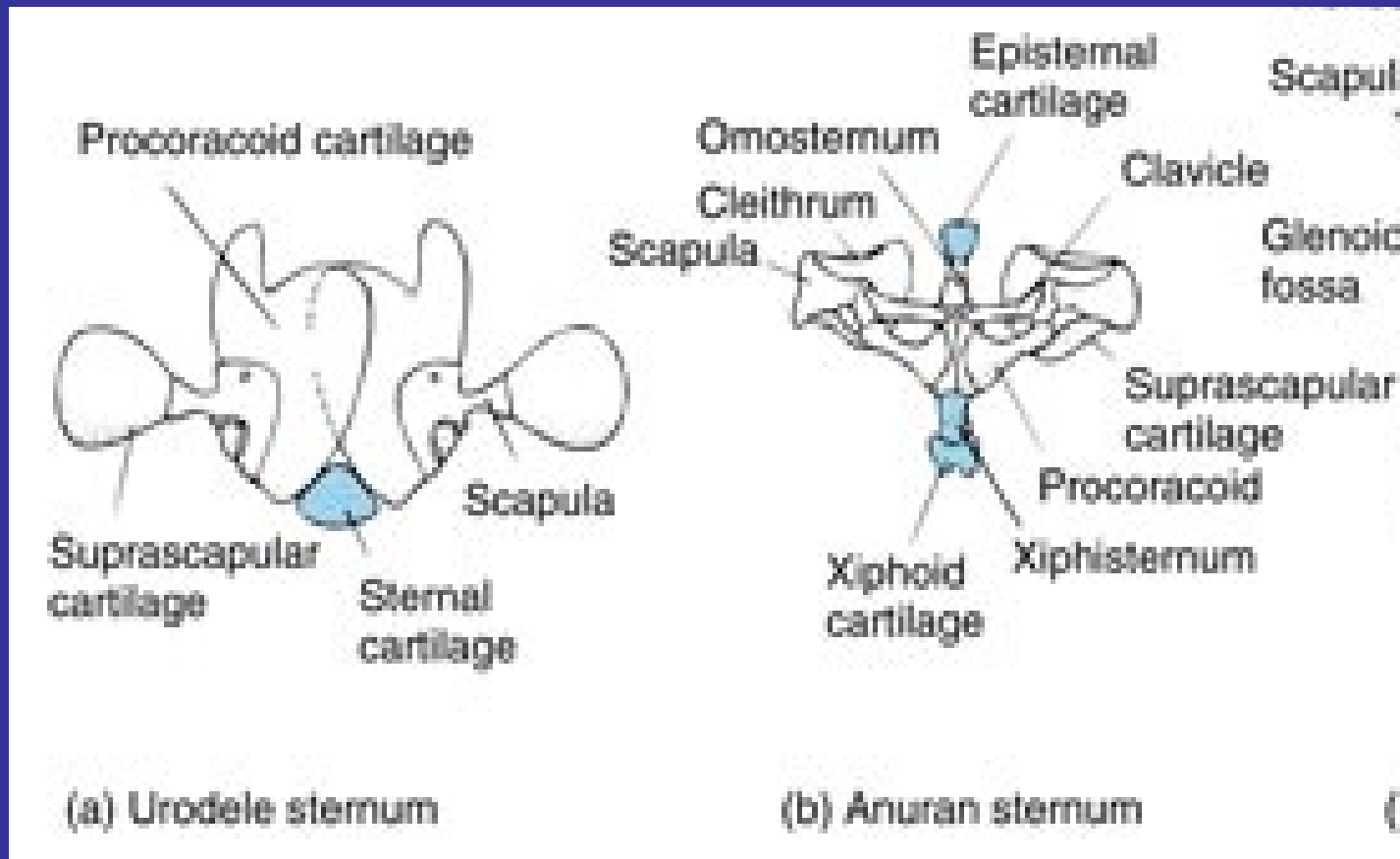




- 1° e/ou 2° costelas diferenciadas para aumentar a mobilidade cranial
- Fusão das vértebras sacrais a cintura pelvina – 1 vértebra sacral
- Vértebras caudais fundidas – **uróstilo** (anura)
- Costelas são menores, mais rígidas e mais craniais

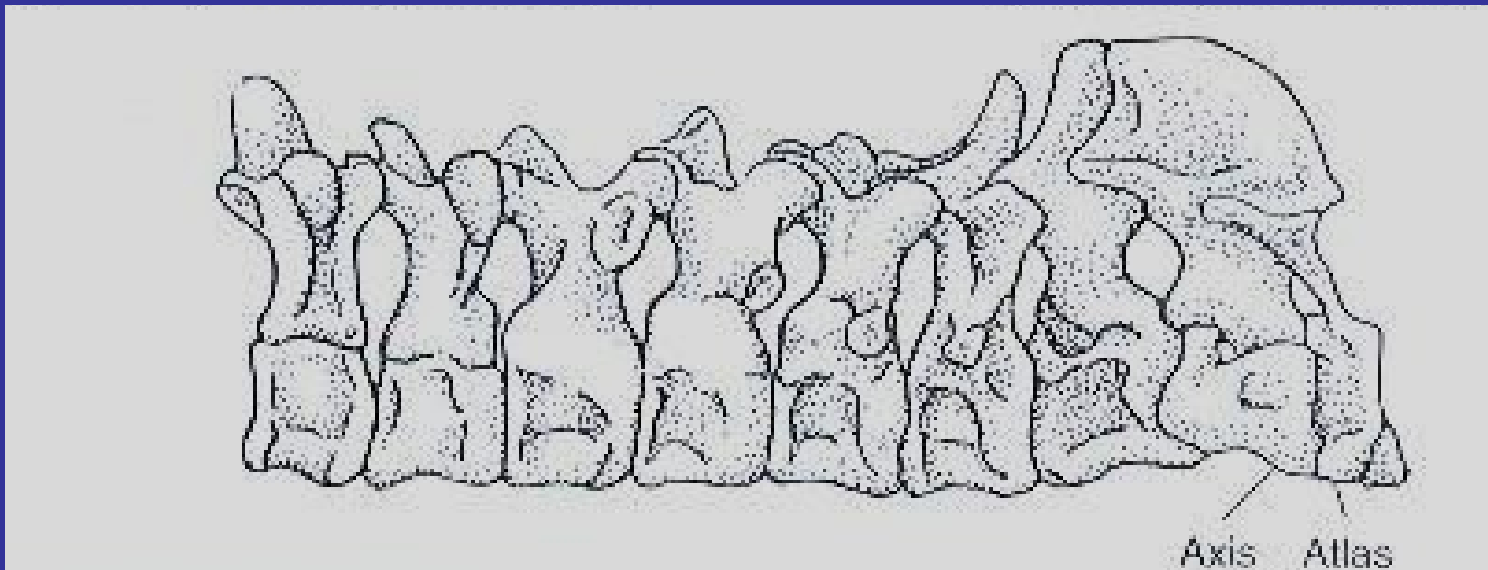


- Surgimento do esterno

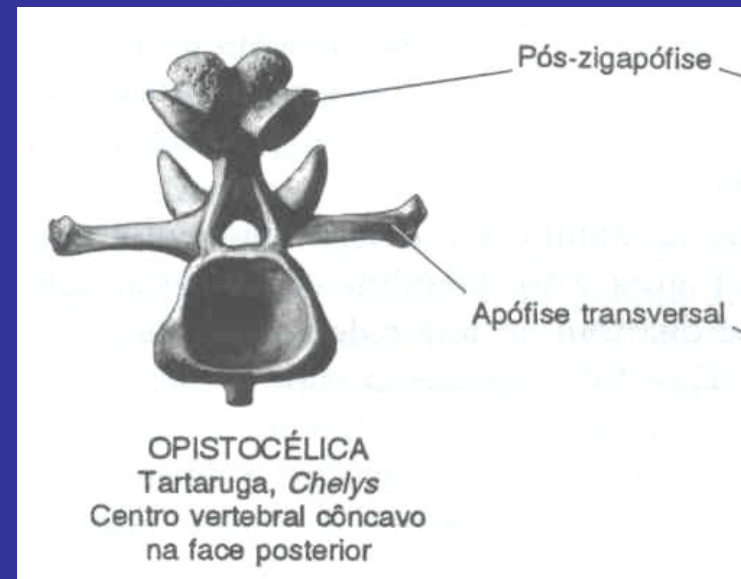
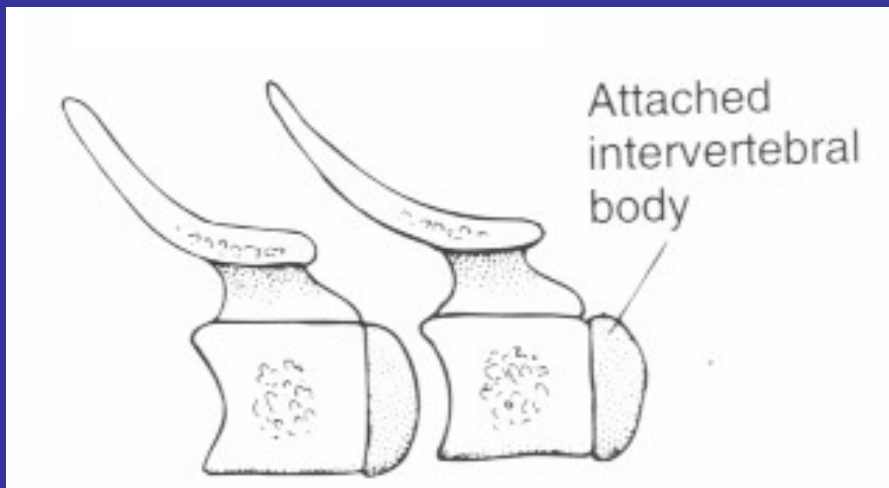


# Reptilia

- As duas primeiras vértebras modificadas em atlas e axis



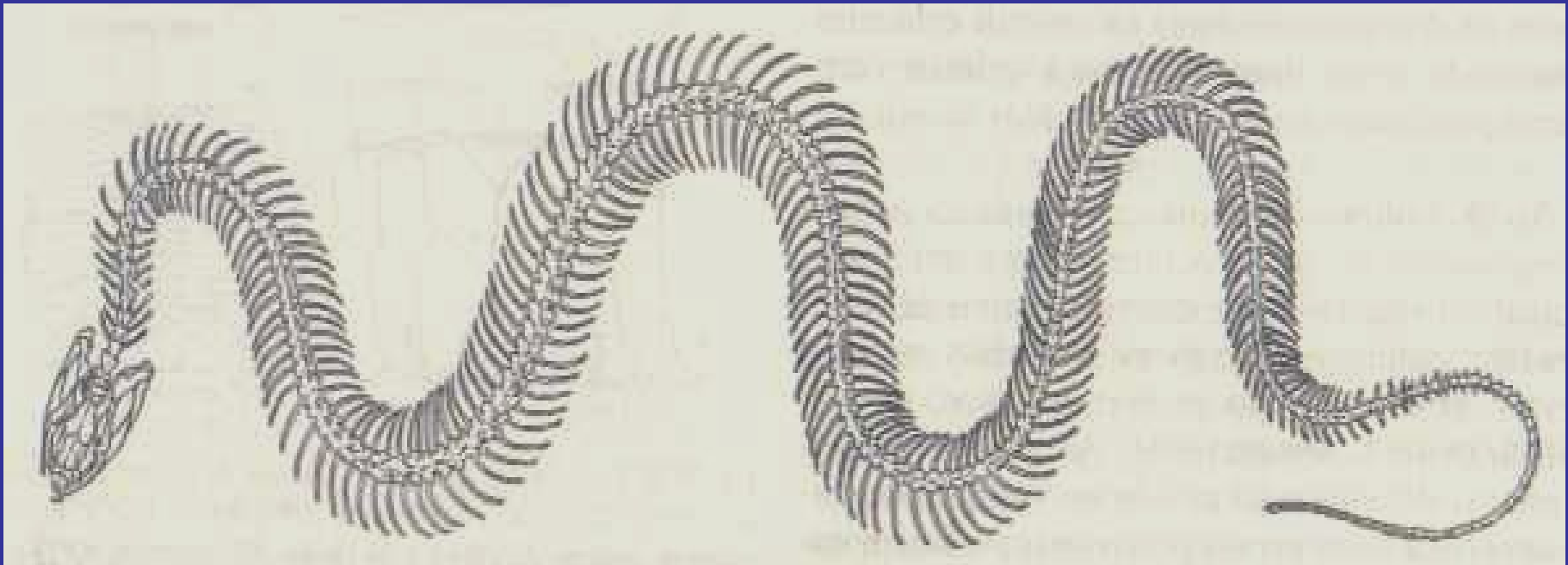
- As vértebras são geralmente opistocélicas, ou seja, apresentam concavidade posterior.
- Presença de zigapófise
- Esterno: cartilaginoso, encontrado apenas em lagartos e crocodilianos.





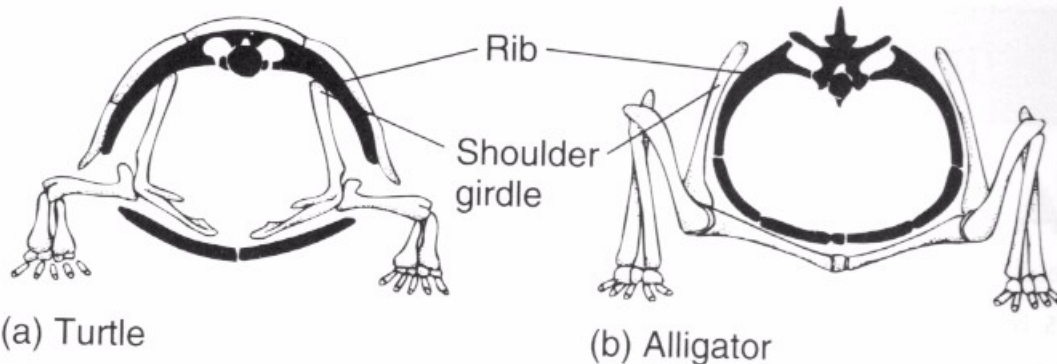
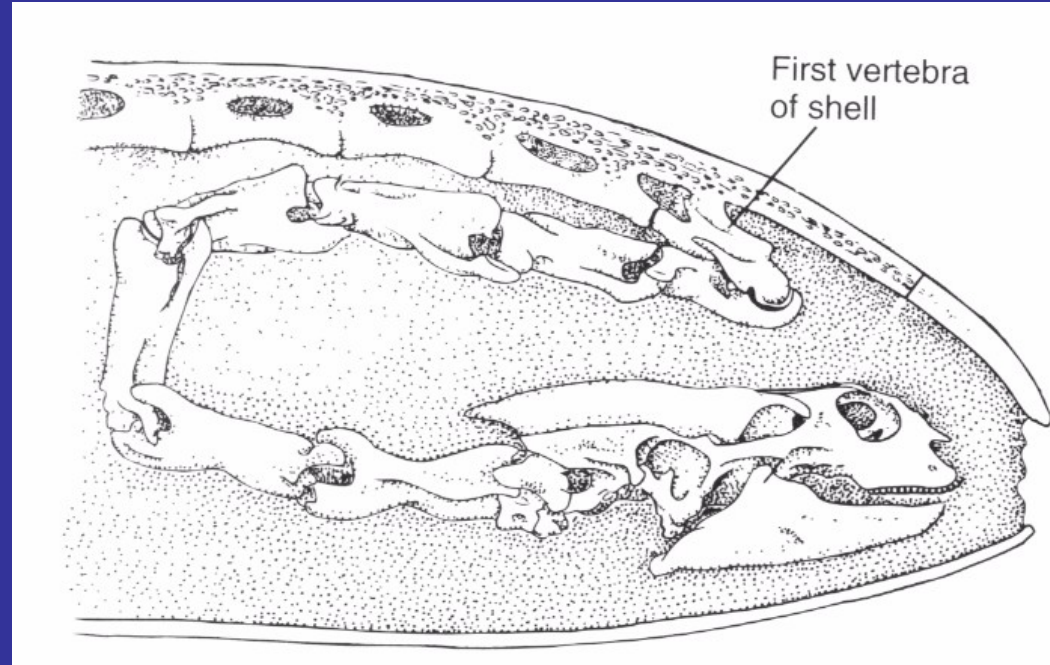
# Ofídios

- Nos ofídios há ausência do esterno, apresentando costelas flutuantes - permite uma dilatação considerável do corpo
- Zigapófises mais fortes, com estruturas acessórias (zigosfeno e zigantrum)



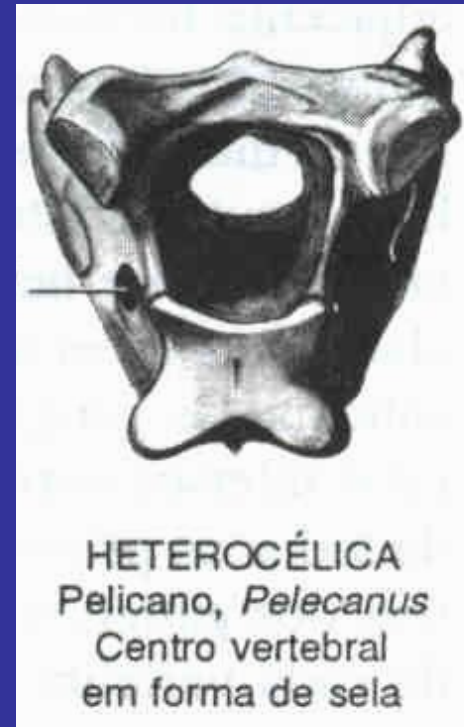
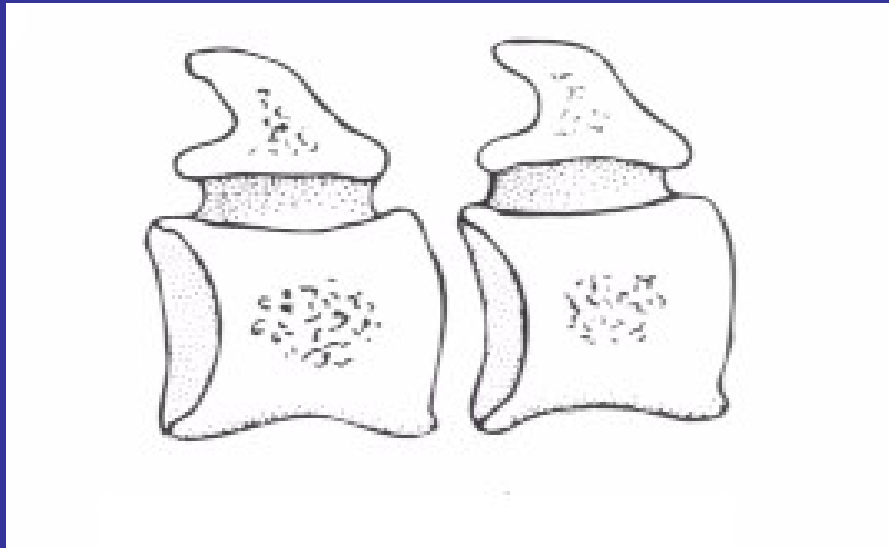
# Quelônios

- Vértexes geralmente estão soldadas na carapaça dorsal
- Costelas fusionadas
- Único grupo em que as costelas estão englobadas pela cintura

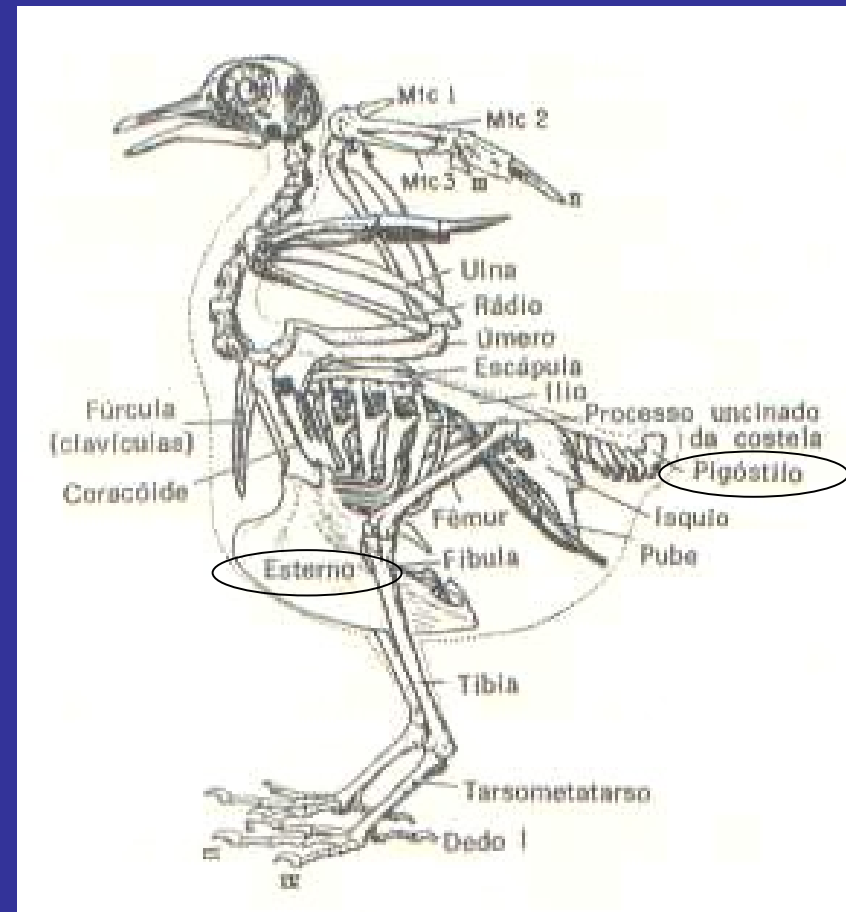
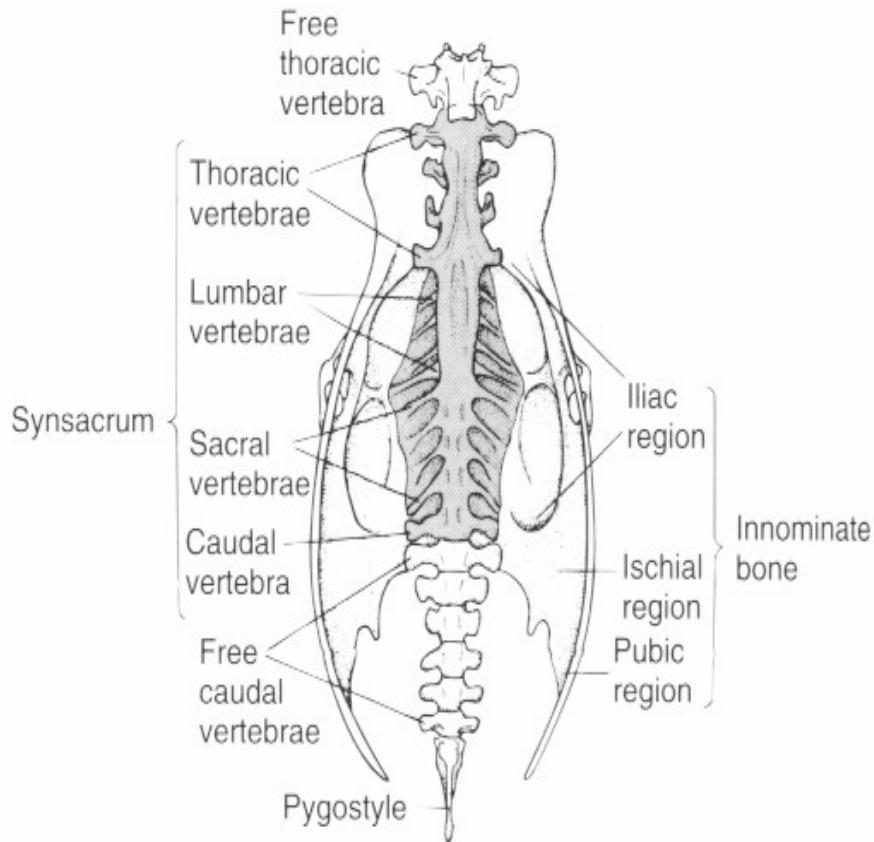


# Aves

- Vértebras cervicais móveis, heterocélicas
- Costelas fusionadas ao esterno



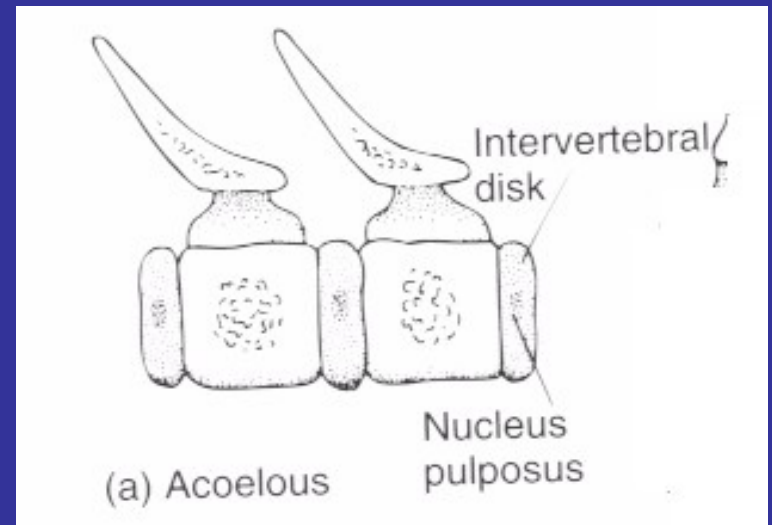
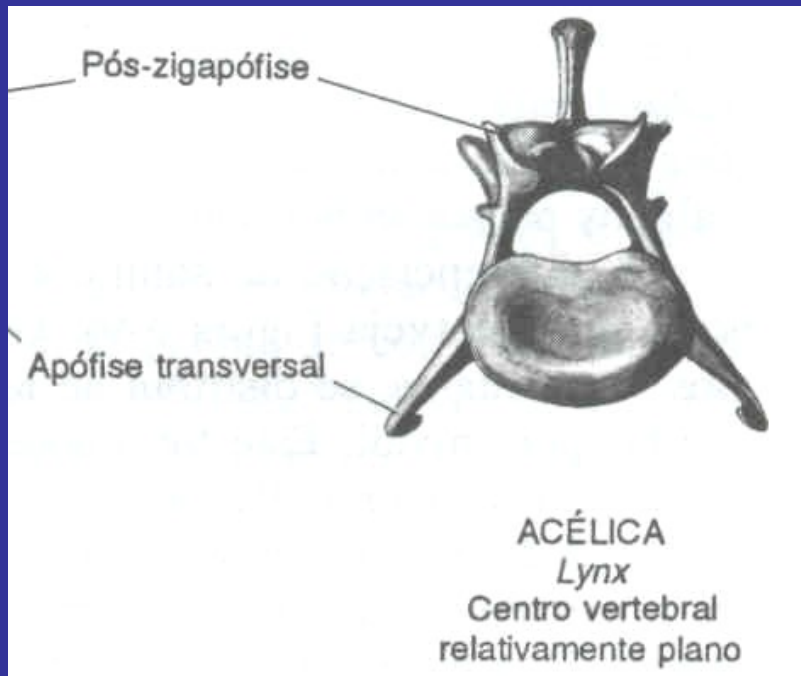
- Coluna vertebral, vértebras torácicas, lombar e sacral fusionadas – Sinsacro
- Pigóstilo (osso laminar caudal)
- Esterno ossificado em quilha proeminente



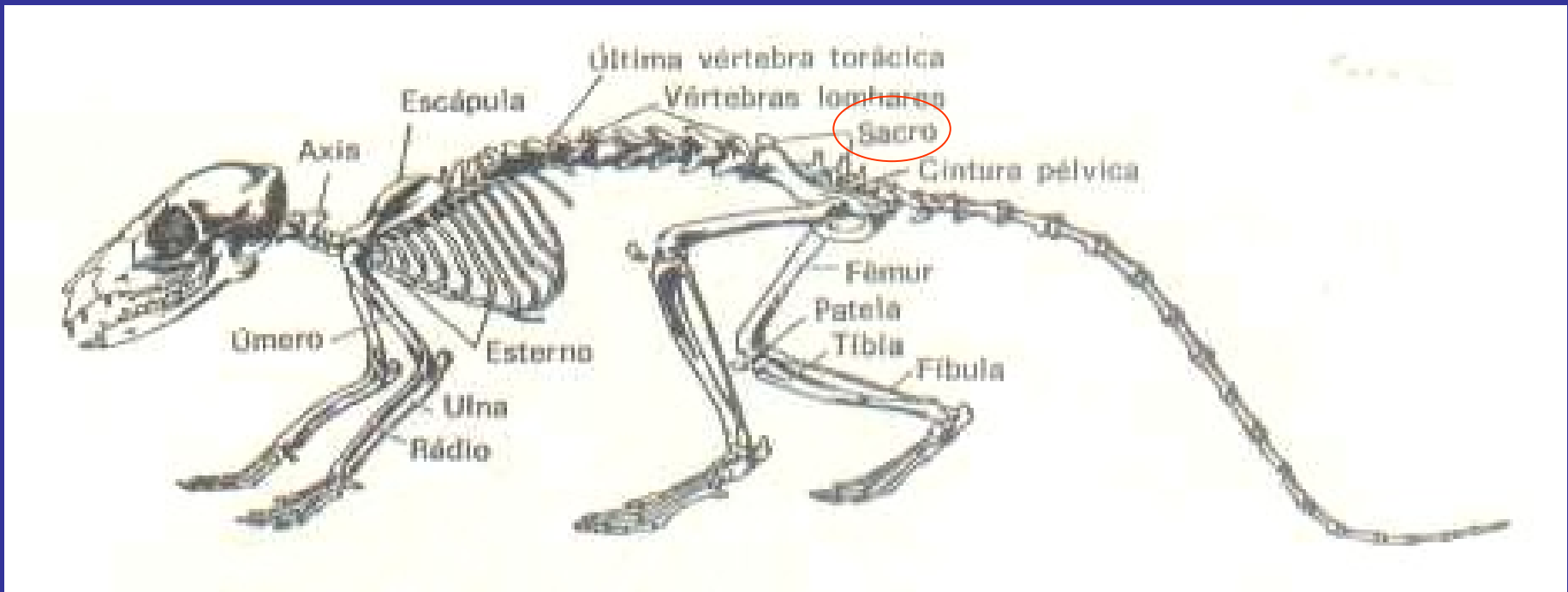


# Mammalia

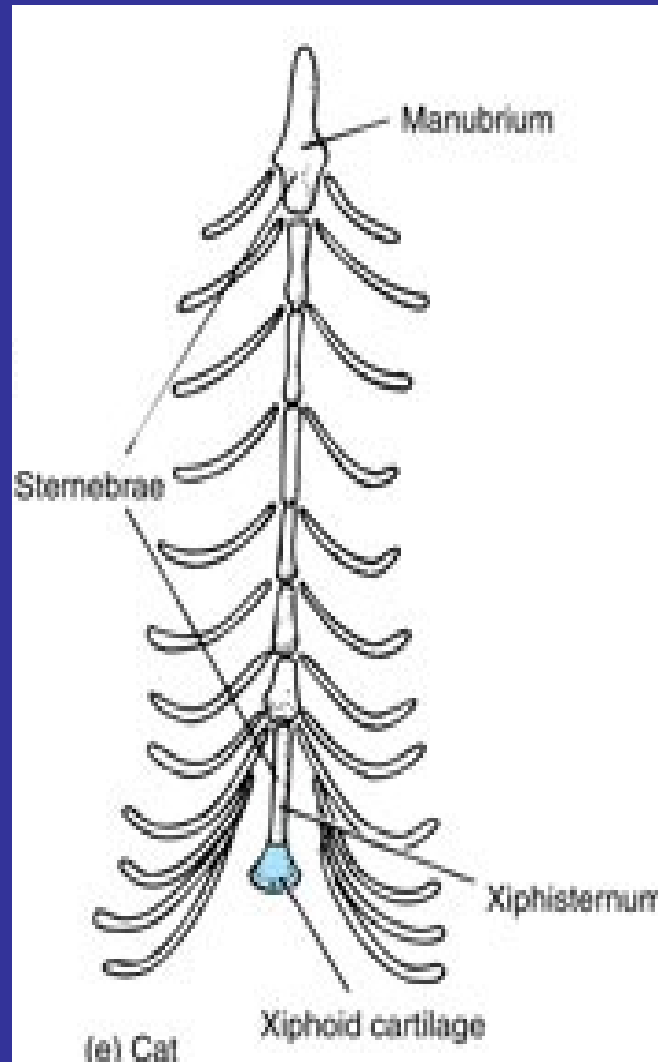
- Vértèbras acélicas, separadas por discos intervertebrais (resquícios da notocorda)



- 3 vértebras sacrais formando o sacro
- 7 vértebras cervicais
- Presença do atlas (zigapófise aumentada) e axis



- Esterno ósseo composto por: Manubrium, sternebrium e xiphisternum



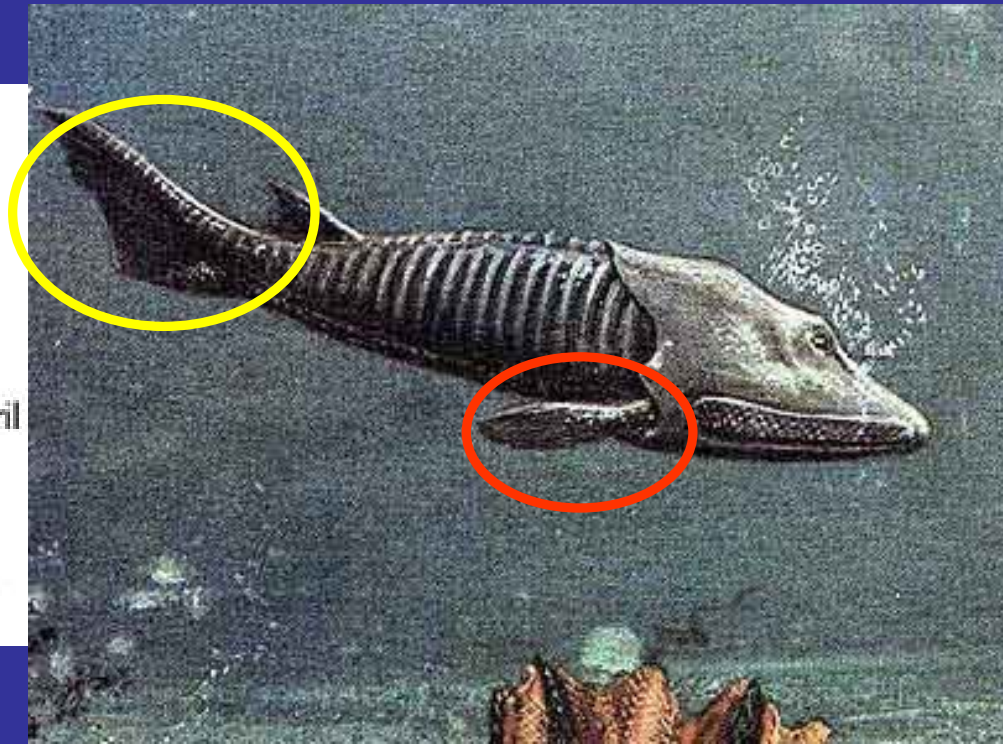
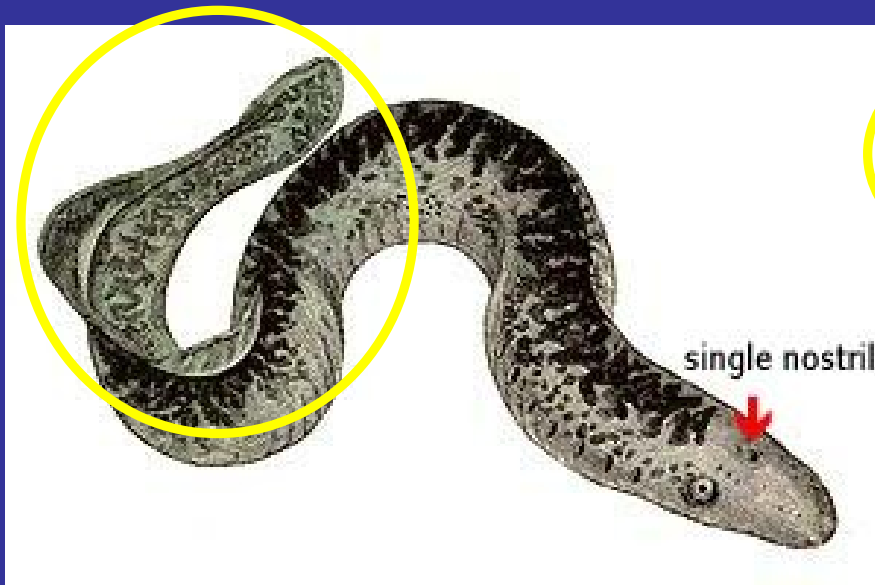
# Esqueleto apendicular

- Inclui nadadeiras pares, membros pares e suas respectivas cinturas
- Funções de :
  - Suporte
  - Locomoção
  - Alimentação
  - Proteção
  - Reprodução



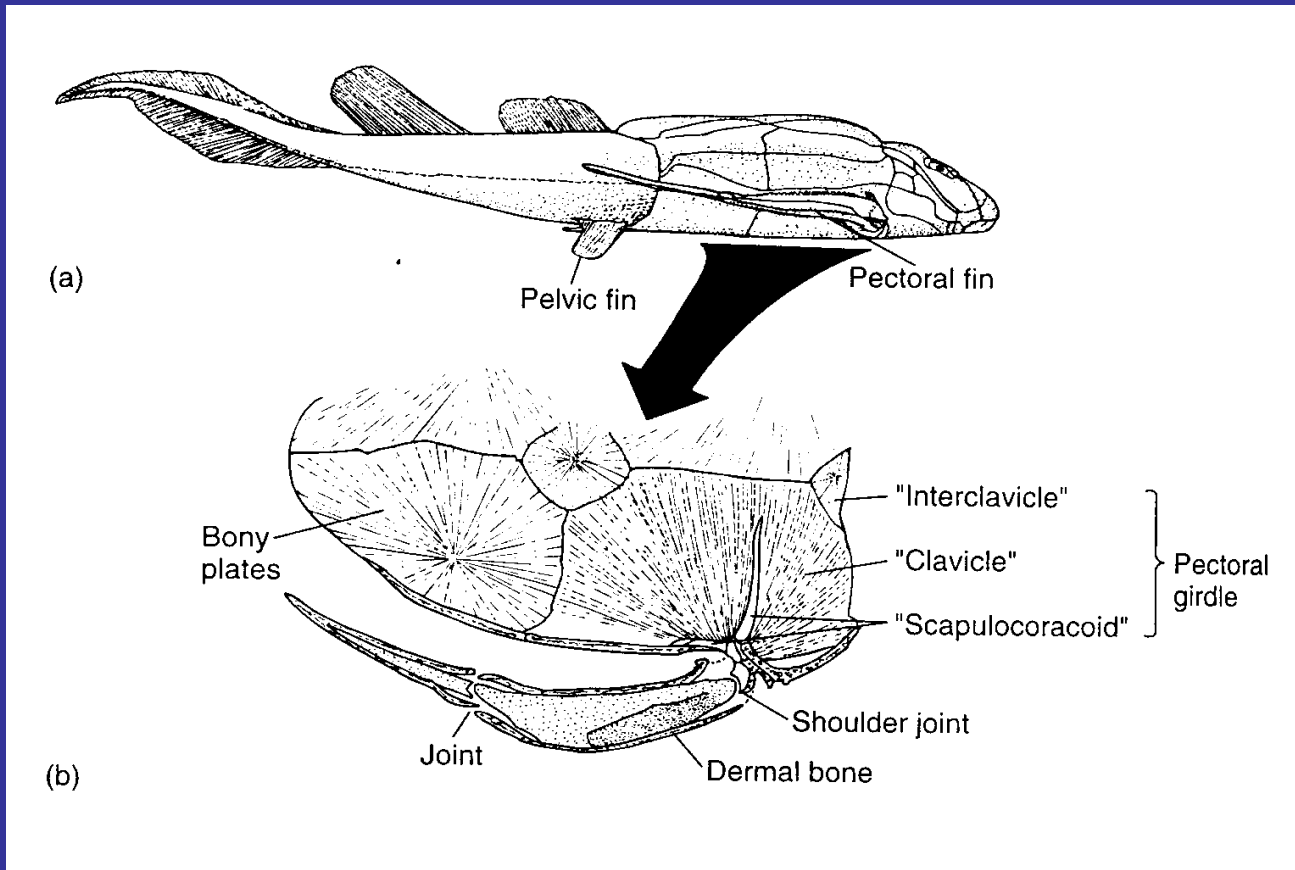
# Agnatas

- Nadadeira caudal
- Nadadeiras peitorais e pélvicas ausentes
- Projeções de espinhos chatos que auxiliavam no equilíbrio (ostracodermes)



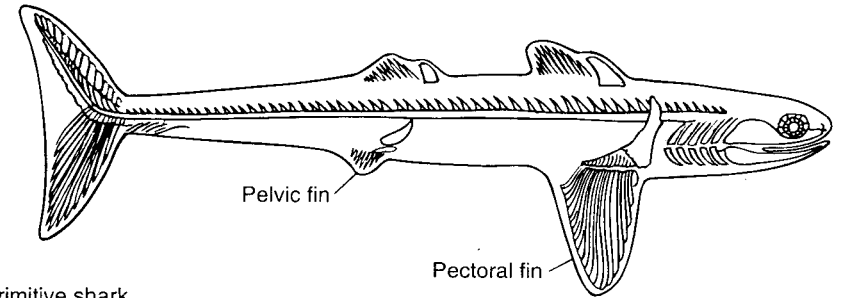
# Placodermi

- Cintura pélvica e peitoral presente
- Nadadeiras pélvicas e peitorais presentes, recobertas por ossos

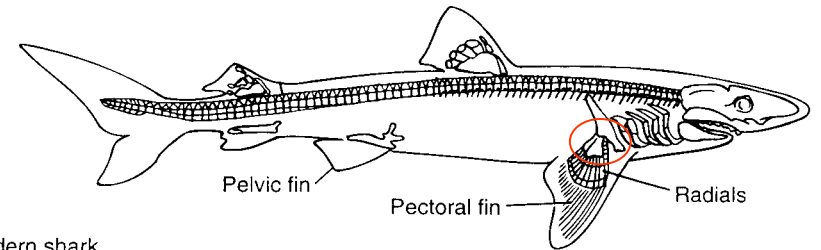


# Chondrichthyes

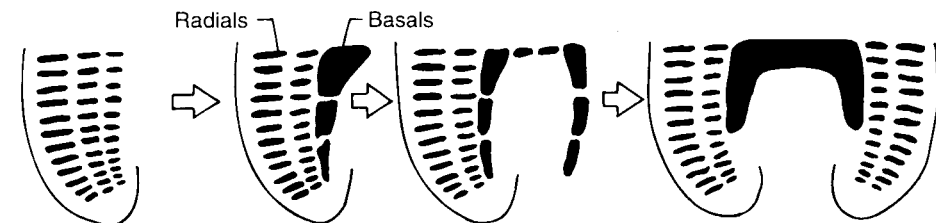
- Cintura pélvica e peitoral fusionadas em forma de U, denominadas de barra pubiásquica e escapulocaracóide, respectivamente;
- Propterígio origina as radiais
- Nadadeiras:
  - 2 dorsais
  - 1 anal
  - 1 caudal heterocerca
  - 1 pélvica (clásper)



(a) Primitive shark



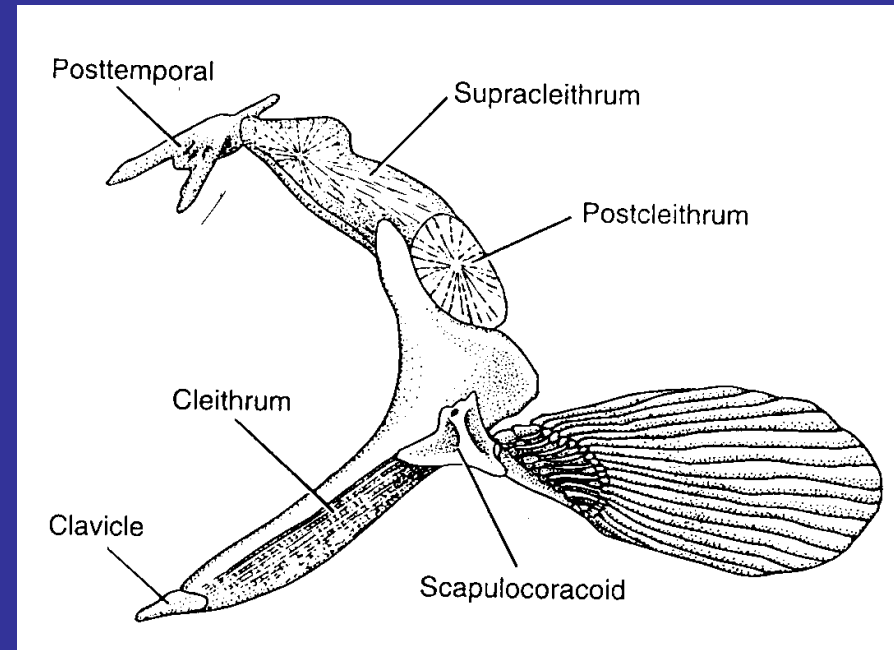
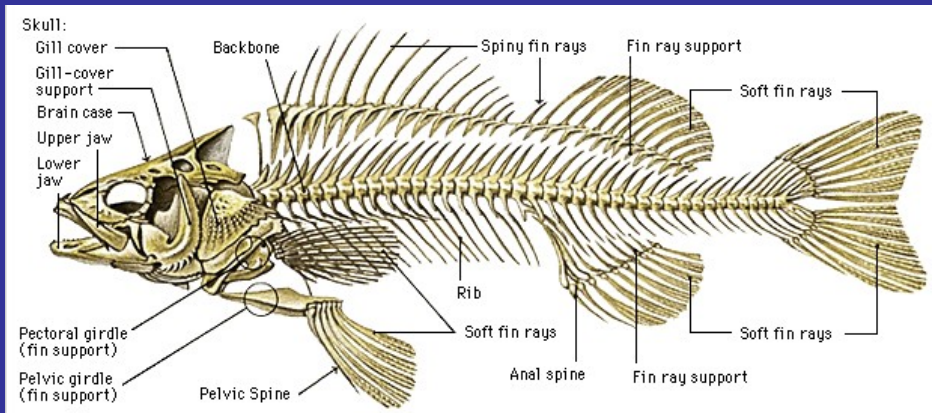
(b) Modern shark



(c) Origin of girdles

# Actinopterygii

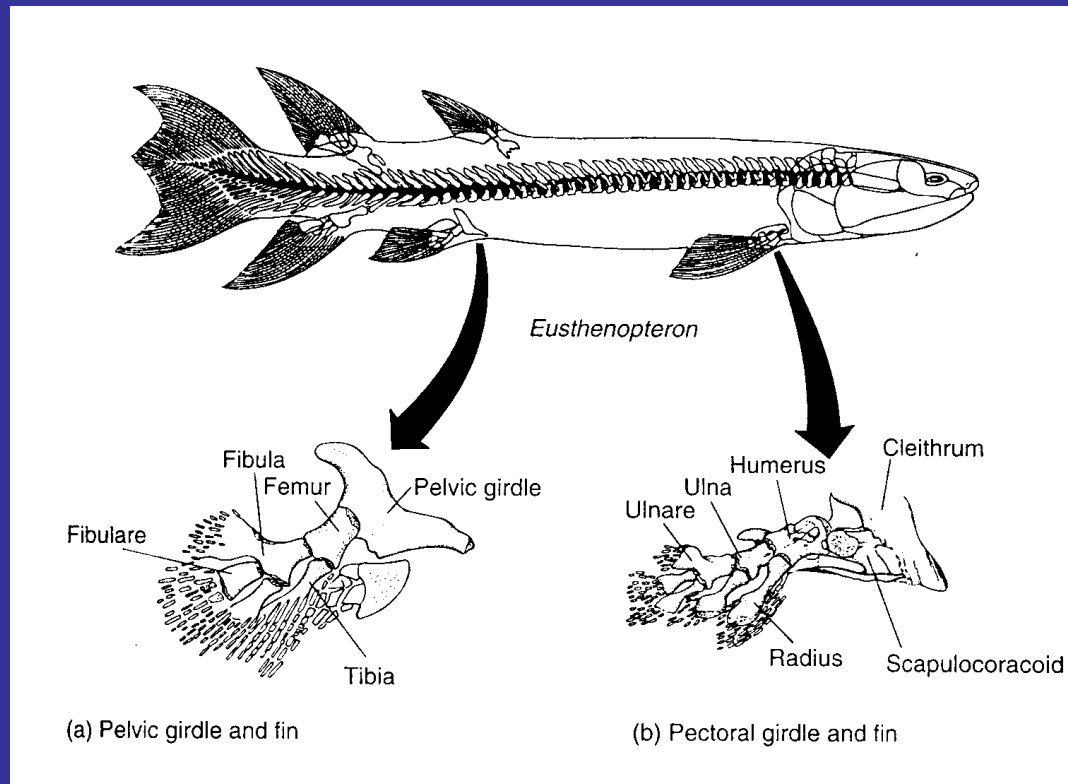
- Cintura peitoral semelhante aos chondrichthyes, porém é óssea
- Nadadeira se fixa a escapulocaracóide, que se fixa ao cleithrum
- Nadadeiras compostas por radiais ósseas





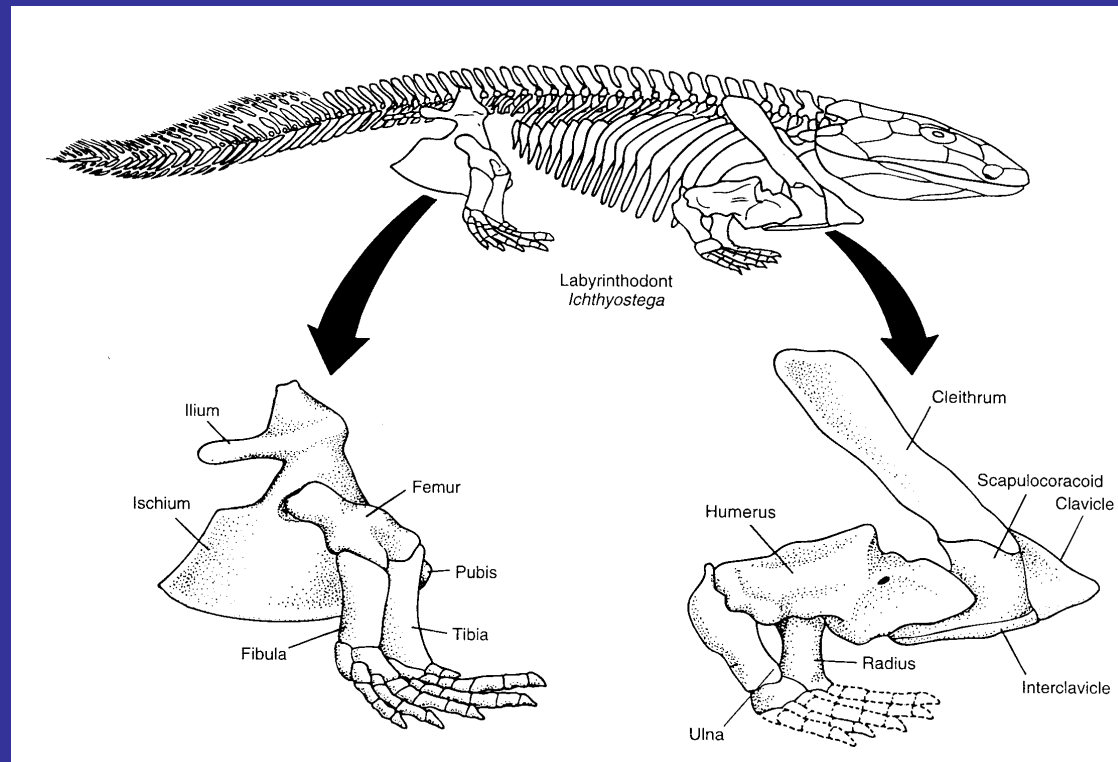
# Sarcopterygii

- Nadadeiras carnosas, articuladas, com um eixo ósseo como folha.
- Cintura peitoral se fixa mais fortemente a coluna, e ossos se fundem mais fixamente
- Fixação da cintura pélvica a coluna vertebral



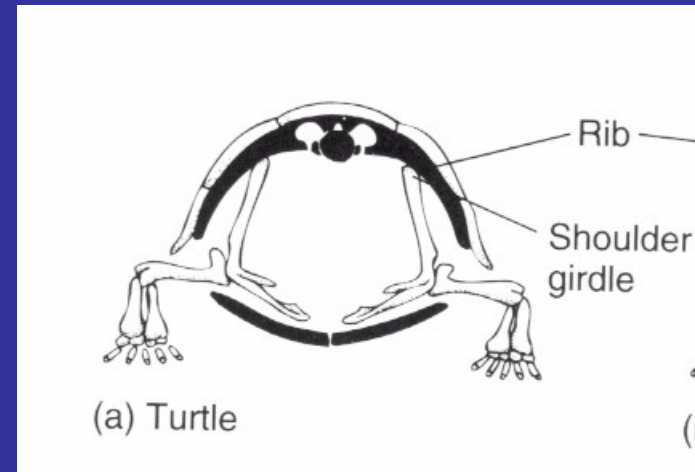
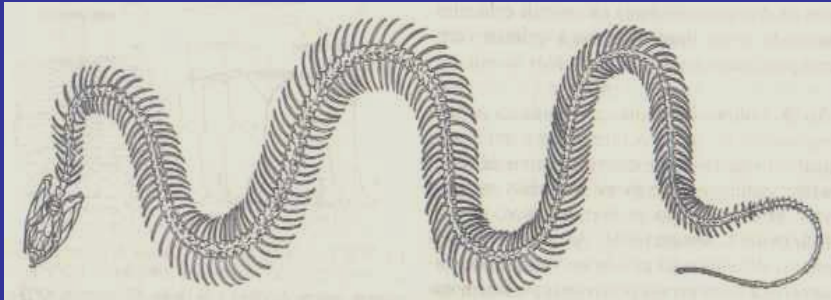
# Amphibia

- Cintura peitoral se separa da base do crânio
- Cintura e membros mais robustos e completamente ossificados
- Cintura pélvica é composta pela fusão do íleo, púbis e ísquio – região sacral
- Nadadeiras substituídas por dígitos – mão (4 dedos) pé (5 dedos)



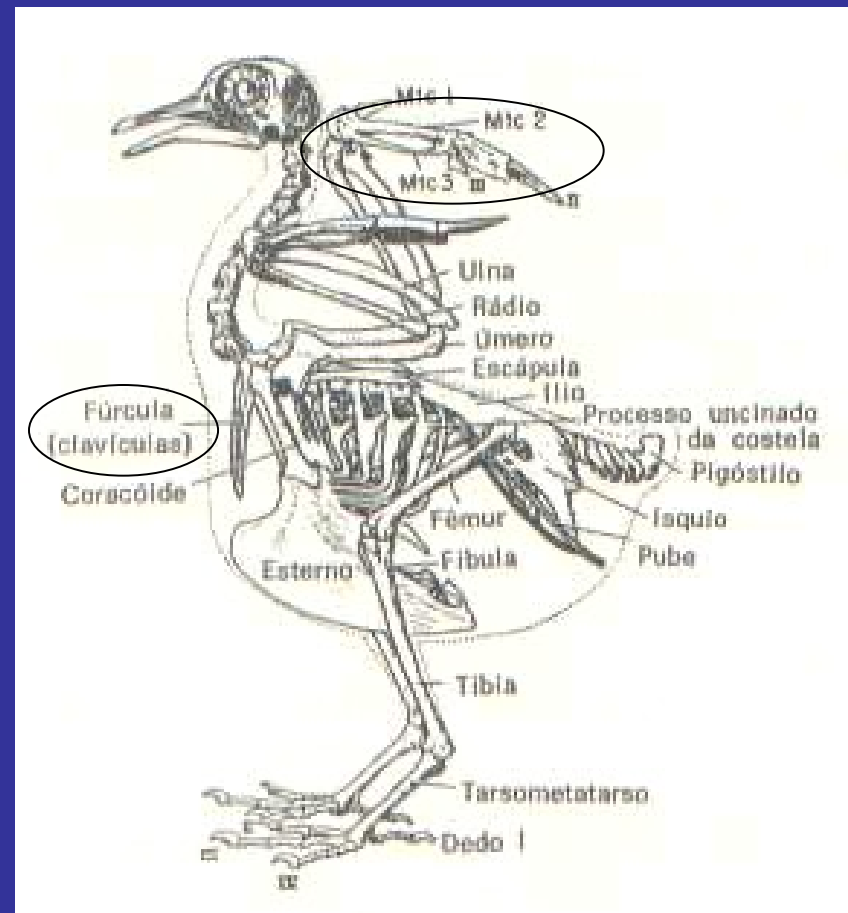
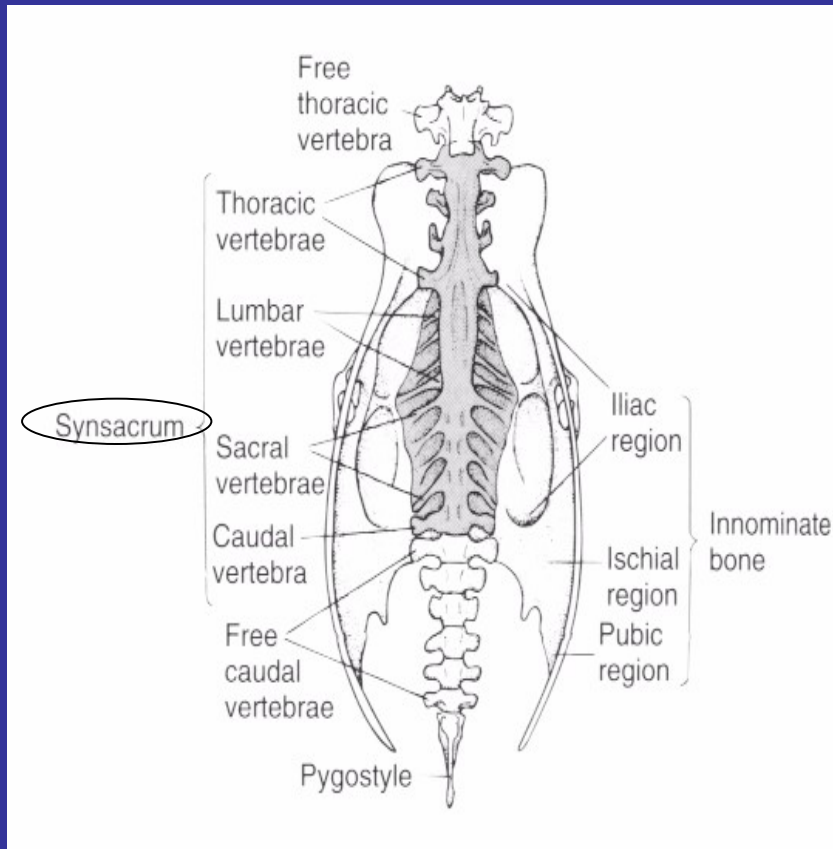
# Reptilia

- Cintura peitoral (perdeu a clavícula) e pélvica perdida em serpentes ou incorporada ao plastrão em testudines
- Pés e mãos com 5 dedos
- Redução ou desaparecimento de apêndices (serpentes e alguns lagartos)
- Especialização de apêndices em testudines



# Aves

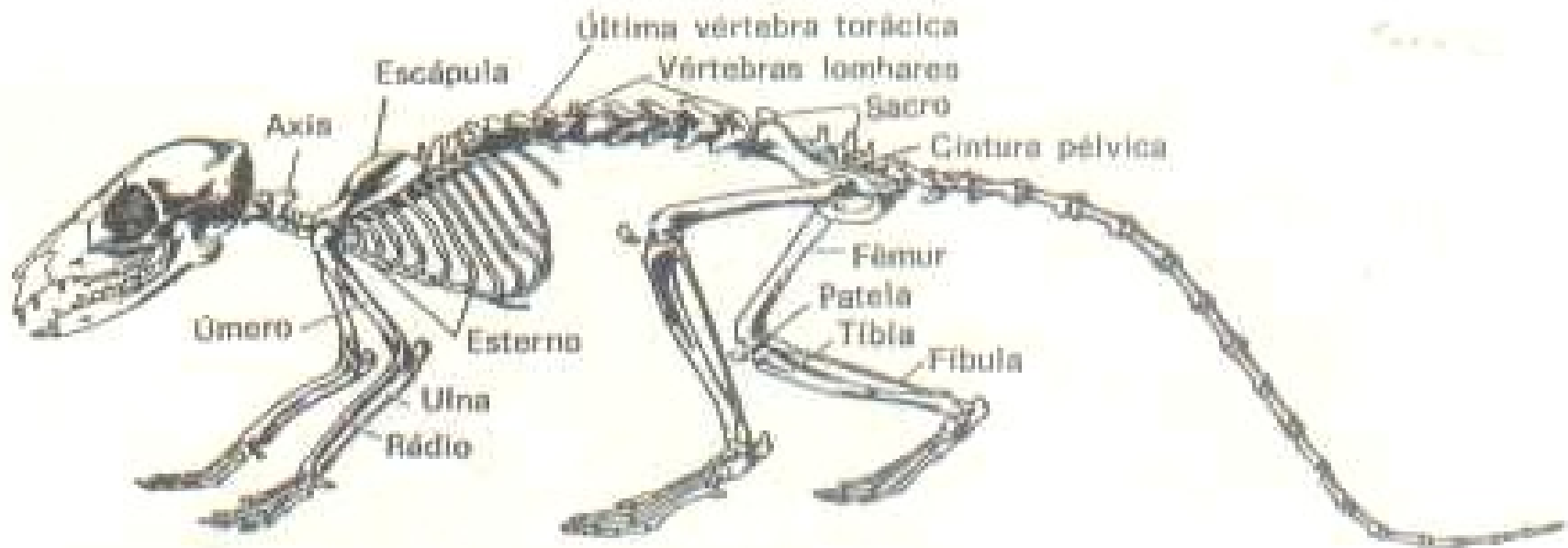
- Clavícula se funde – fúrcula
- Ossos da cintura pélvica se fundem – sinsacrum
- Pé com 3 dígitos (fusão de dígitos)
- Mão – Metacarpos, ulna e rádio (fusão de dígitos), formando as asas





# Mammalia

- Cintura com ossos grandes e chatos
- 4 membros pentadactídeos



- Pés e mãos com várias especializações dentro do grupo



- Surgimento do calcâneo e astragalus

