

Sistema sensorial



Anatomia comparada

Eduardo S.A. Santos
eduardosantos-lab.weebly.com

22/11/2017

Para sobreviver um animal precisa de
informação adequada sobre o meio



Uma resposta apropriada requer
informações internas



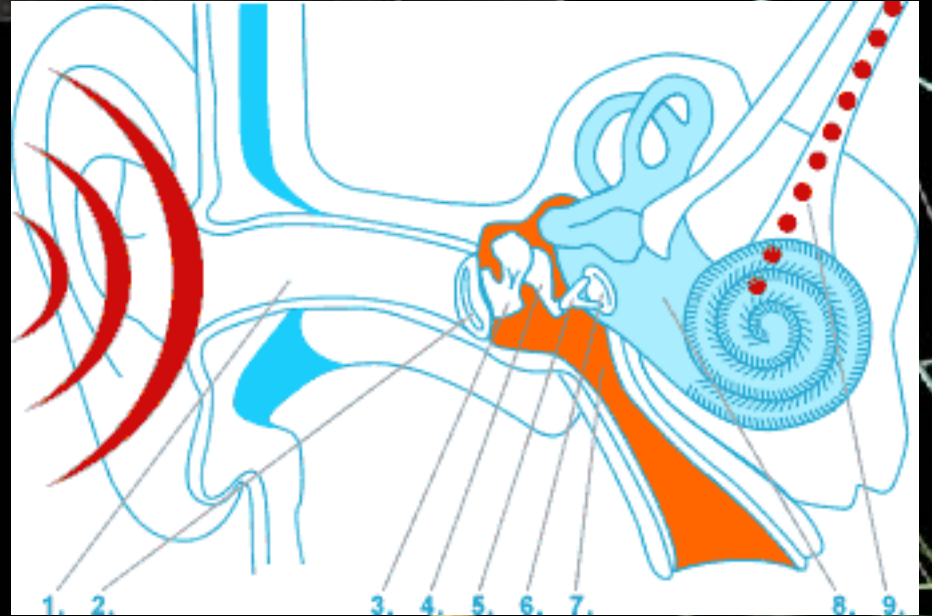
Uma resposta apropriada requer
informações internas e externas



Órgãos sensoriais são transdutores

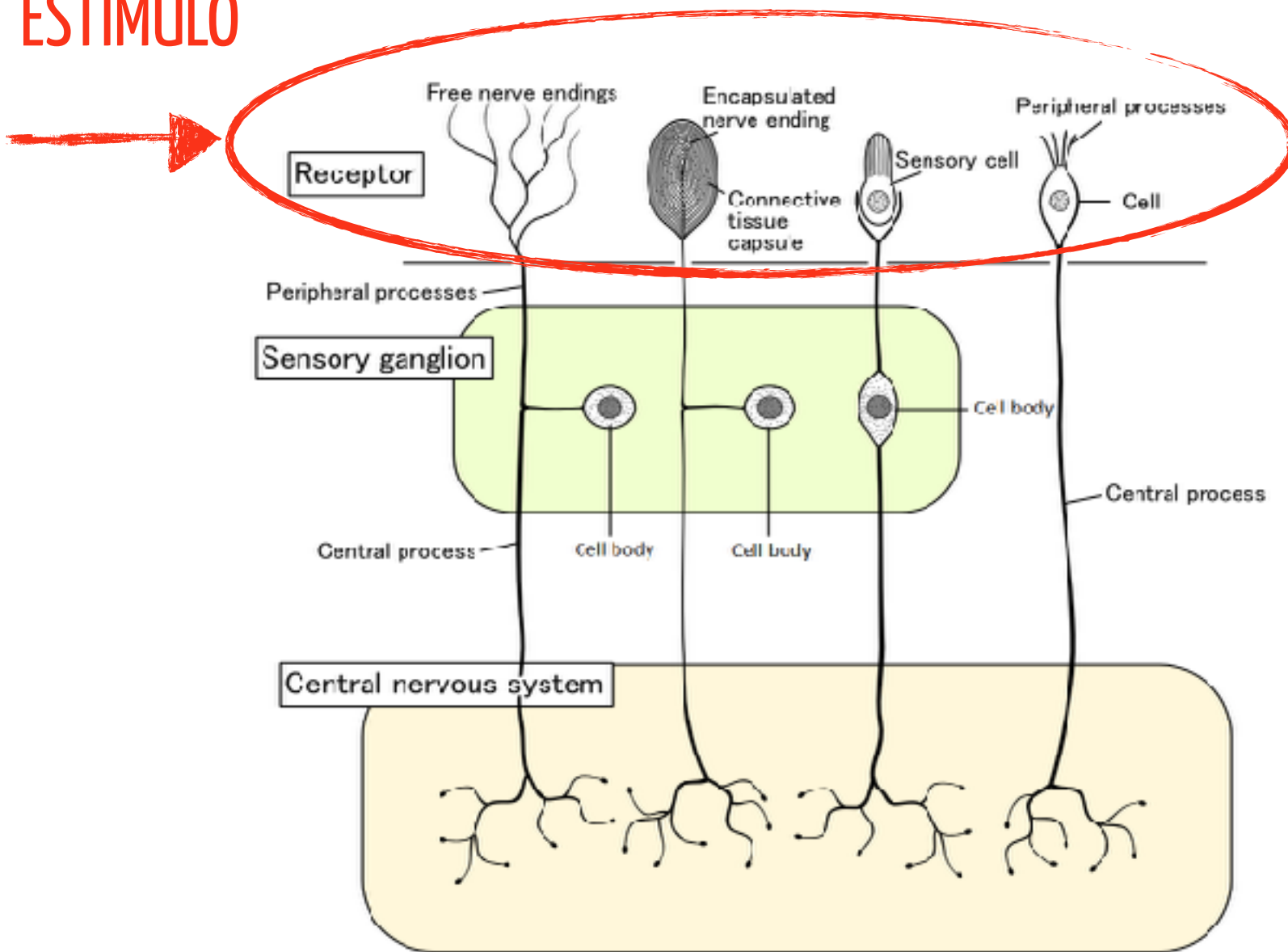


Órgãos sensoriais são transdutores

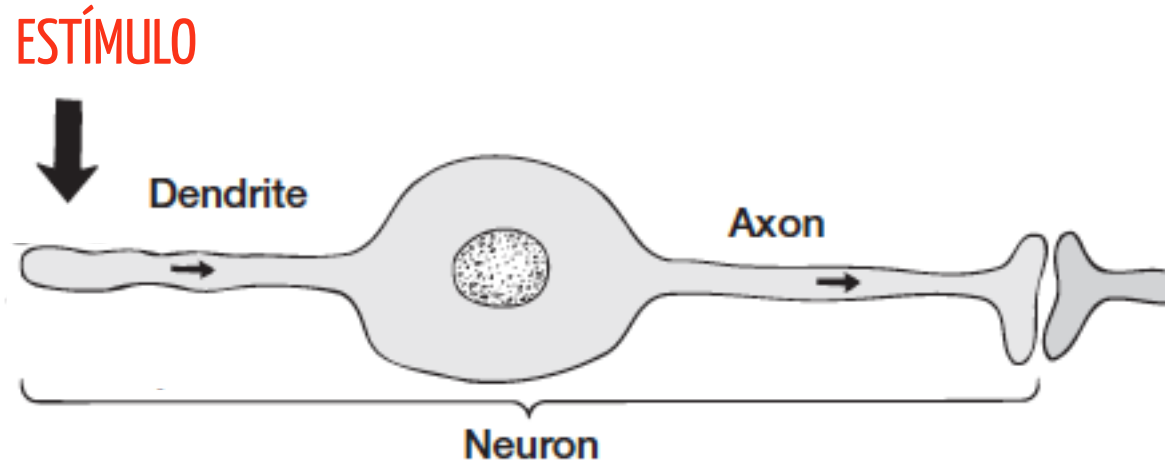


Receptores sensoriais

ESTÍMULO

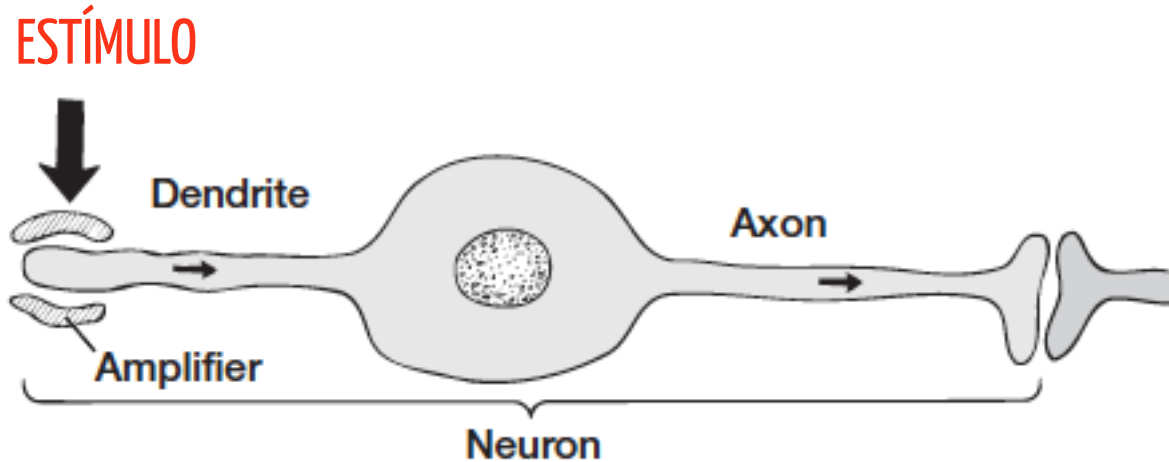


Tipos de receptores sensoriais



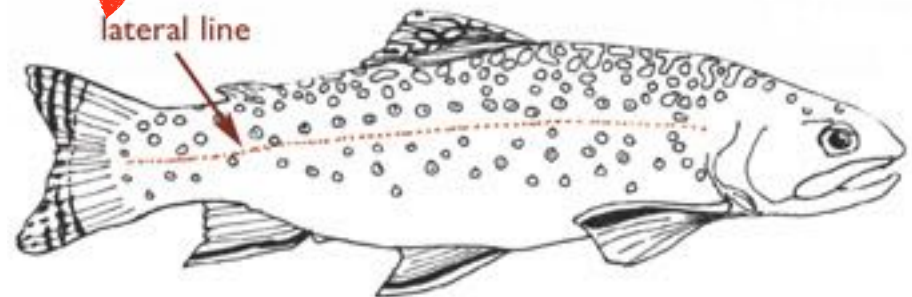
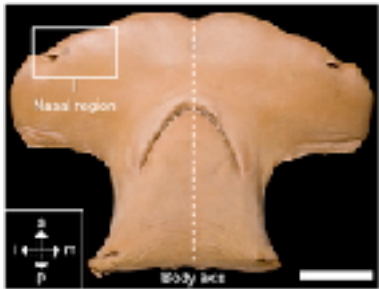
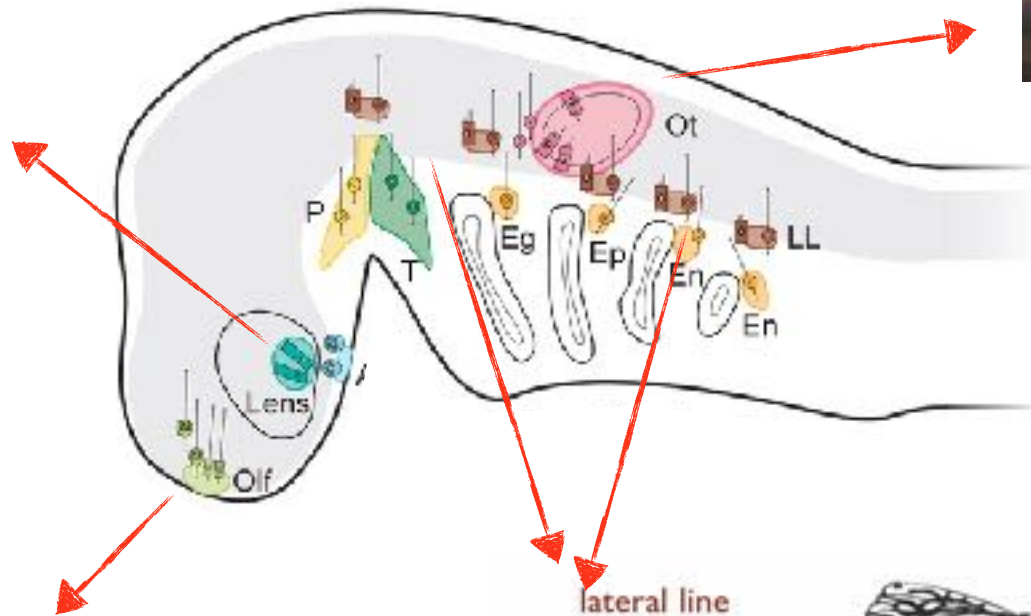
- **Primários:** neurônios especializados na recepção de estímulos

Tipos de receptores sensoriais



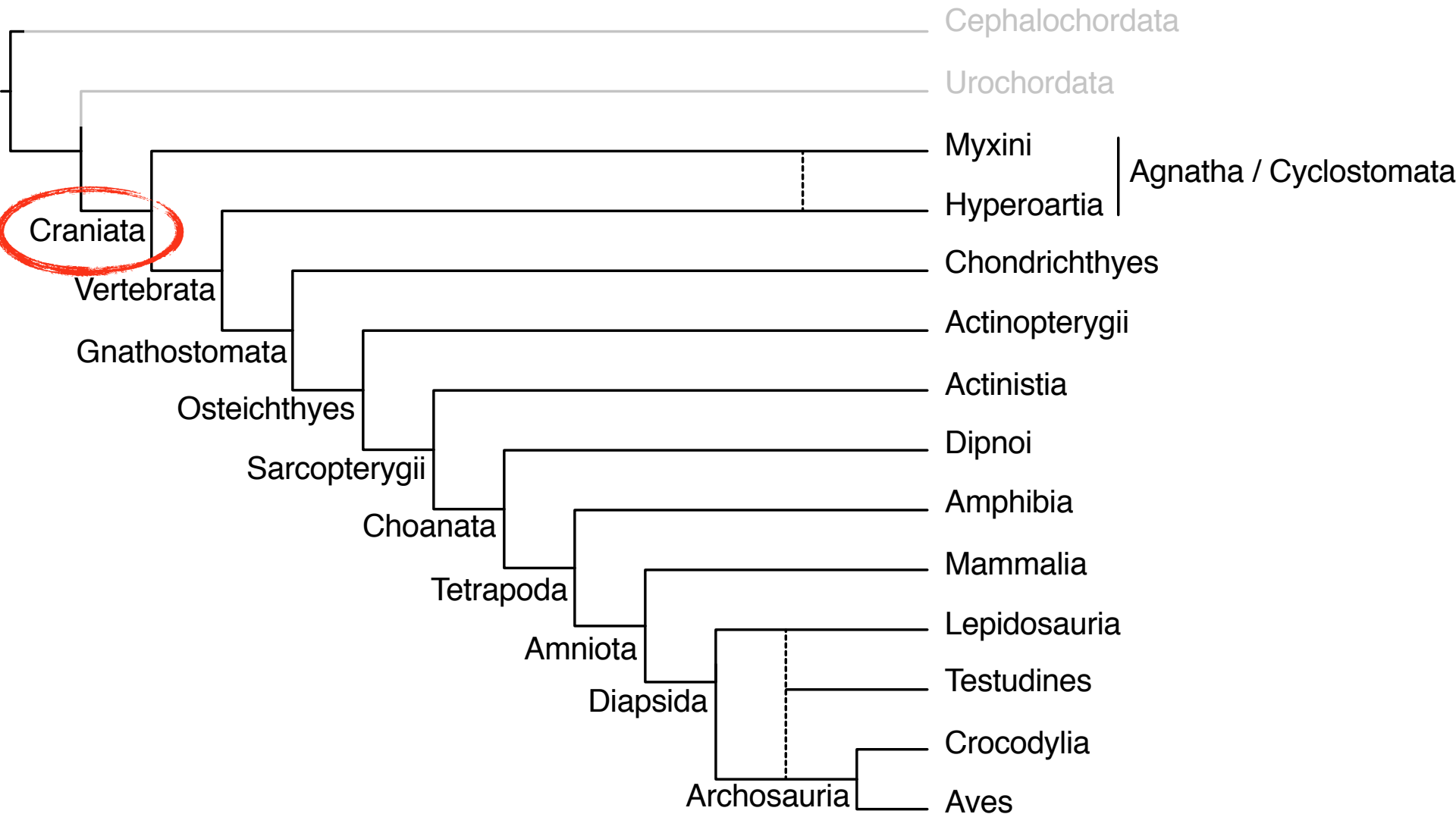
- **Primários:** neurônios especializados na recepção de estímulos
- **Secundários:** células não-nervosas transmitem os estímulos para os neurônios (atuam amplificando o estímulo)

Origem embrionária



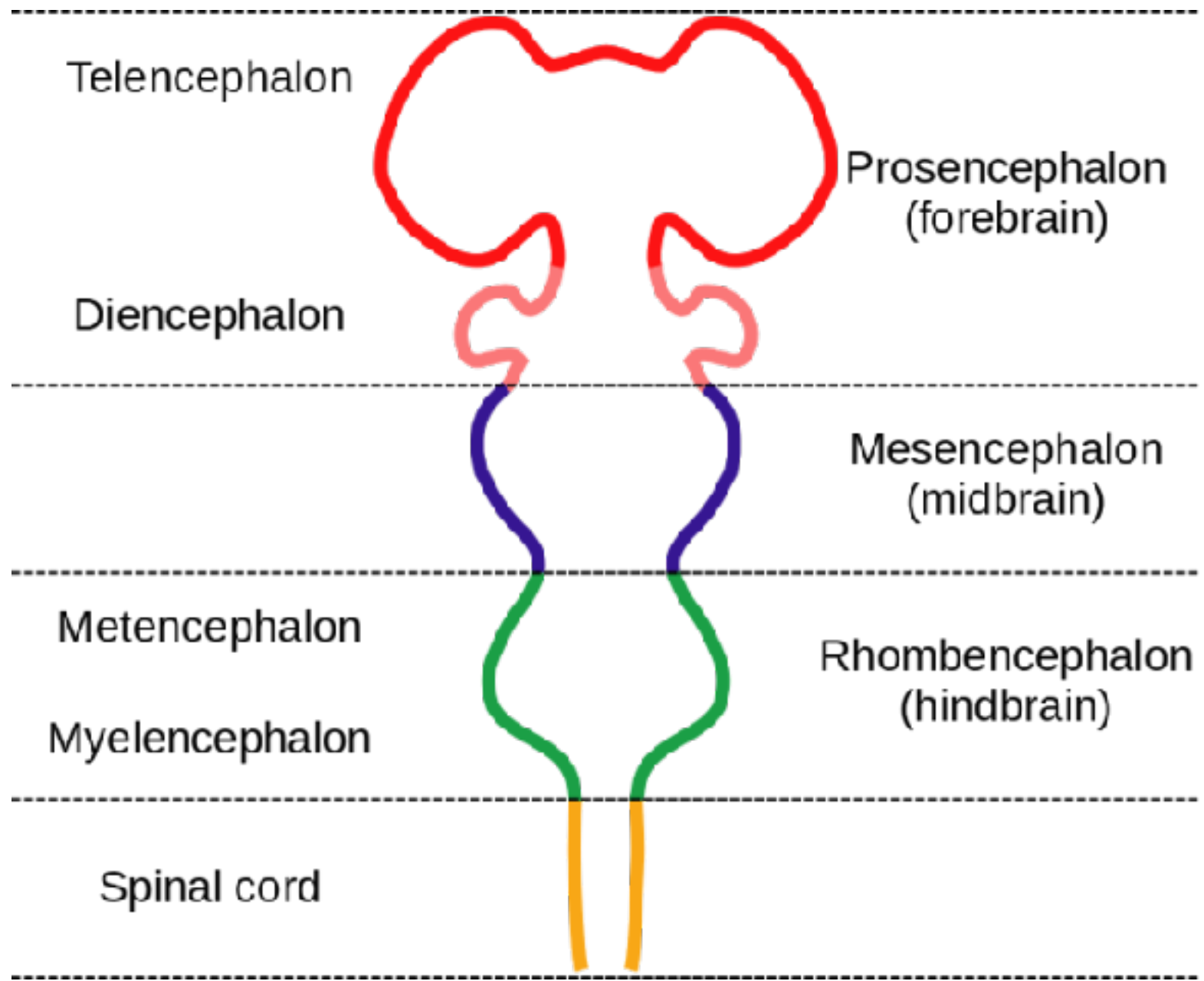
Órgãos sensoriais são derivados de placódios ectodérmicos

Encéfalo e órgãos sensoriais

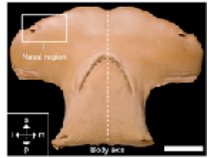


Como é a anatomia do encéfalo em Craniata?

Como é a anatomia do encéfalo em Craniata?



Divisão do encéfalo e modalidades sensoriais



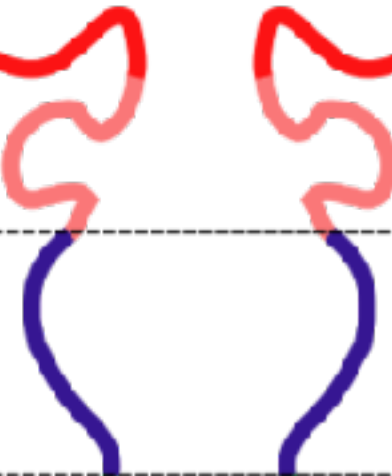
olfação



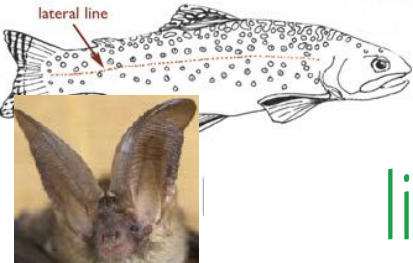
Prosencephalon
(forebrain)



visão



Mesencephalon
(midbrain)



audição/
linha lateral



Rhombencephalon
(hindbrain)

Spinal cord



Classificação dos órgãos sensoriais

ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS

distribuição ampla

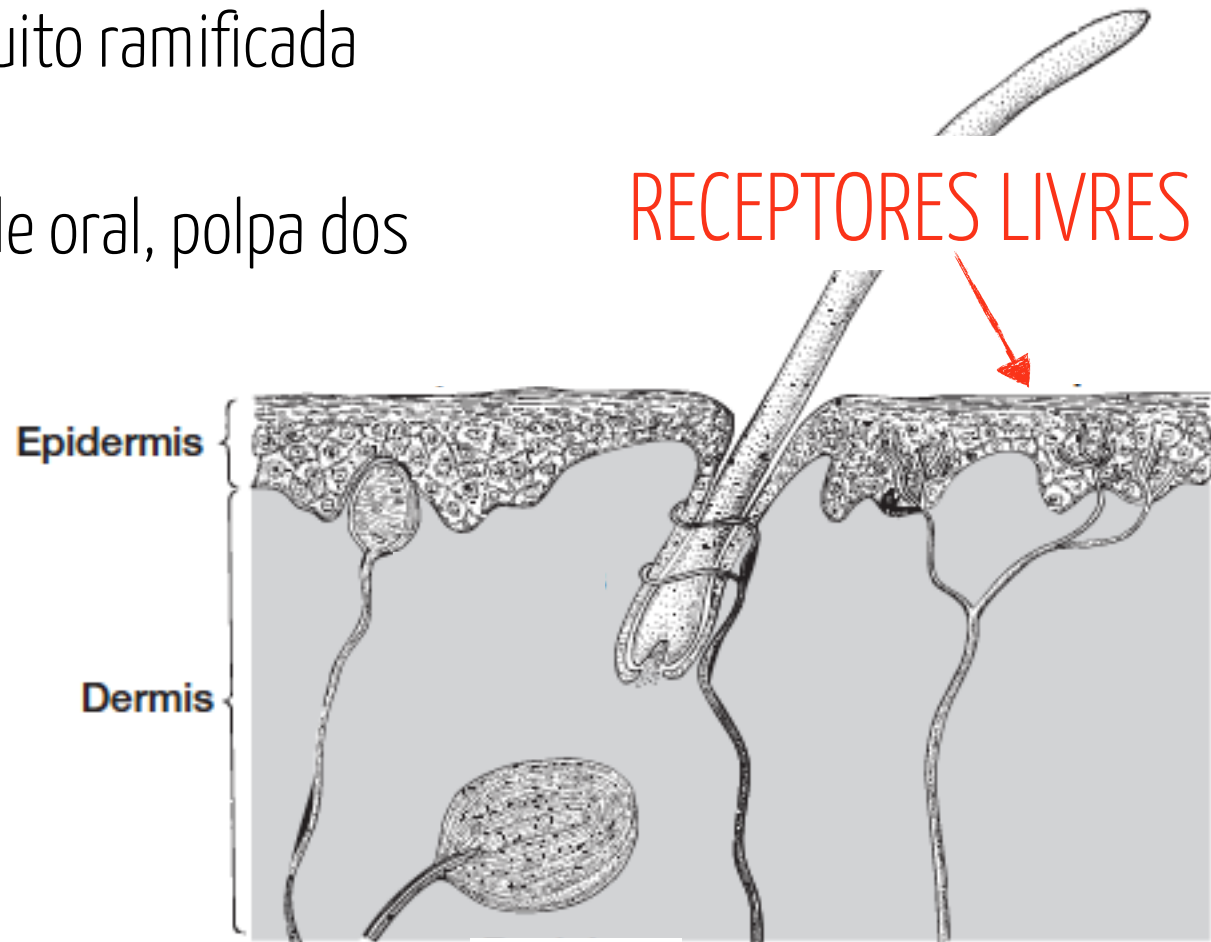
tato

temperatura

propriocepção

ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: RECEPTORES LIVRES

- “sensações” de dor, frio/calor, pressão
- sem associação especializada
- terminação pode ser muito ramificada
- distribuição:
 - pele, córnea, cavidade oral, polpa dos dentes, intestinos



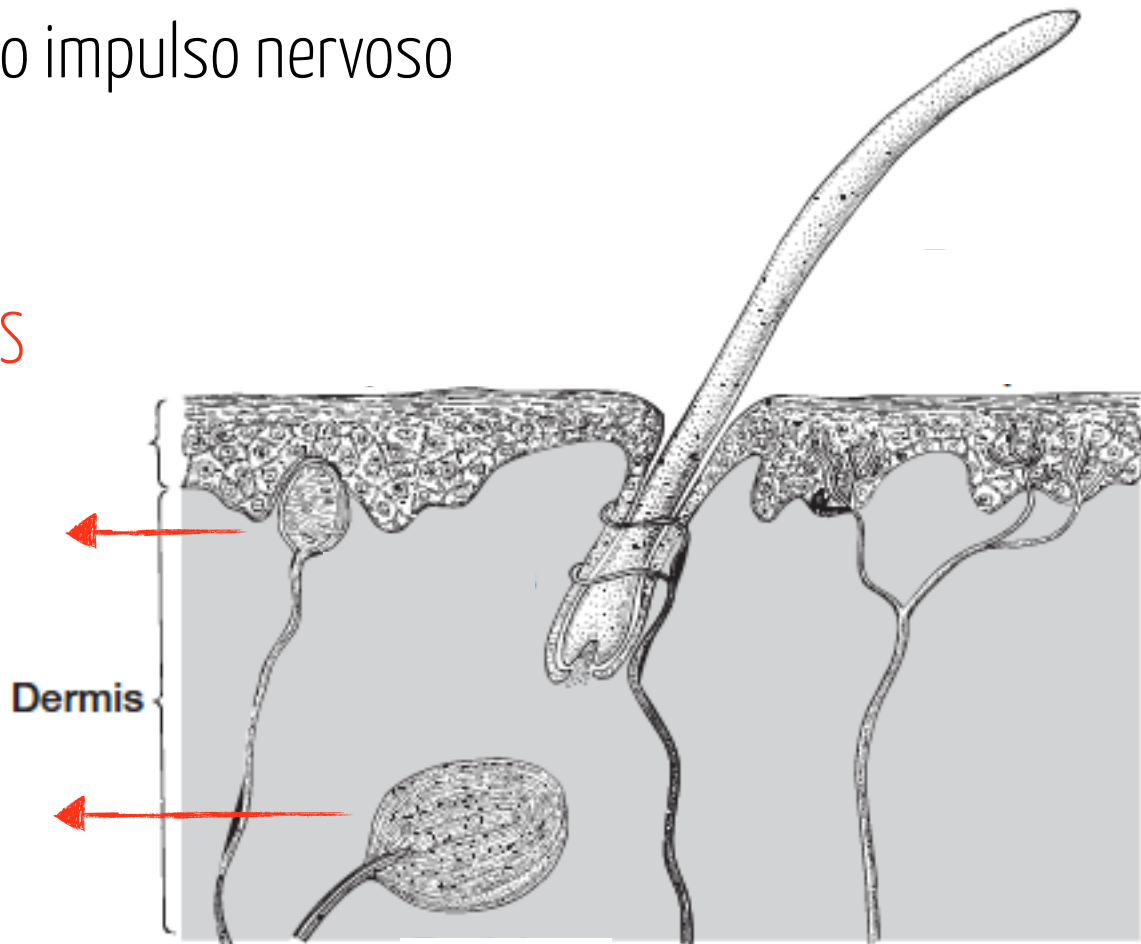
ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: RECEPTORES ENCAPSULADOS

- terminação do processo nervoso envolta por estrutura especializada
- corpúsculo aumenta a deformação da terminação; auxilia início do impulso nervoso

RECEPTORES ENCAPSULADOS

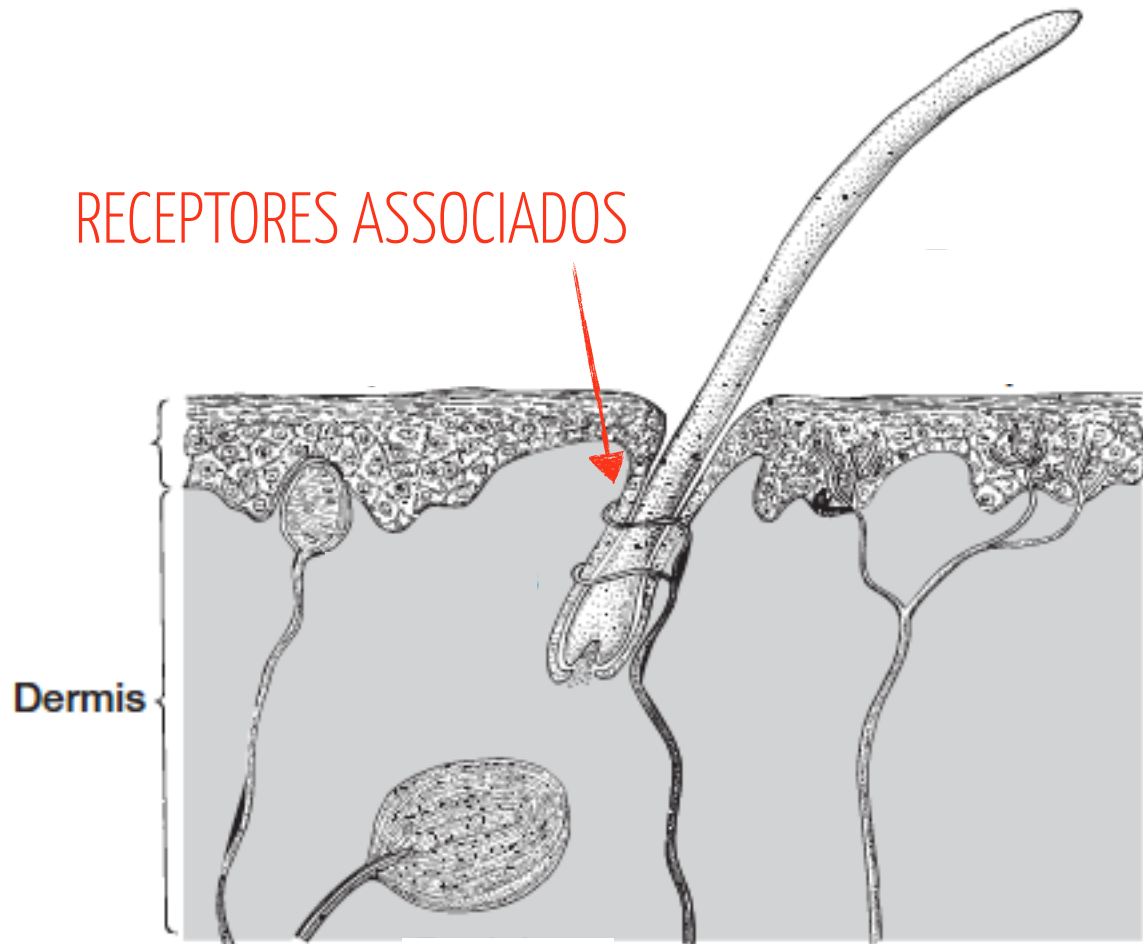
Corpúsculo de Meissner
(toque)

Corpúsculo de Pacini
pele, articulações, órgãos
(pressão)



ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: RECEPTORES ASSOCIADOS

- terminação ao redor de outra estrutura
- quando estrutura associada se move, nervos são estimulados



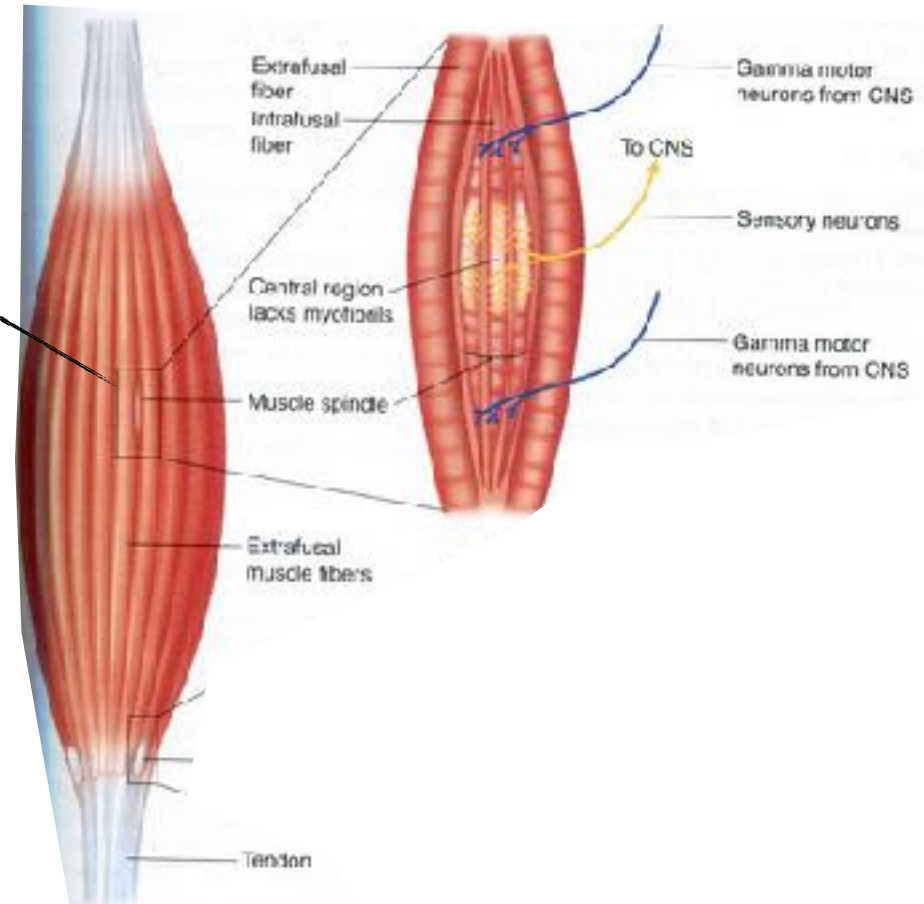
ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: PROPRIOCEPTORES

- músculos, tendões e articulações
- monitoram flexão dos membros e grau de contração
- muito desenvolvidos em vertebrados terrestres

Fuso muscular

fibras extrafusais: produzem força
contrátil

fibras intrafusais: células musc.
modificadas nervadas que informam o
SNC sobre mudança de comprimento das
FE

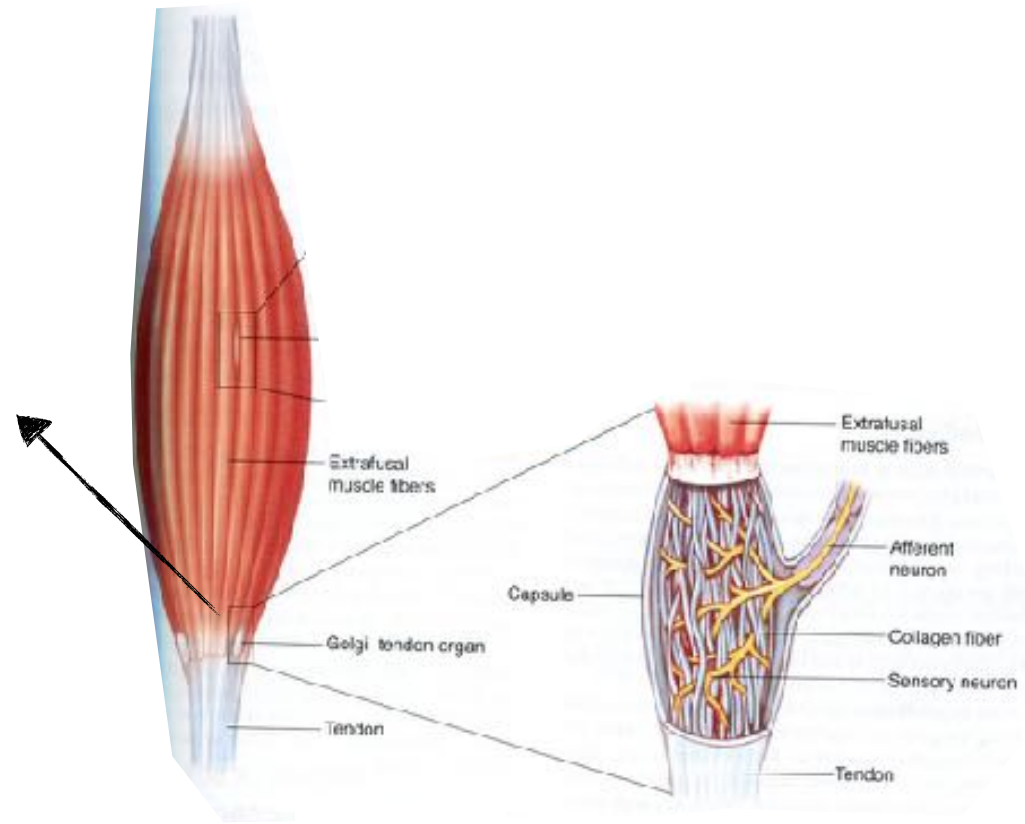


ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: PROPRIOCEPTORES

- músculos, tendões e articulações
- monitoram flexão dos membros e grau de contração
- muito desenvolvidos em vertebrados terrestres

Órgão tendinoso de Golgi

receptores sensoriais nos tendões que fixam os músculos aos ossos



Classificação dos órgãos sensoriais

ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS

distribuição ampla

tato
temperatura
propriocepção

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

localizados

audição
visão
olfato

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação

Mecanorreceptores

linha lateral

ouvido interno (equilíbrio & audição)

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação

Mecanorreceptores

linha lateral

ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletorreceptores

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação

Mecanorreceptores

linha lateral

ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletorreceptores

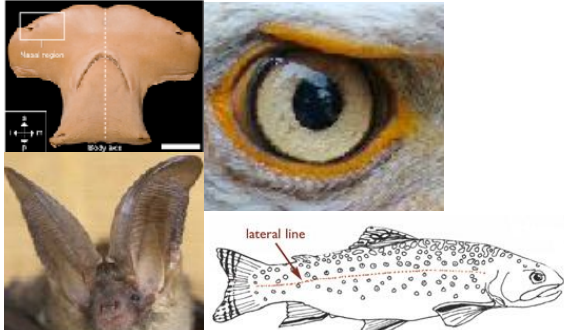
Receptores eletromagnéticos

olho

complexo pineal

receptores infra-vermelho

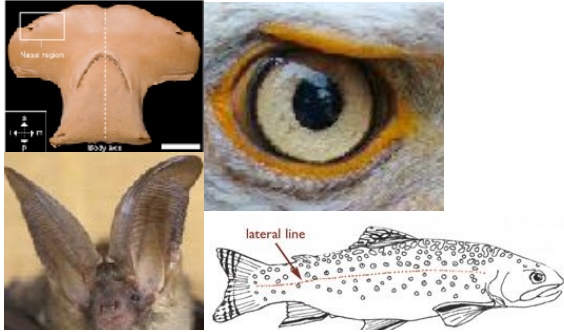
Quando ocorreram mudanças importantes nos órgãos sensoriais?



- todos vertebrados possuem
- maioria responde a fontes externas

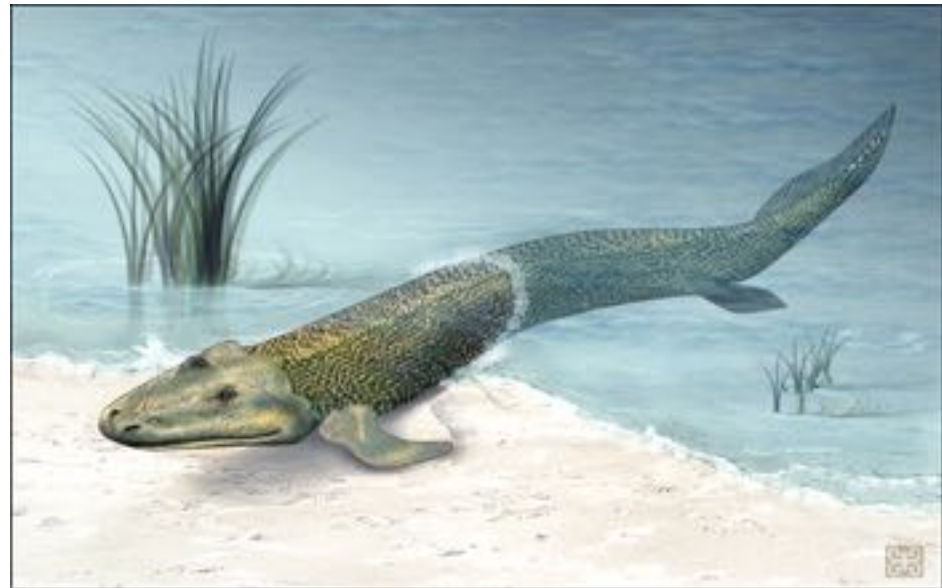
ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

Durante a transição para o meio terrestre

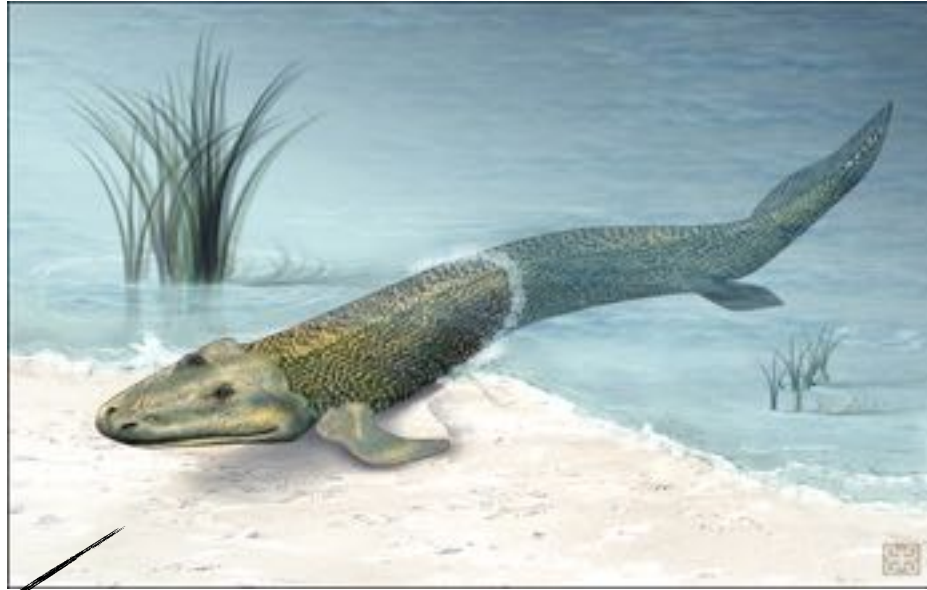


- todos vertebrados possuem
- maioria responde a fontes externas

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS



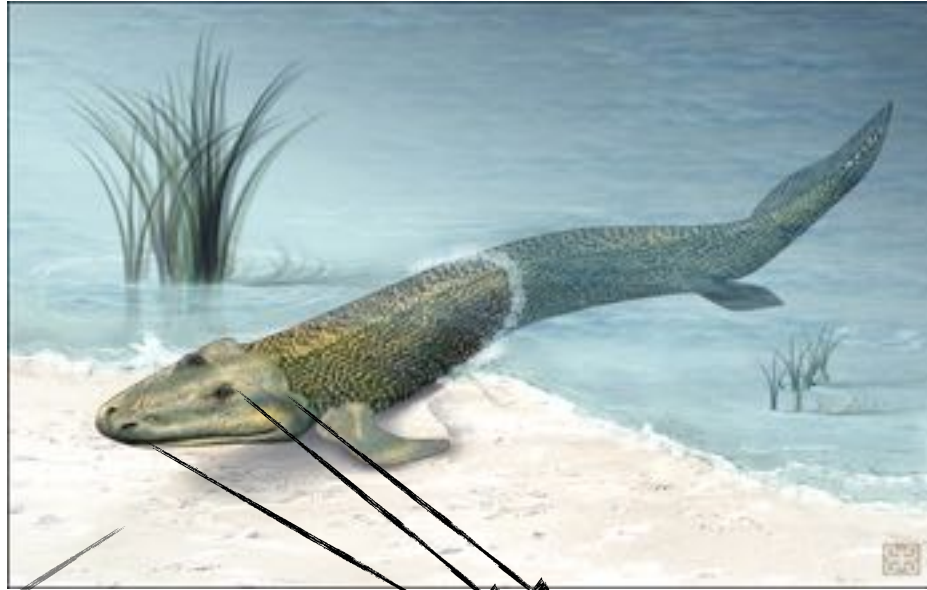
Conquista do meio terrestre e os órgãos sensoriais



perda de importância

linha lateral
eletrorrecepção

Conquista do meio terrestre e os órgãos sensoriais



perda de importância

linha lateral
eletrorrecepção

modificação de importância

audição
visão
olfato

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato ←
gustação

Mecanorreceptores

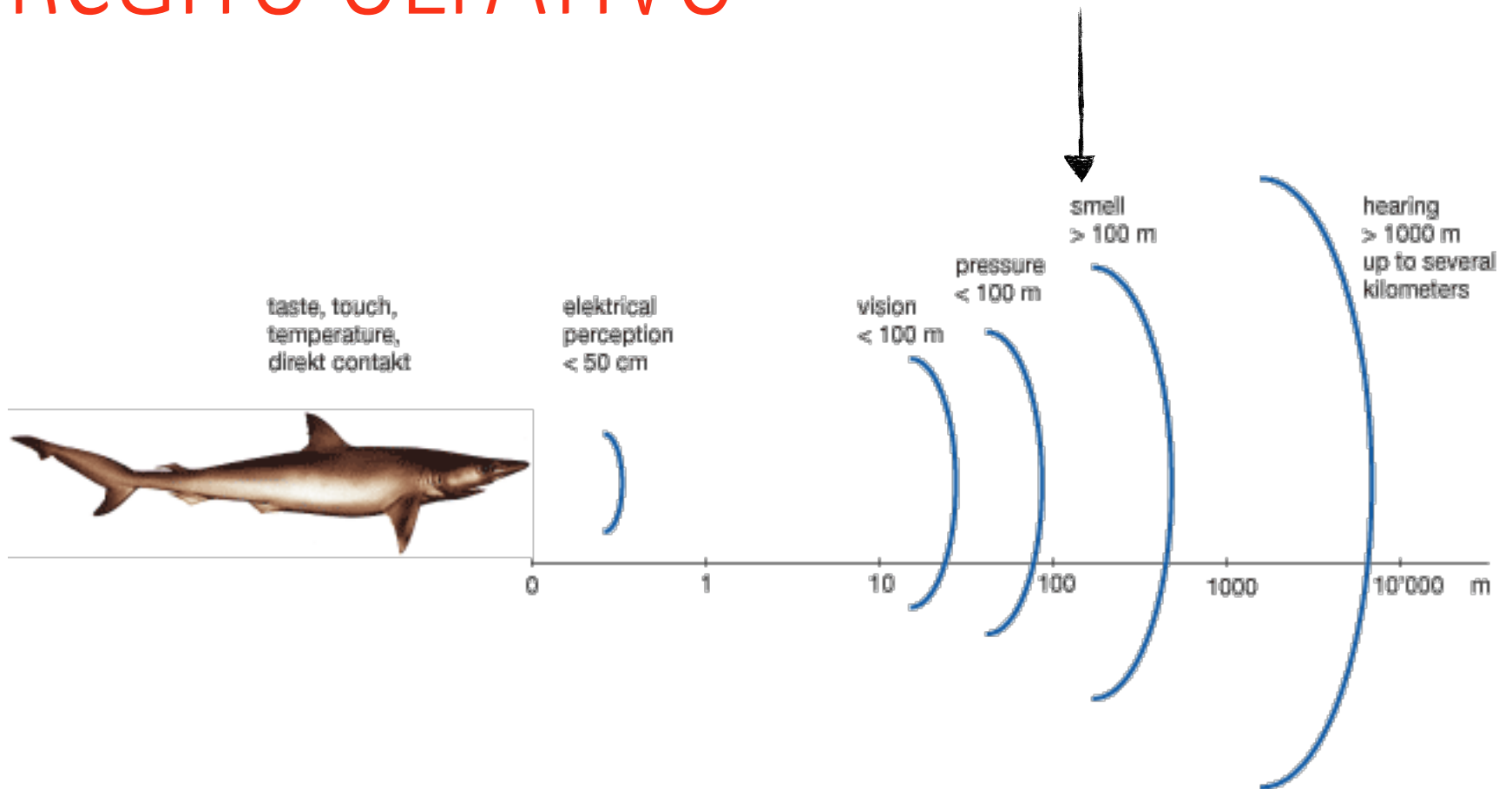
linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletorreceptores

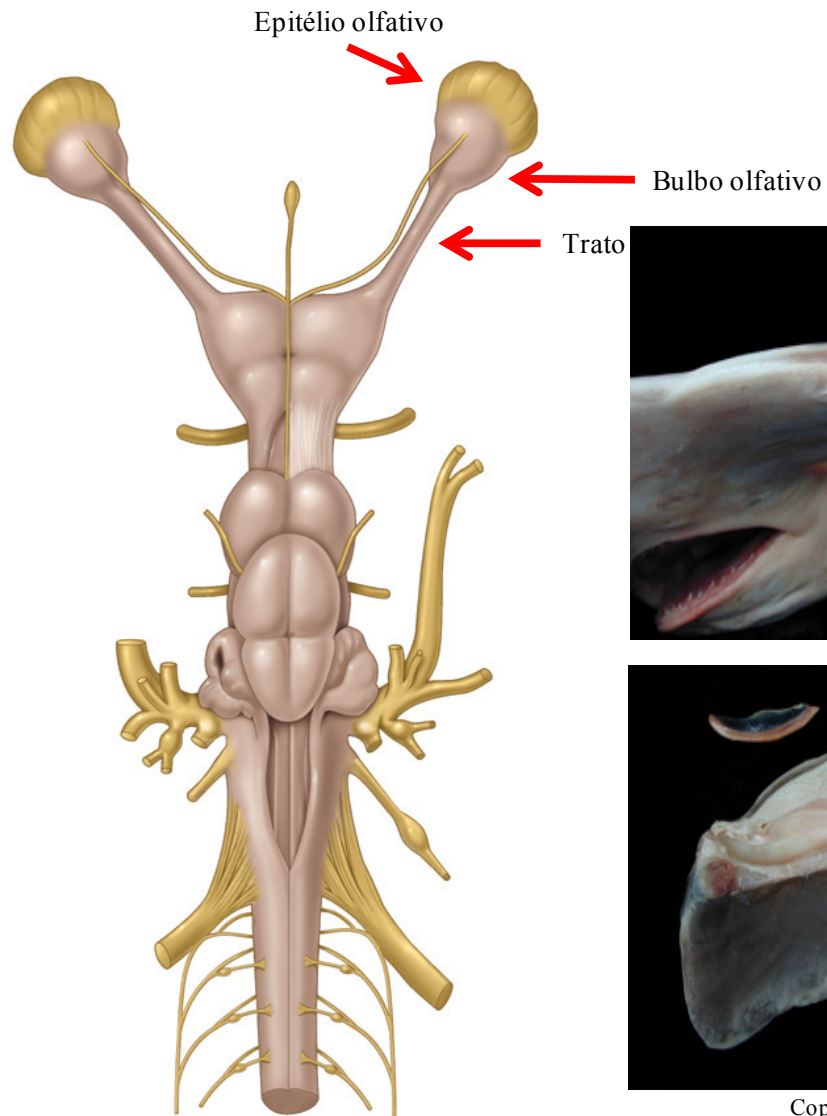
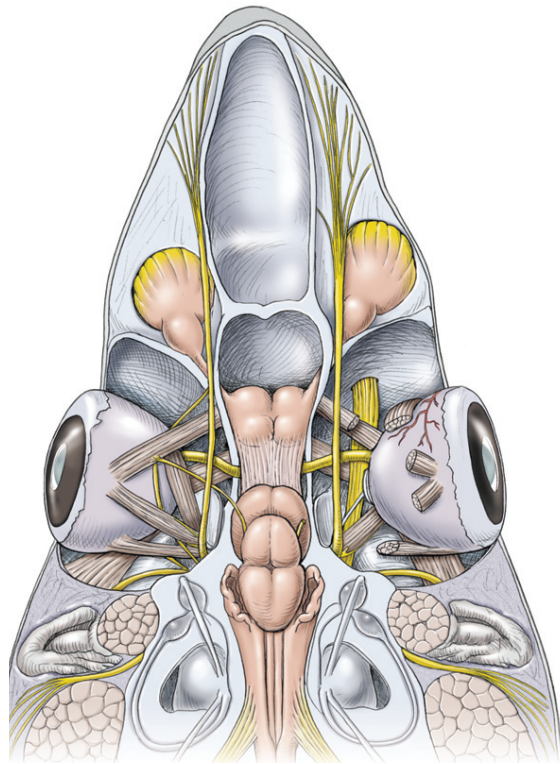
Receptores eletromagnéticos

olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho

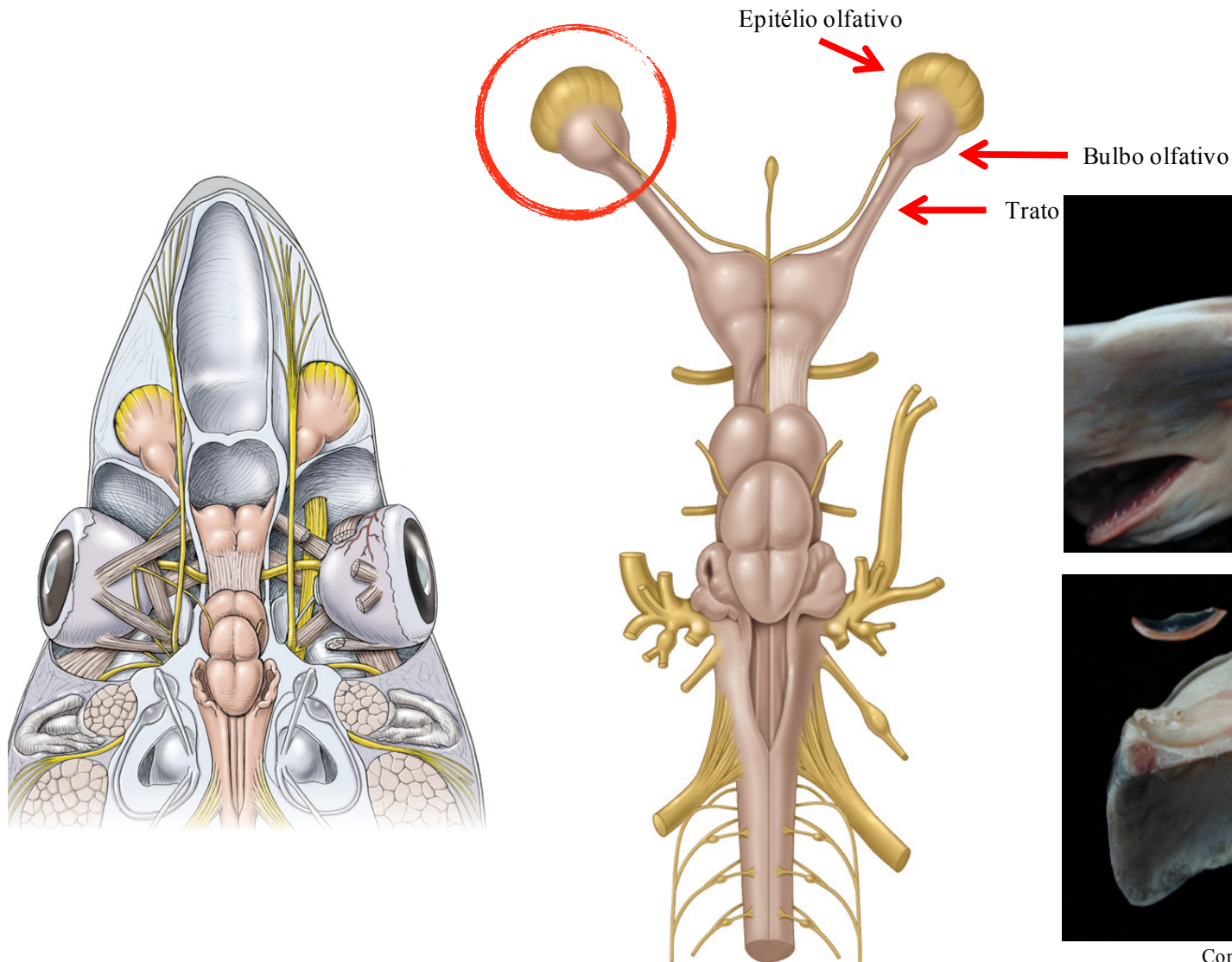
CIRCUITO OLFATIVO



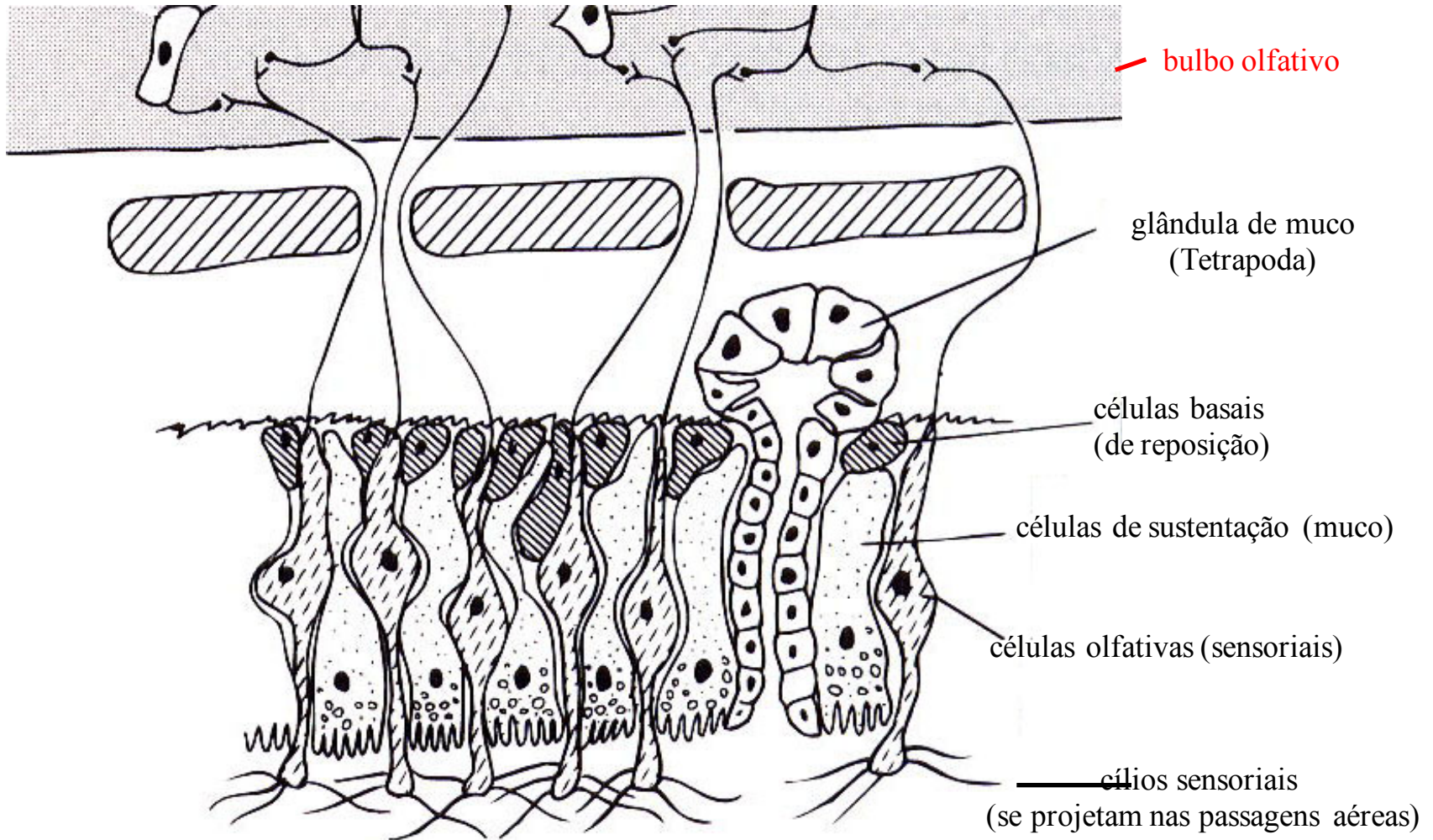
CIRCUITO OLFATIVO



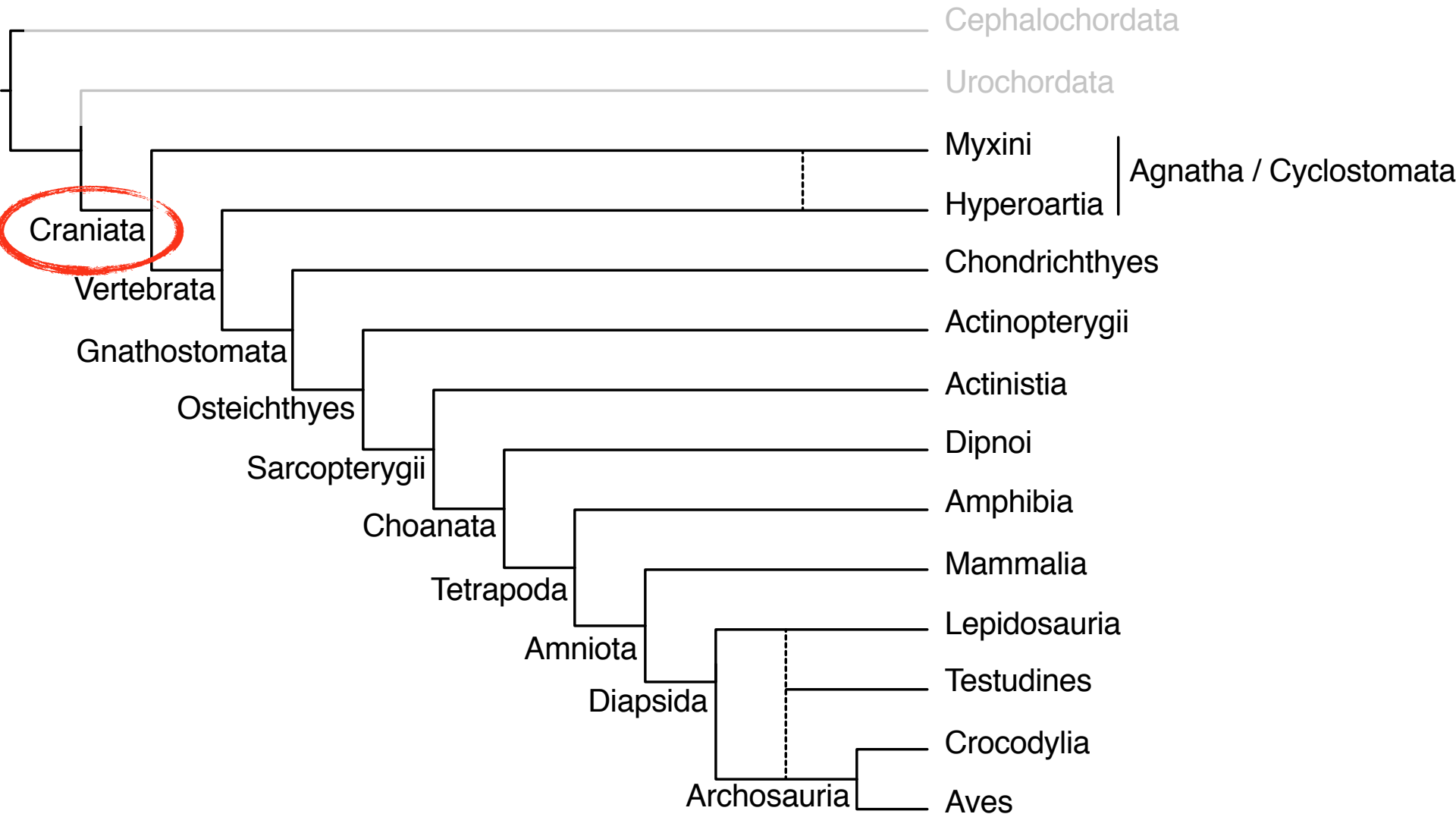
CIRCUITO OLFATIVO



CIRCUITO OLFATIVO: componentes



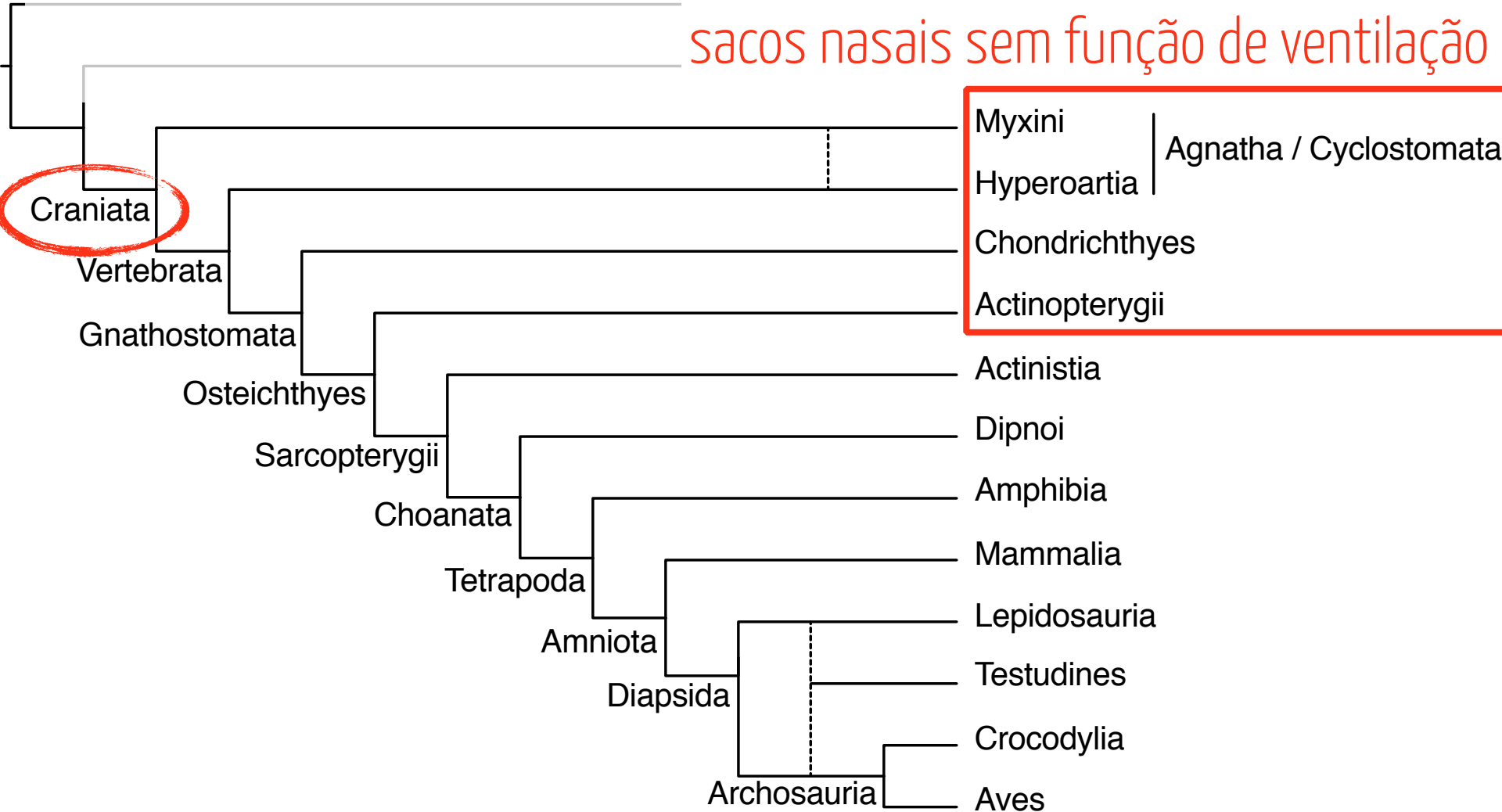
Circuito olfativo



Circuito olfativo

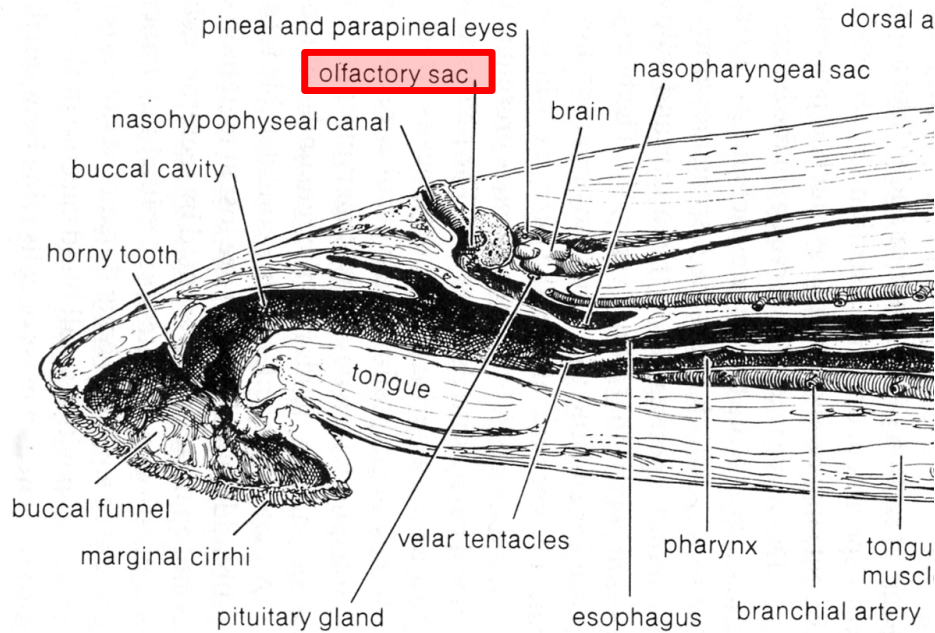
epitélio não glandular

sacos nasais sem função de ventilação

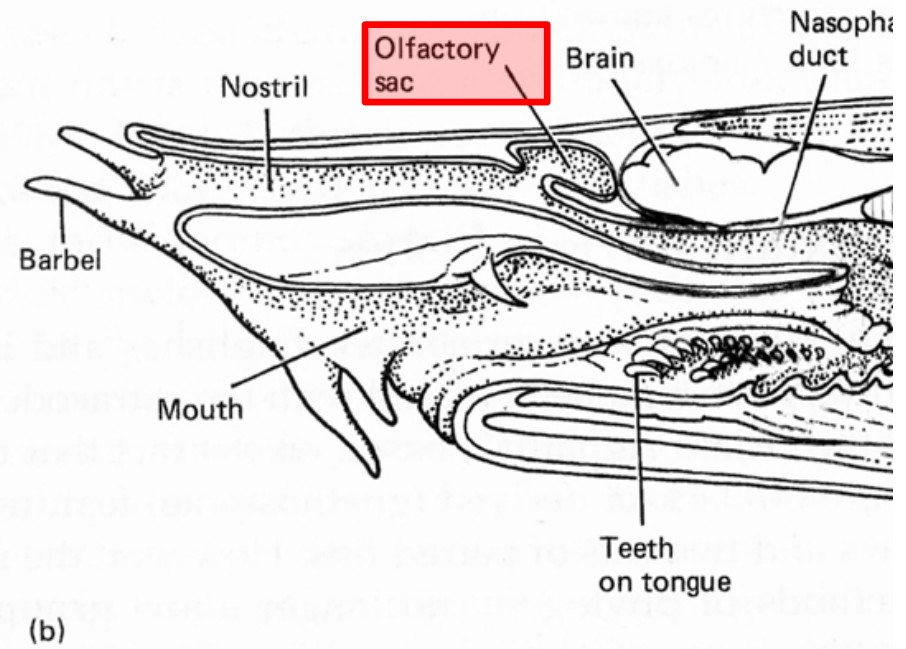


CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

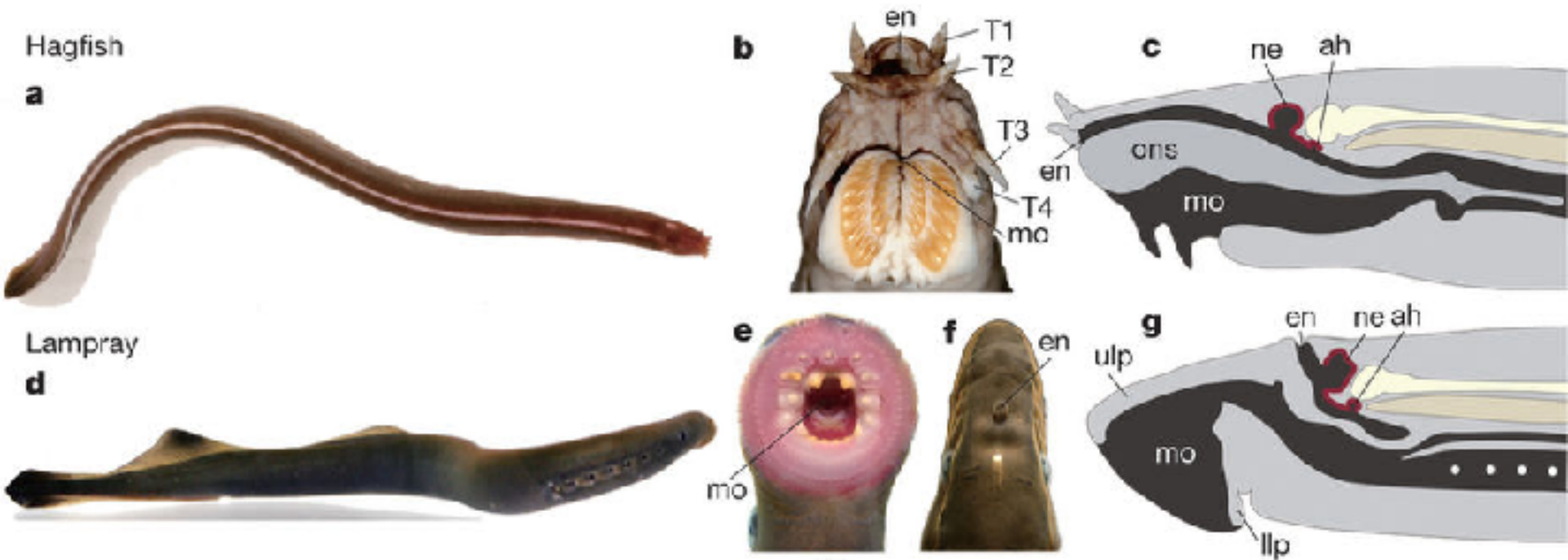
Lampreia



Feiticeira



CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

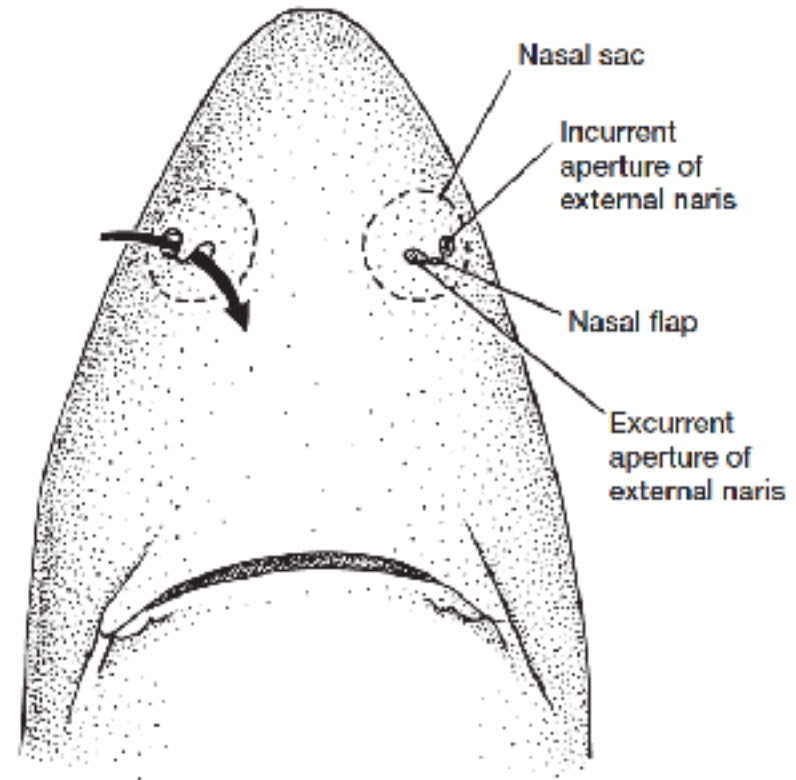
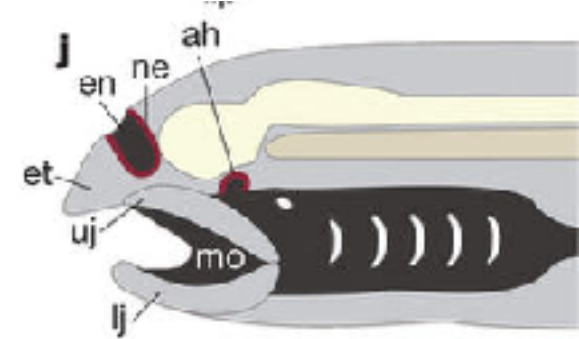


Cyclostomata: sacos naso-hipofisários únicos

CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

Jawed vertebrates

h

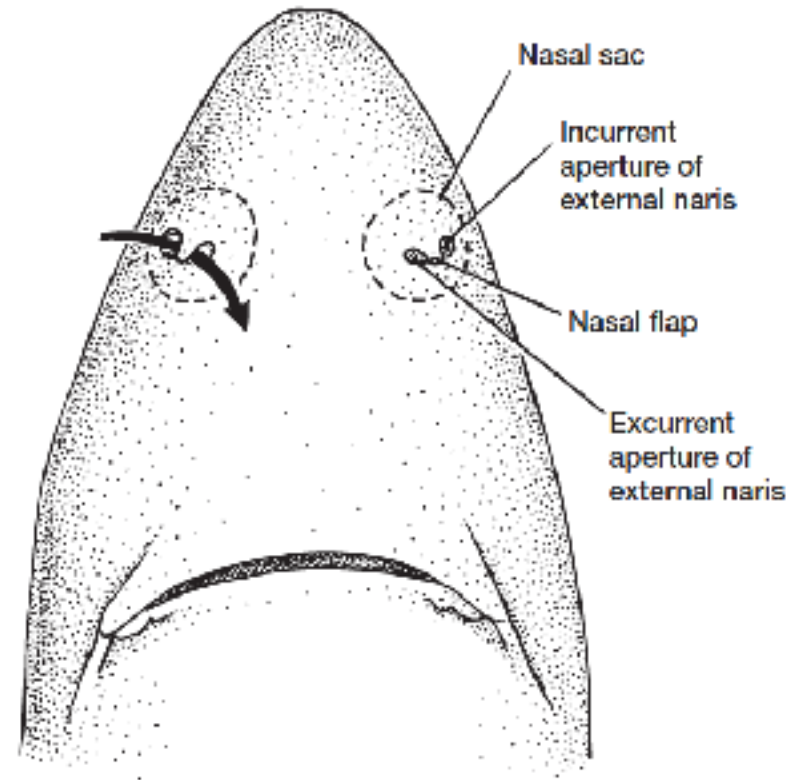
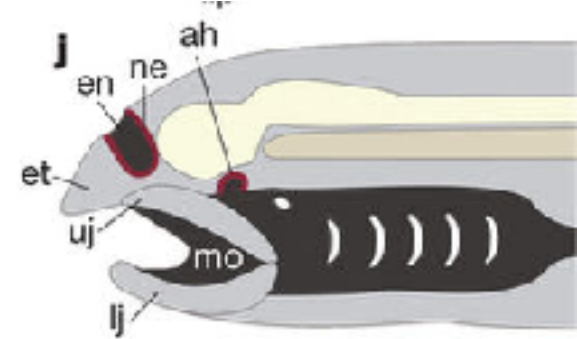


GNATHOSTOMATA: sacos nasais pareados, com abertura inalante e exalante

CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

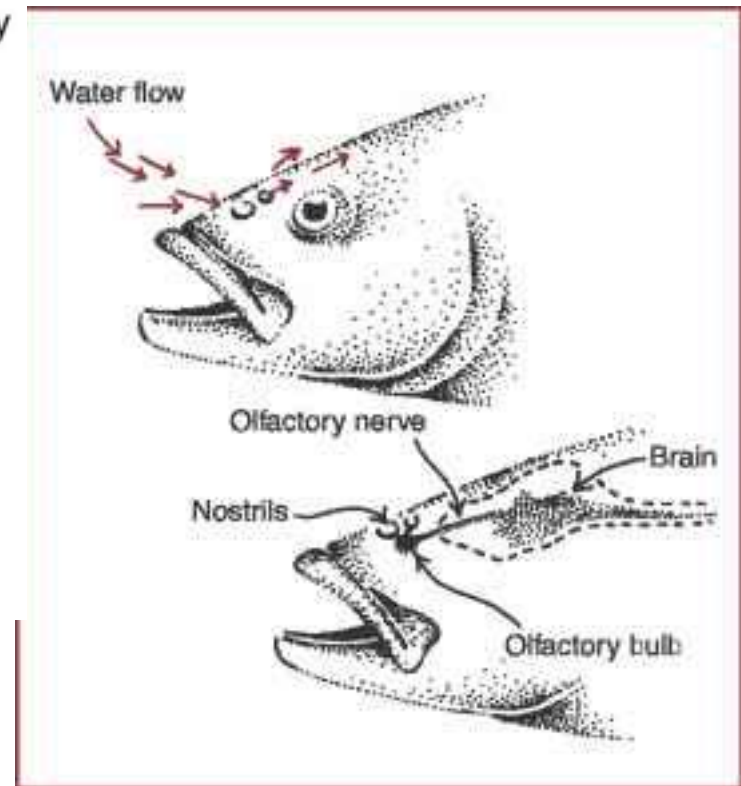
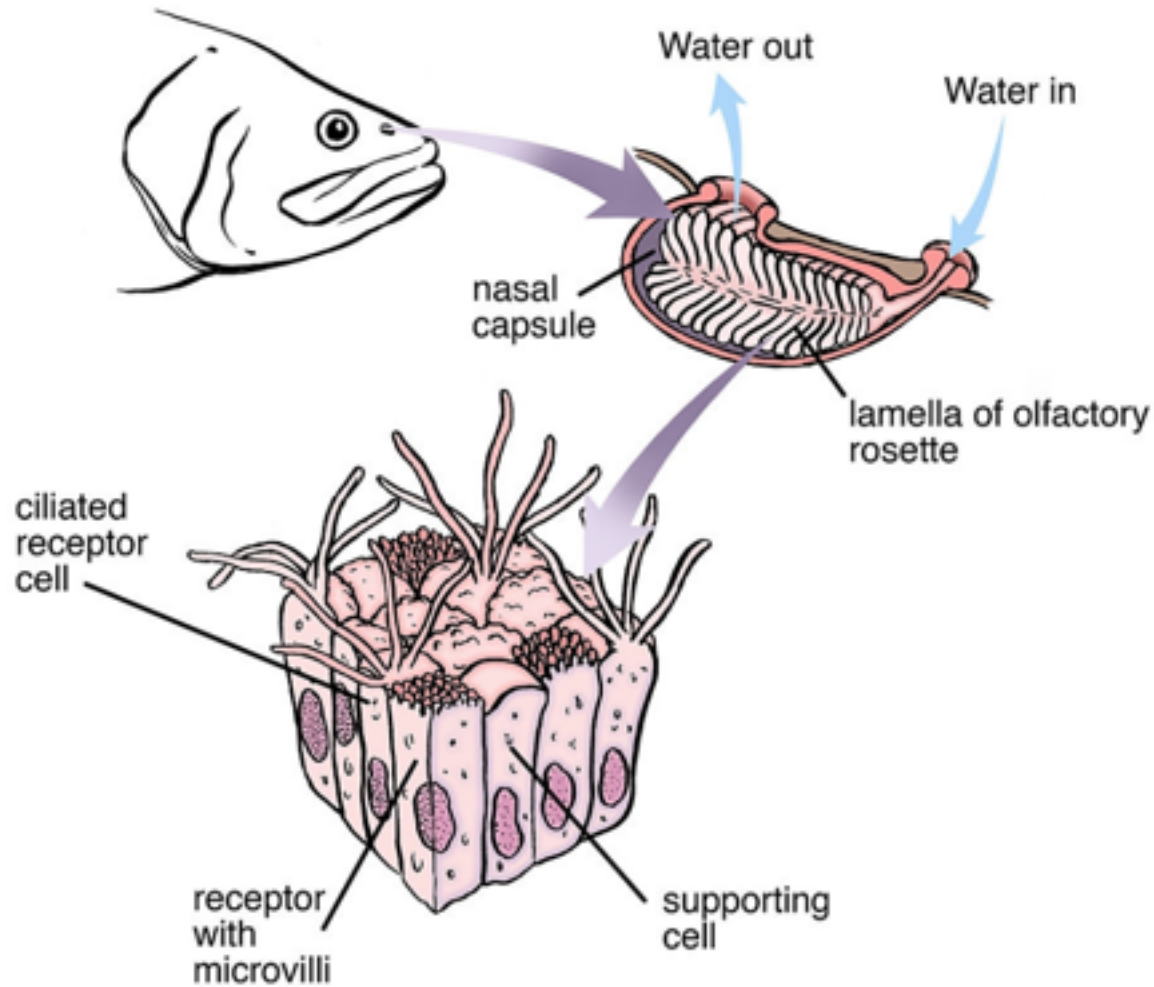
Jawed vertebrates

h



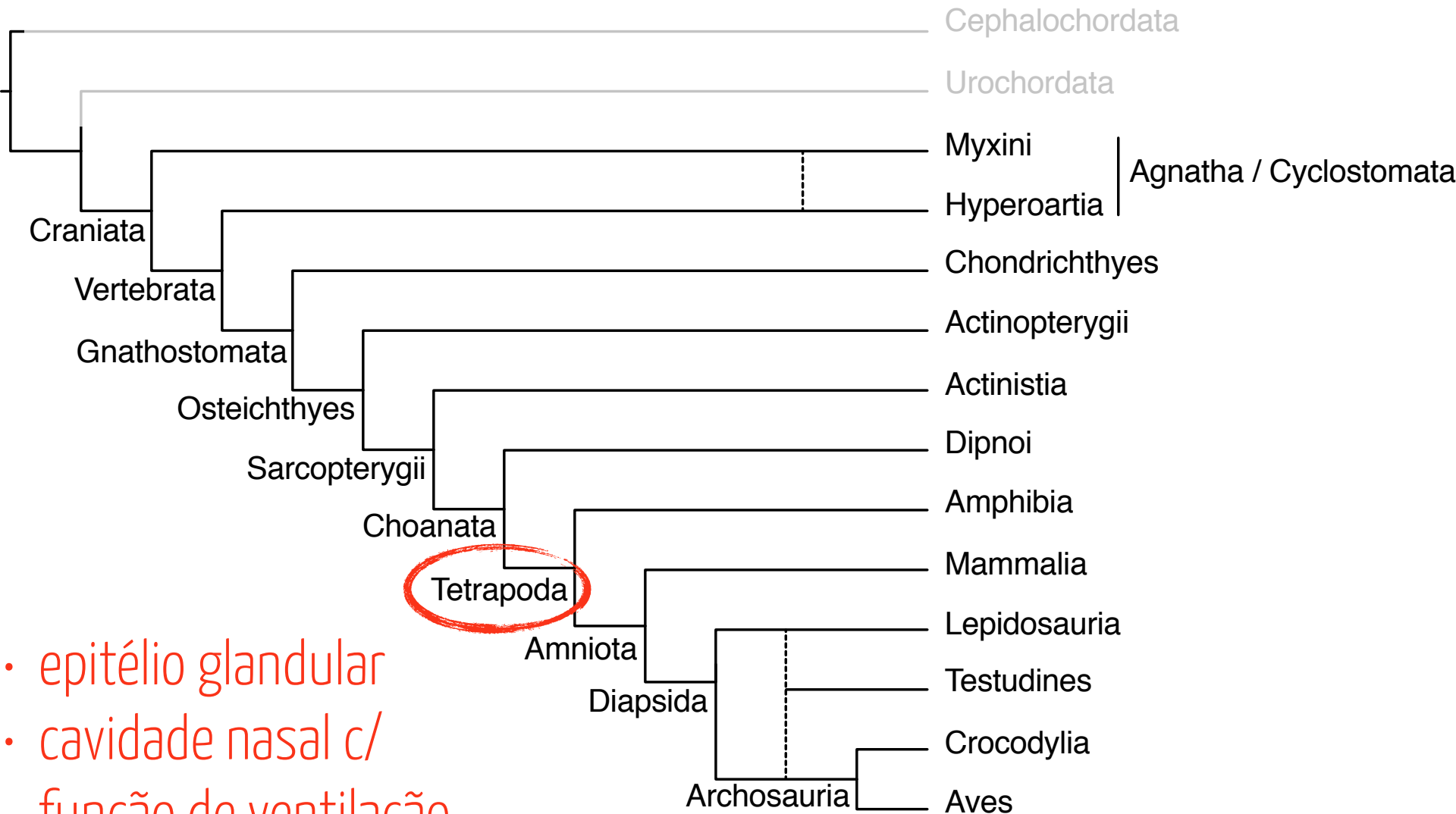
Elasmobranchii: aberturas separadas por um septo

CIRCUITO OLFATIVO: filogenia



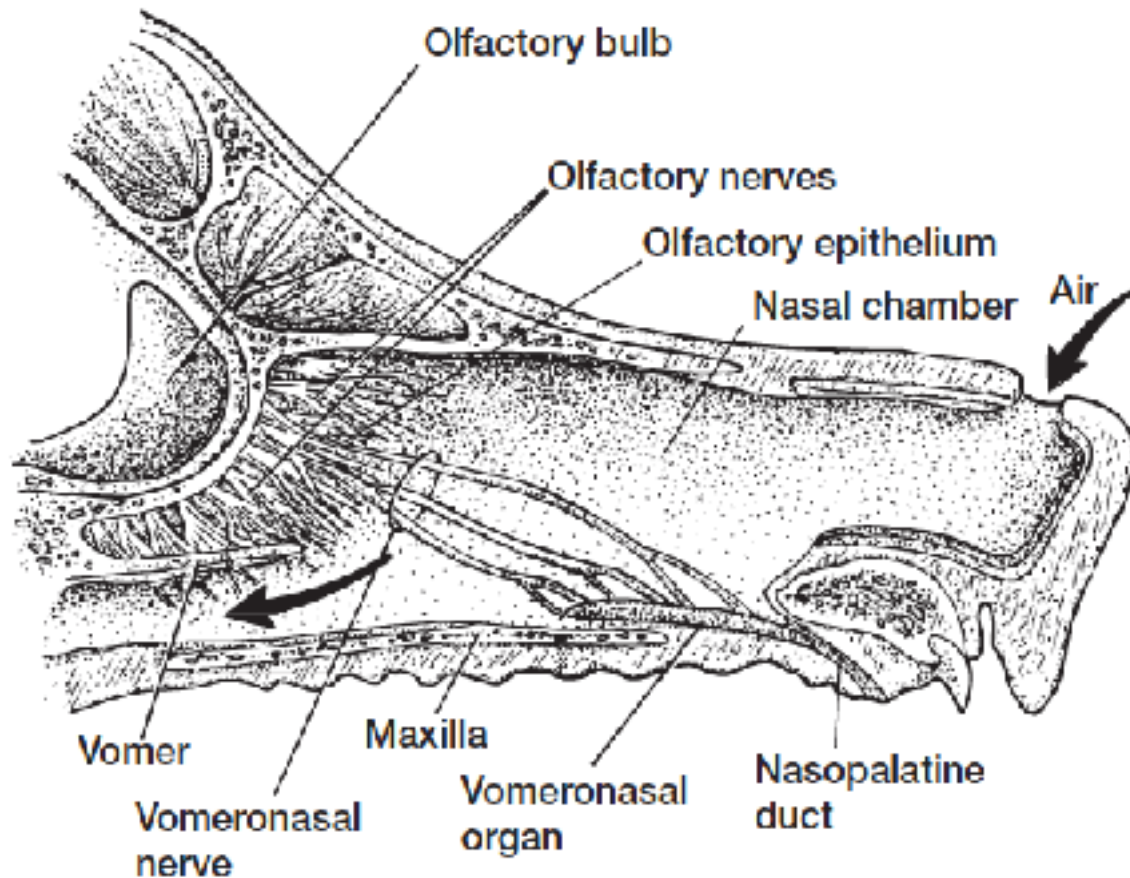
Osteichthyes: aberturas totalmente separadas

Circuito olfativo



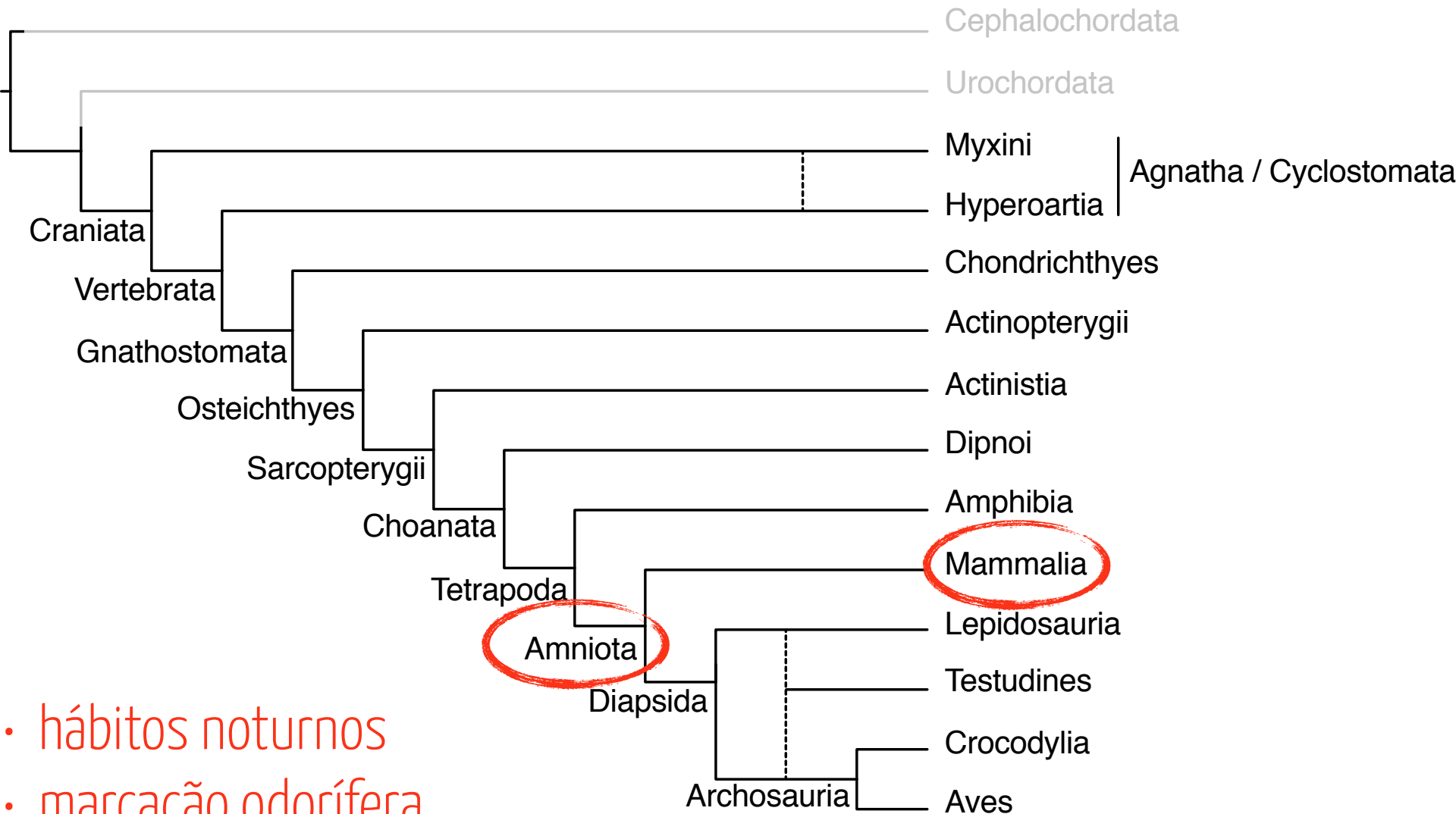
- epitélio glandular
- cavidade nasal c/ função de ventilação
- órgão Vomeronasal

CIRCUITO OLFATIVO: filogenia



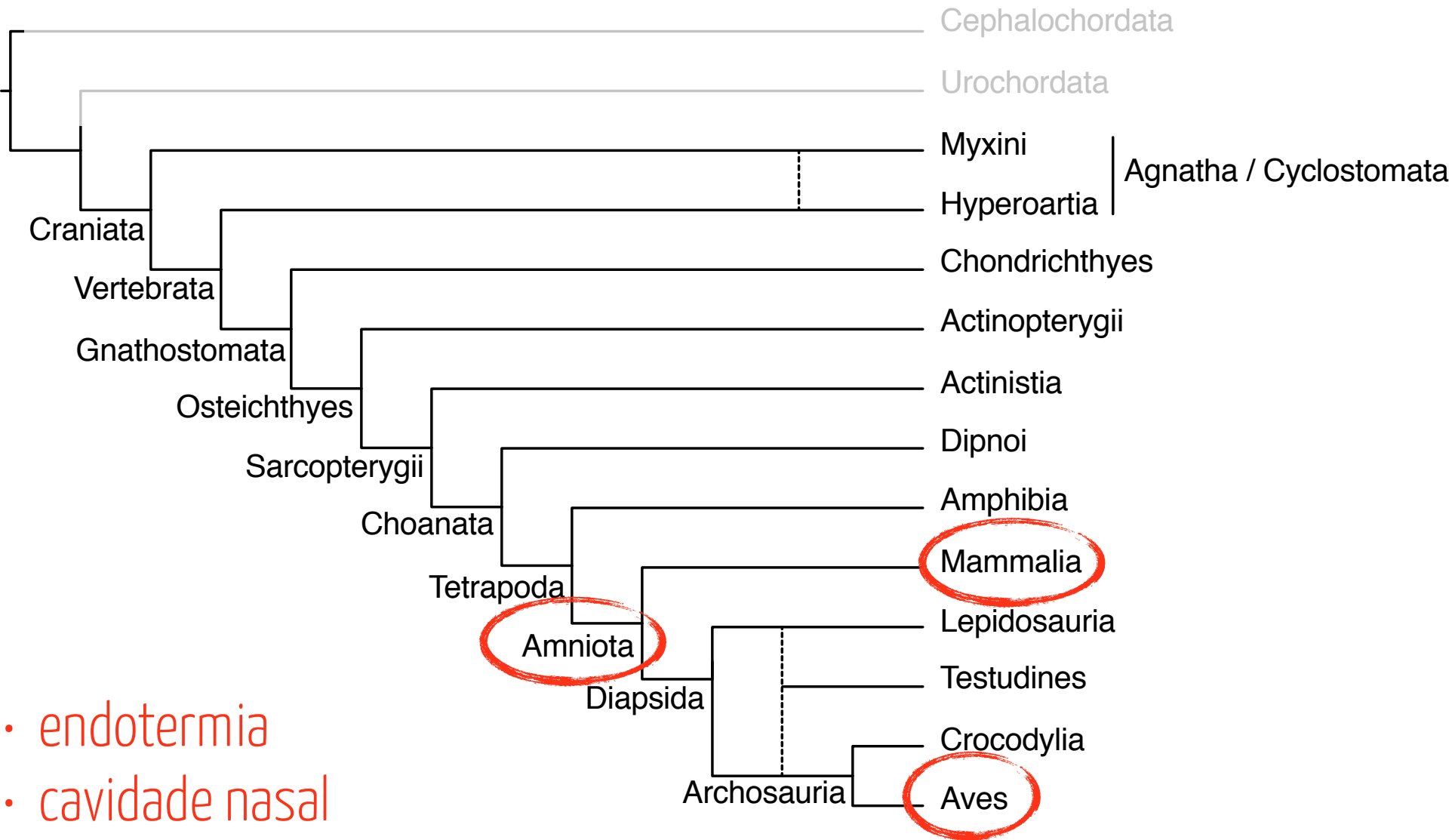
Tetrapoda: narina interna

Circuito olfativo



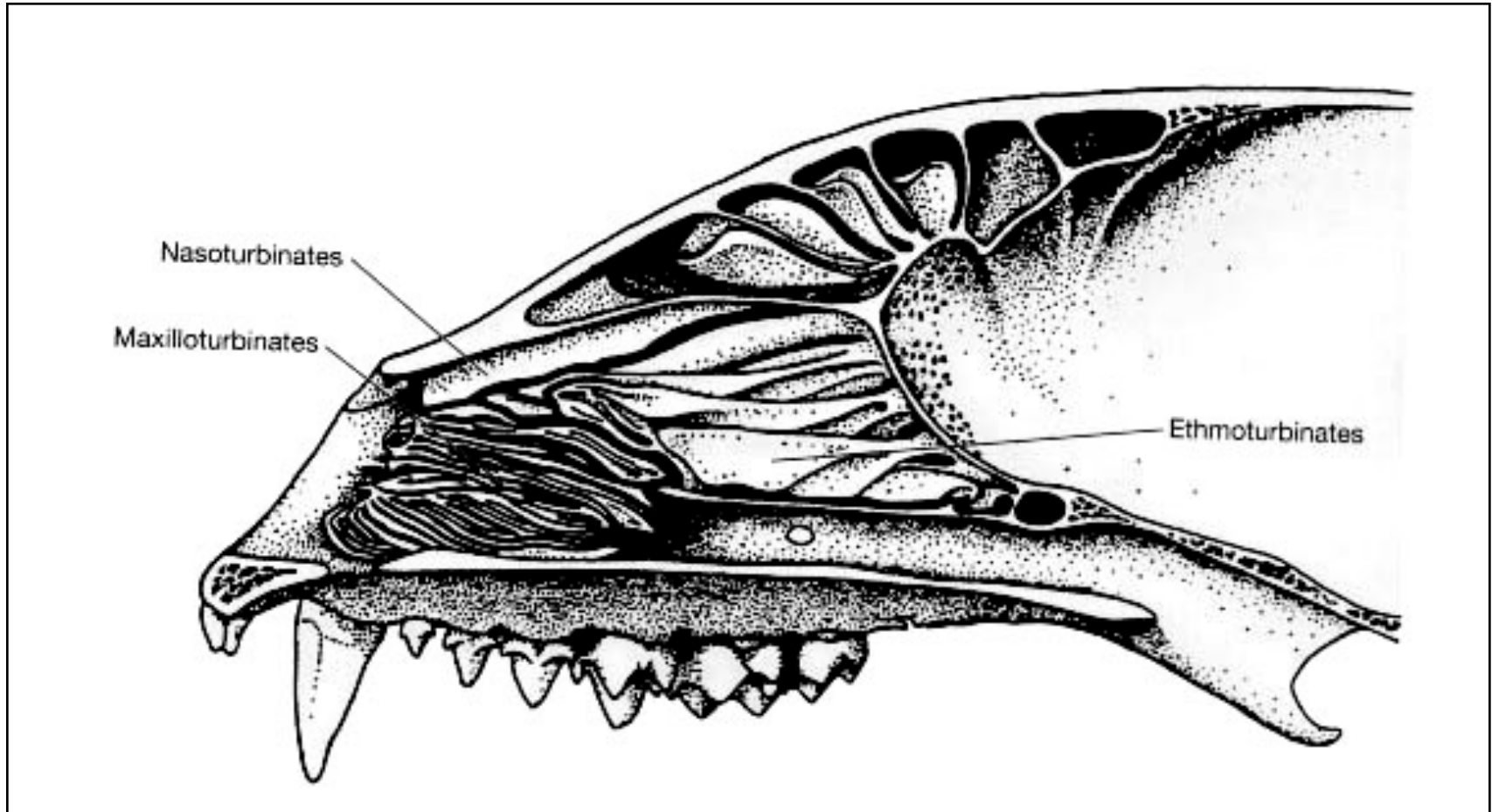
- hábitos noturnos
- marcação odorífera
- olfato importante

Circuito olfativo

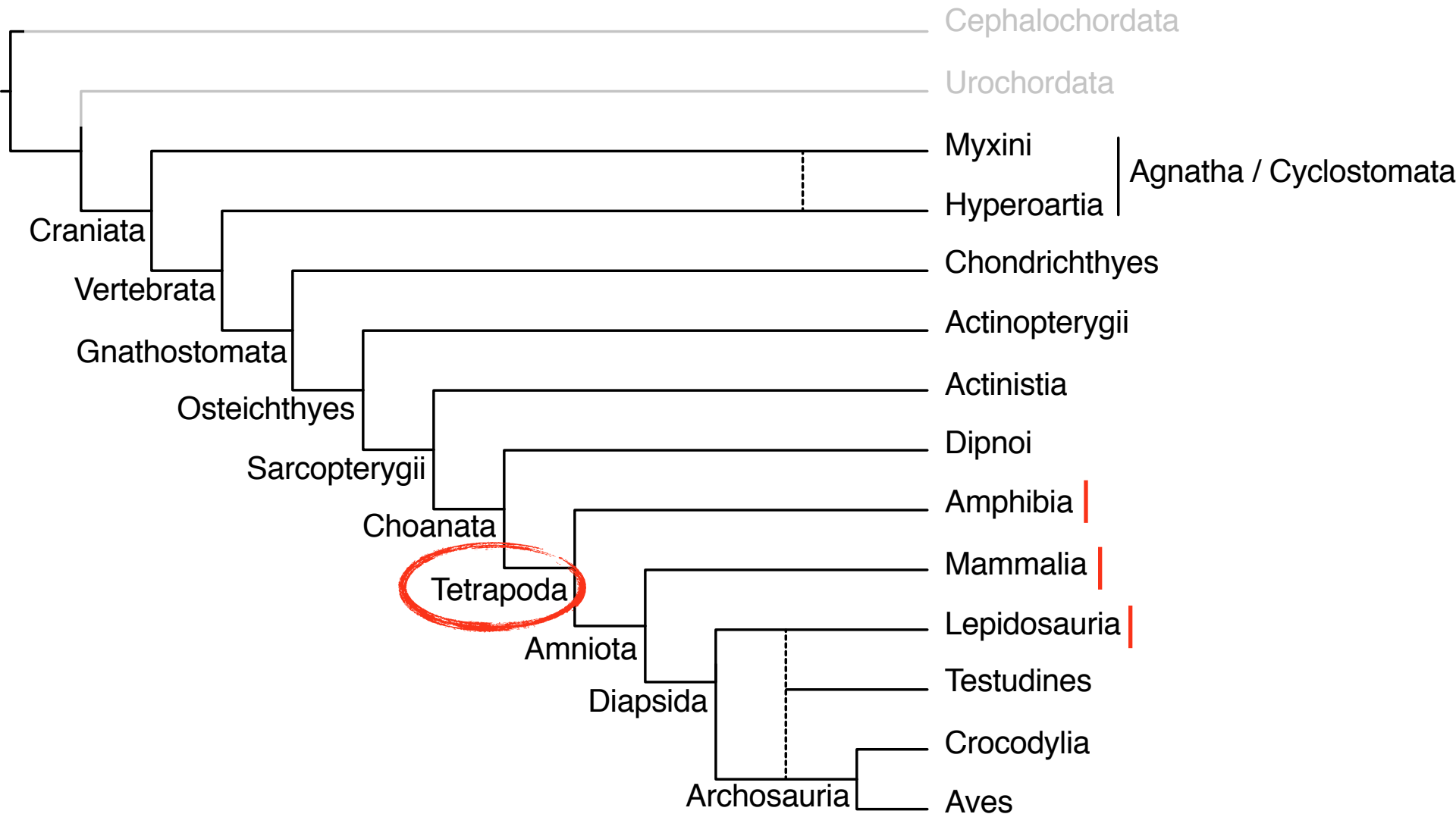


- endotermia
- cavidade nasal complexa (turbinados)

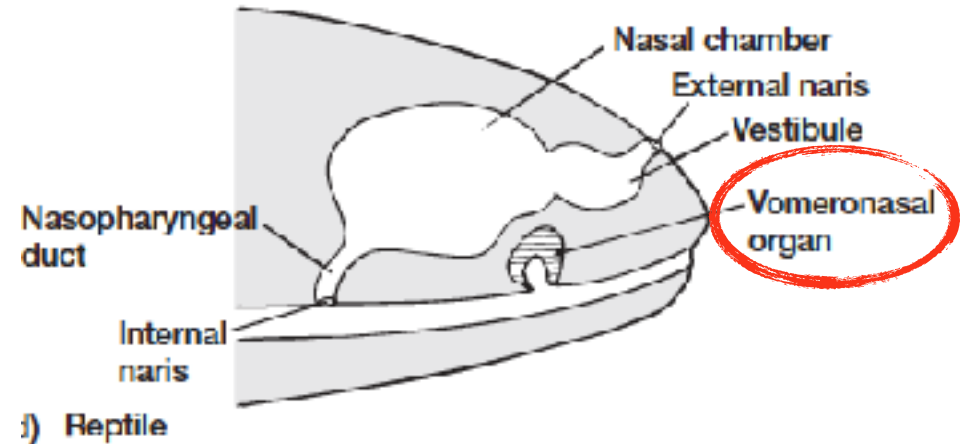
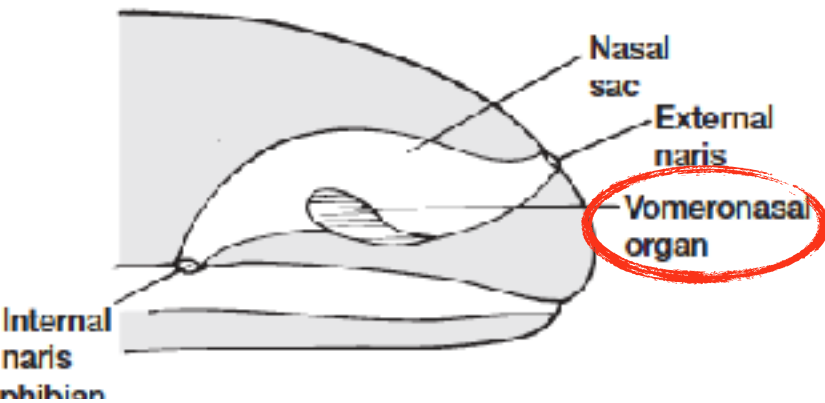
Circuito olfativo: turbinados



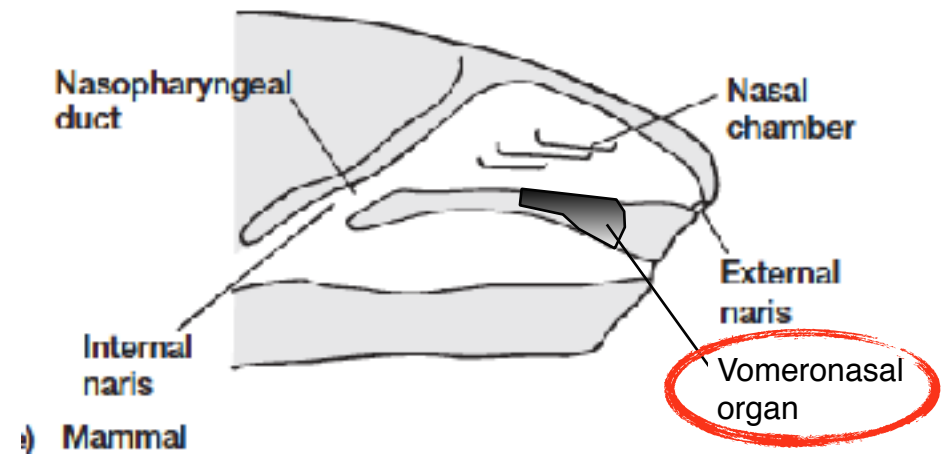
Órgão vomeronasal



ÓRGÃO VOMERONASAL

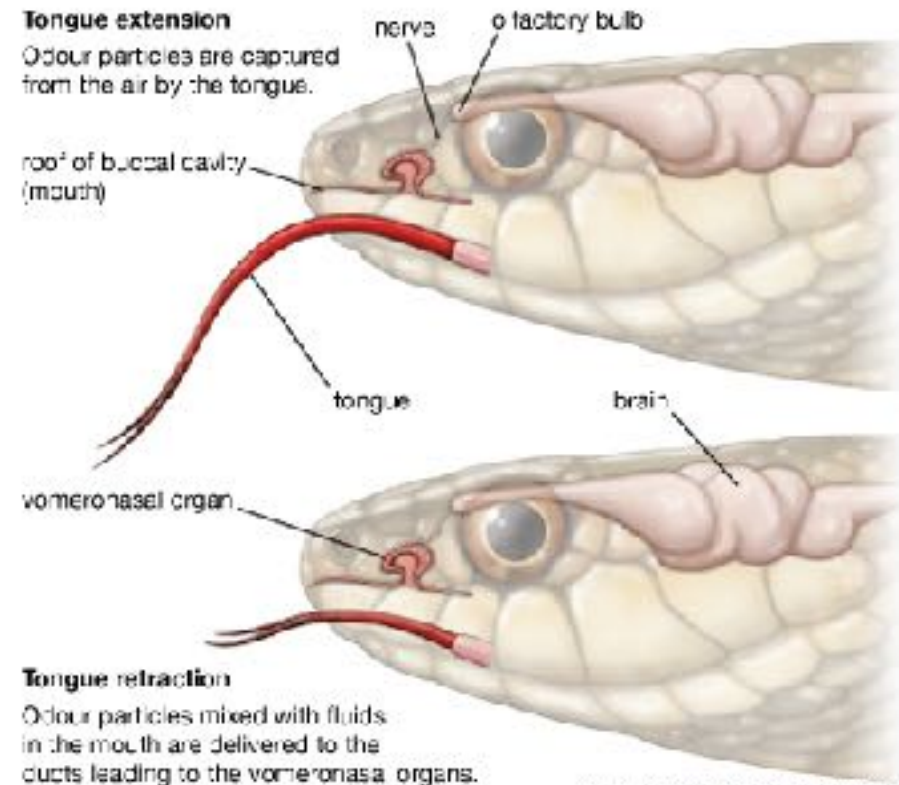


- Ausente em Aves e Crocodylia e most turtles
- Mammals: missing in bats, primates and aquatic mammals



ÓRGÃO VOMERONASAL

- Tetrapoda
- células semelhantes às do epitélio olfativo
- percepção química para comunicação social



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação



Mecanorreceptores

linha lateral

ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletorreceptores

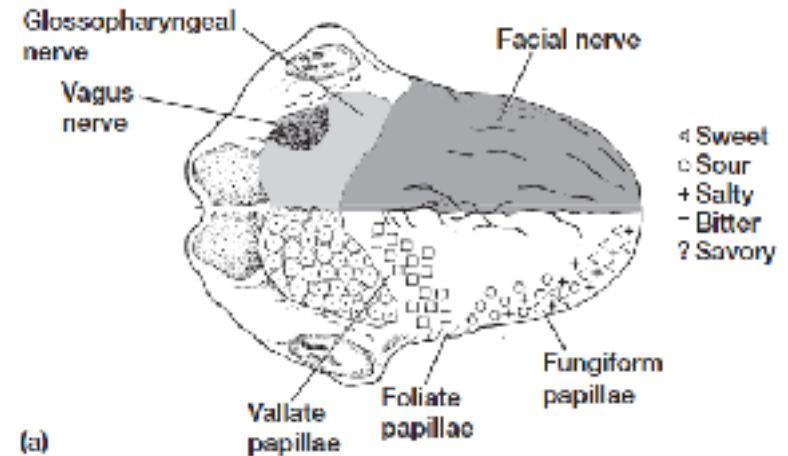
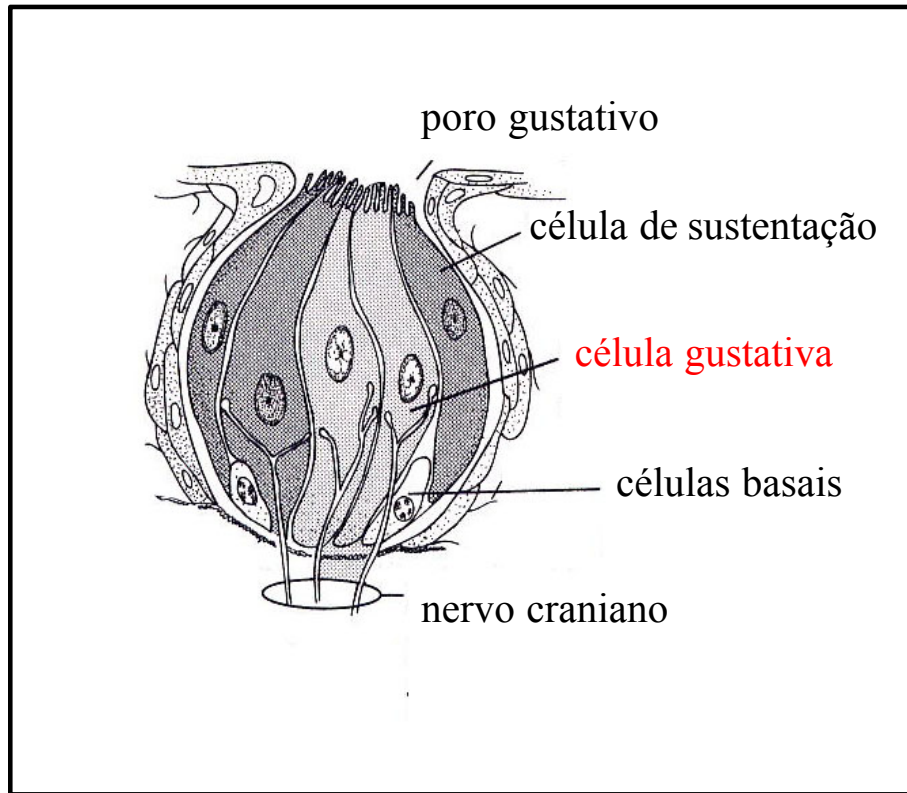
Receptores eletromagnéticos

olho

complexo pineal

receptores infra-vermelho

GUSTAÇÃO: componentes



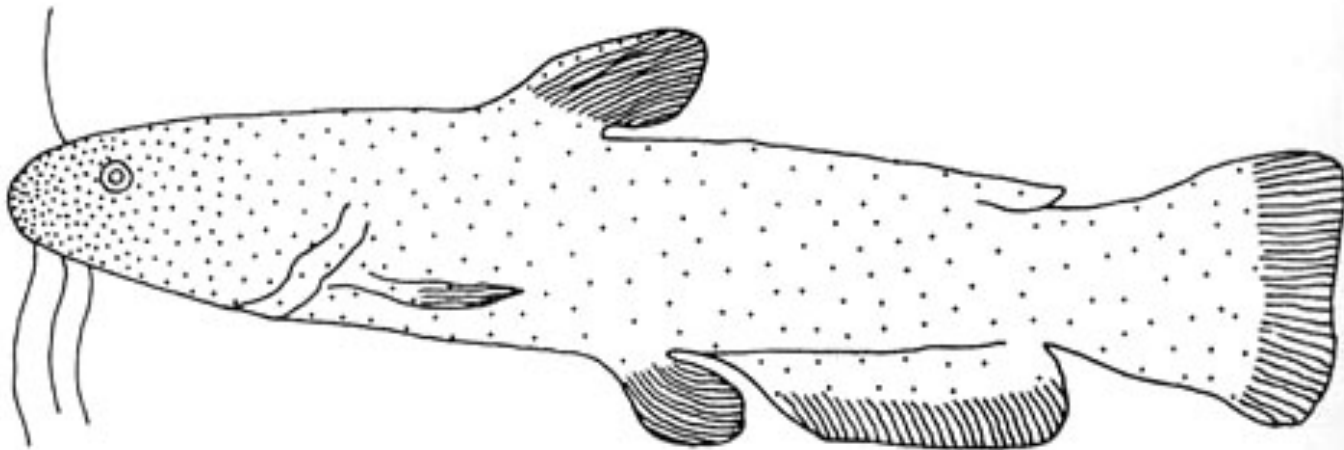
botões gustativos - alimentação (primariamente)
receptores secundários (cél. não nervosas)

GUSTAÇÃO: filogenia

Peixes e Anfíbios – cavidade oral, faringe e superfície do corpo em peixes e estágios larvais de anfíbios.

Tetrapoda – cavidade oral, faringe

Mamíferos – principalmente na língua carnosa



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

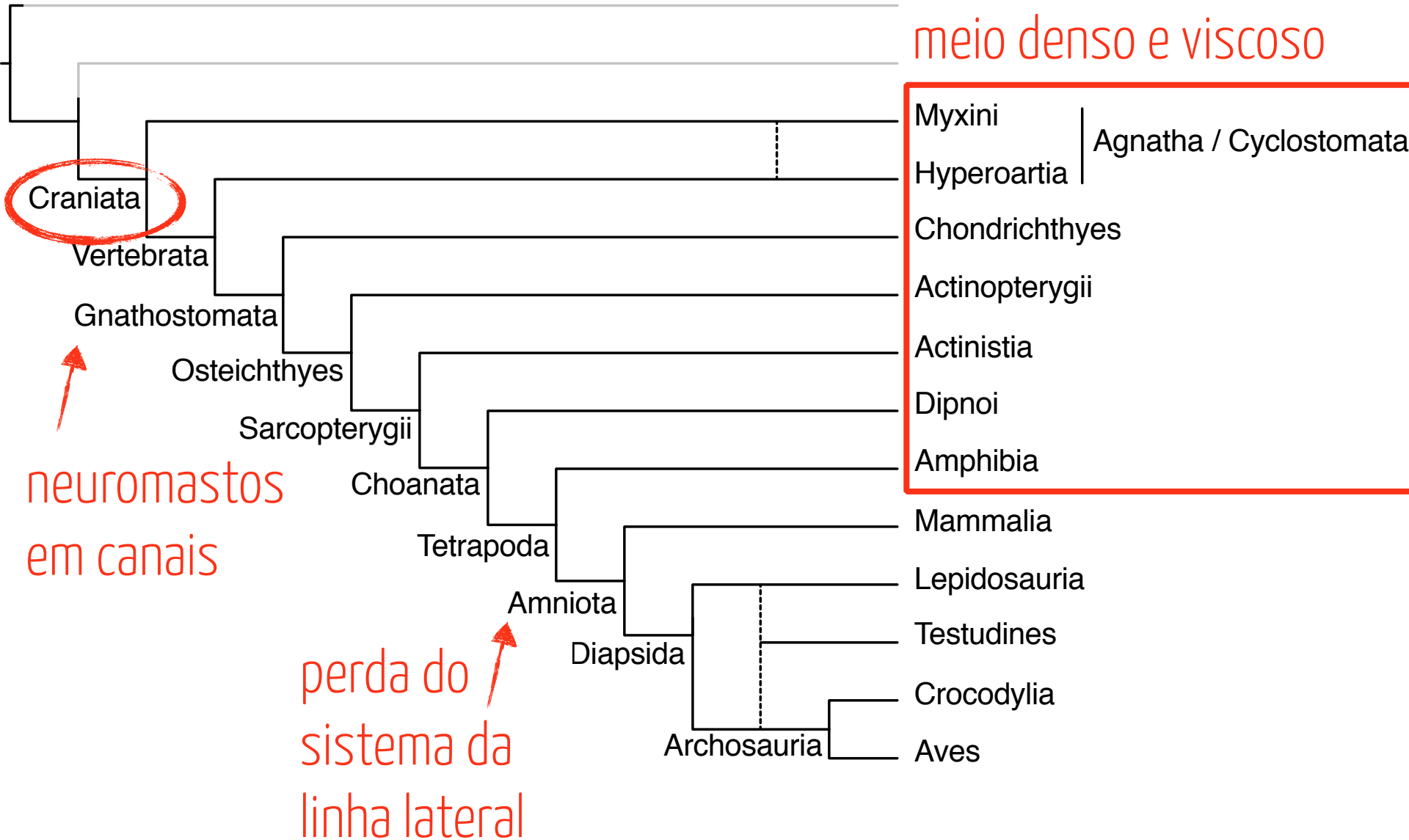
Receptores eletromagnéticos

olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho

Sistema da linha lateral

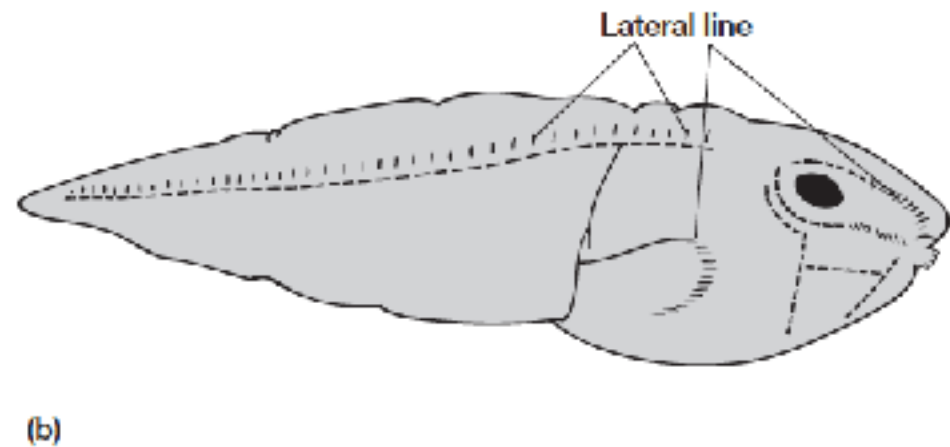
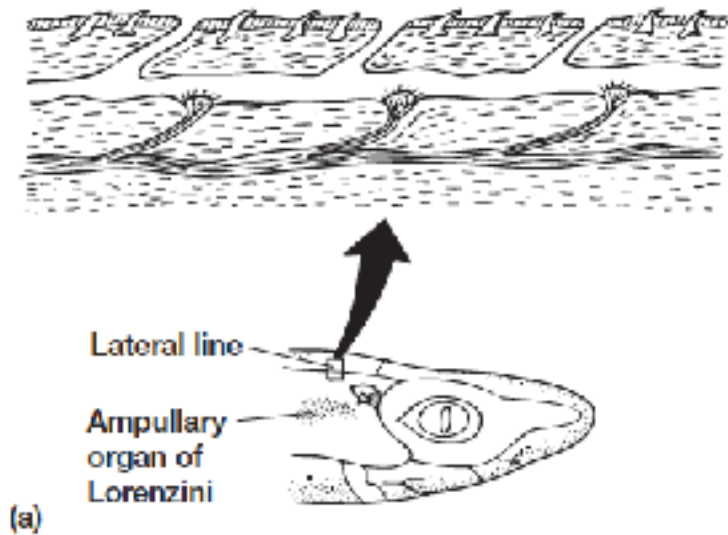
tato a distância

meio denso e viscoso



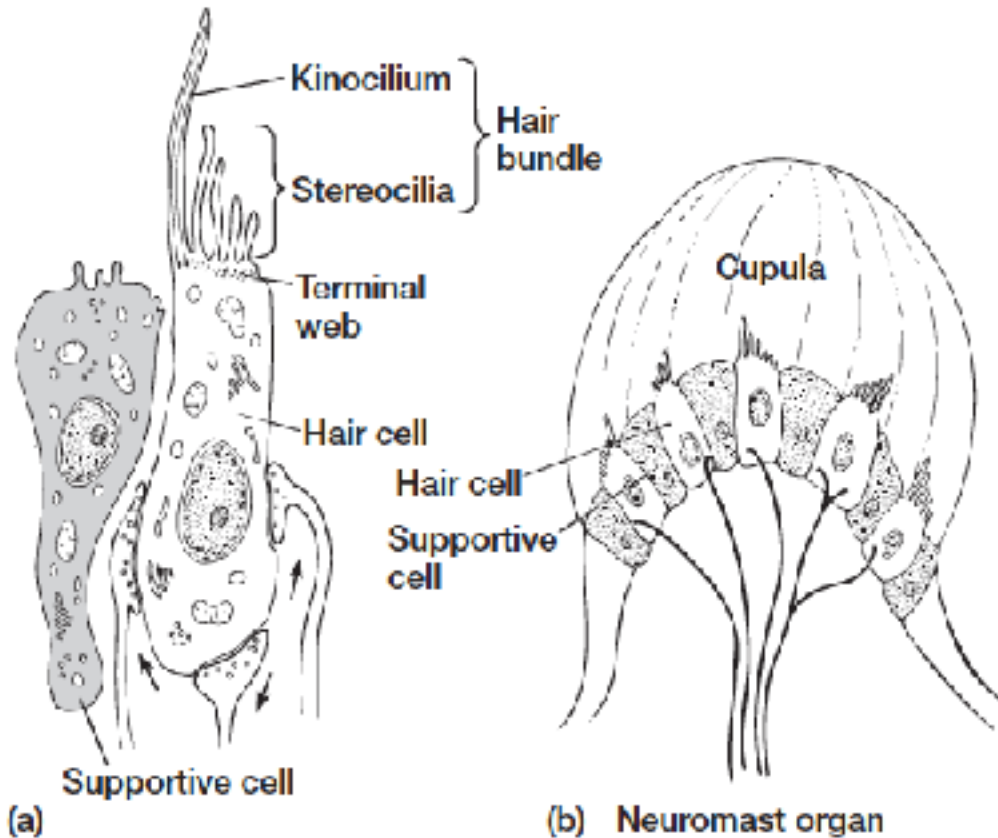
SISTEMA DA LINHA LATERAL

- Petromyzontiformes, Chondrichthyes, Actinopterygii, Dipnoi e anfíbios aquáticos
- neuromastos na cabeça e lateral do corpo



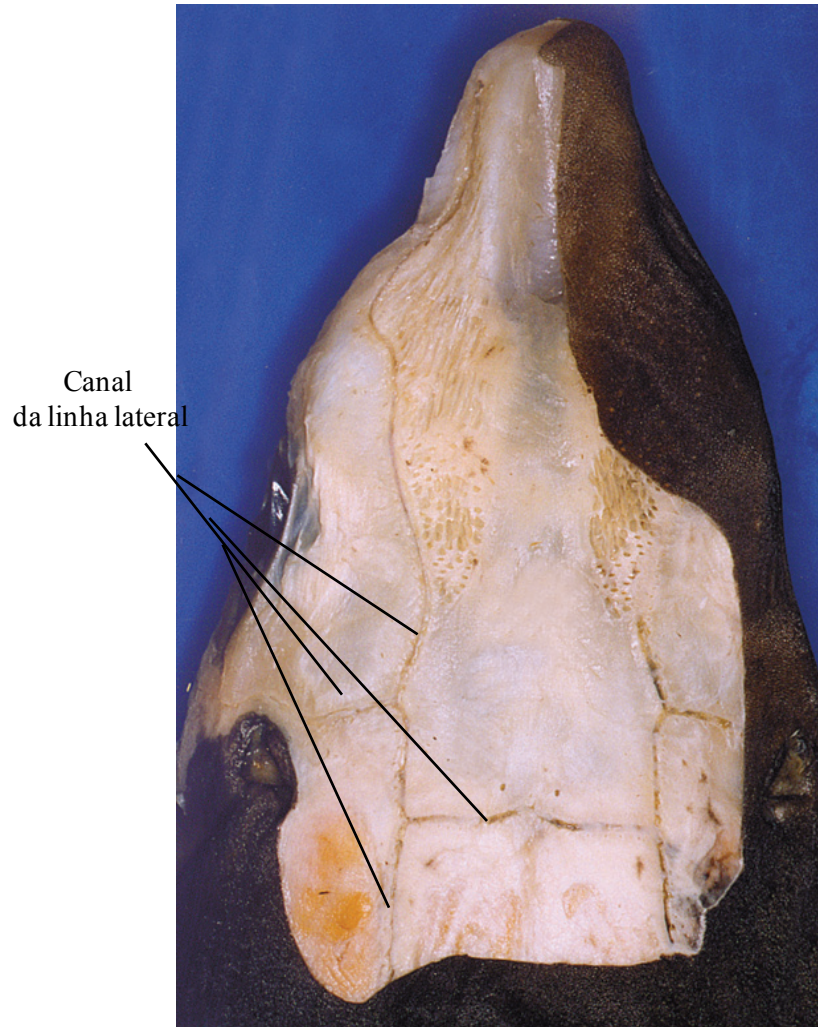
SISTEMA DA LINHA LATERAL: mecanorreceptores

- respondem a estímulos mecânicos (pressão)
- ouvido interno & linha lateral = mesma estrutura básica

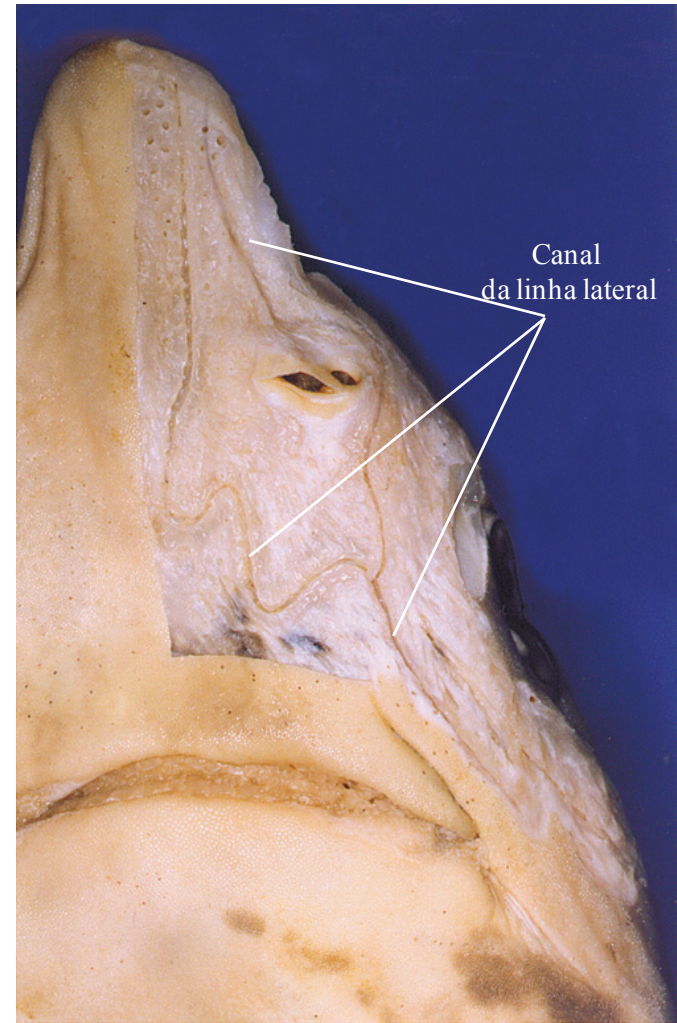


neuromasto =
órgão sensorial
dos sistemas
lateral/acústico/
vestibular

SISTEMA DA LINHA LATERAL



Dorsal



Ventral

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

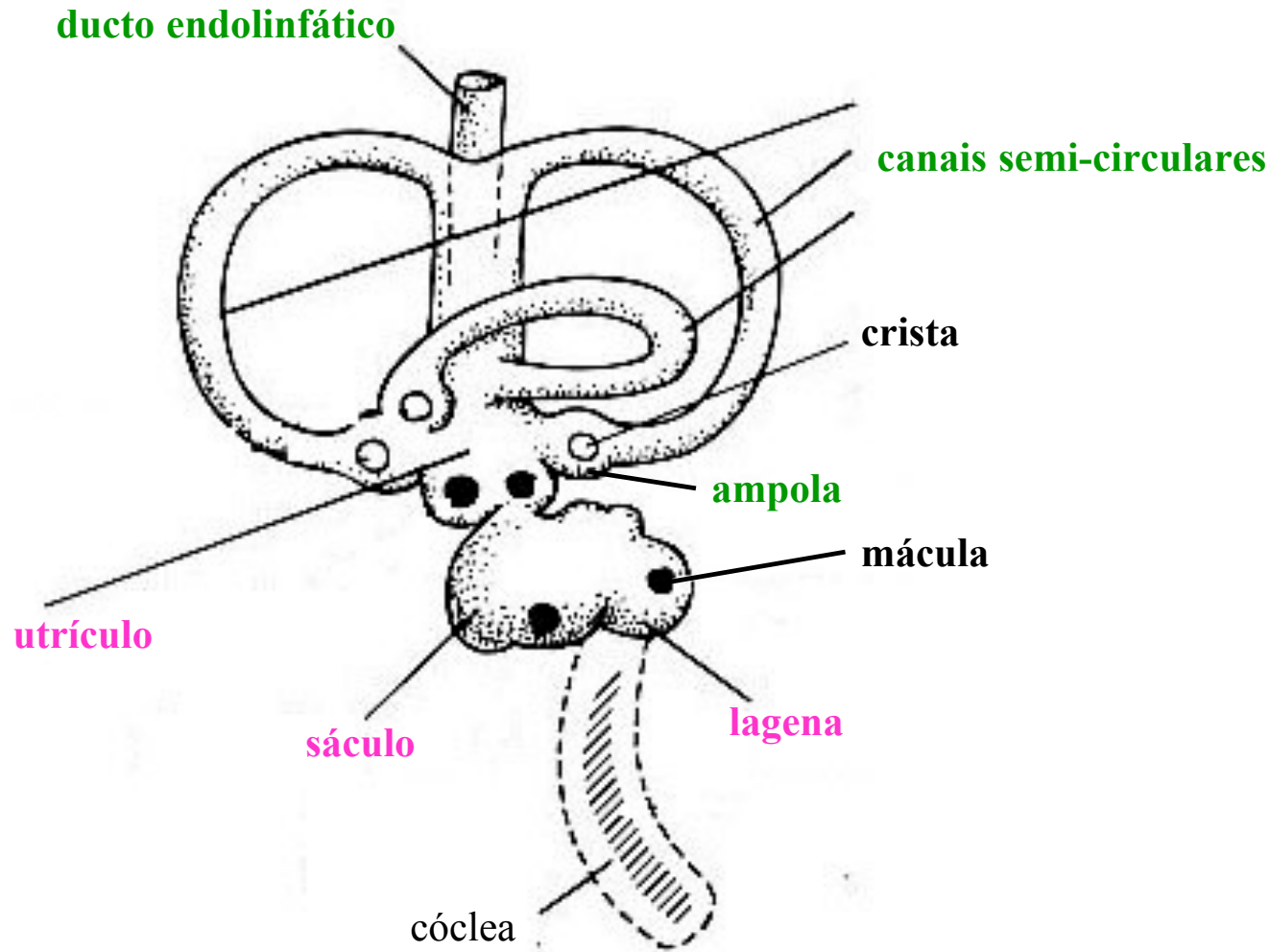
linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

Receptores eletromagnéticos

olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho

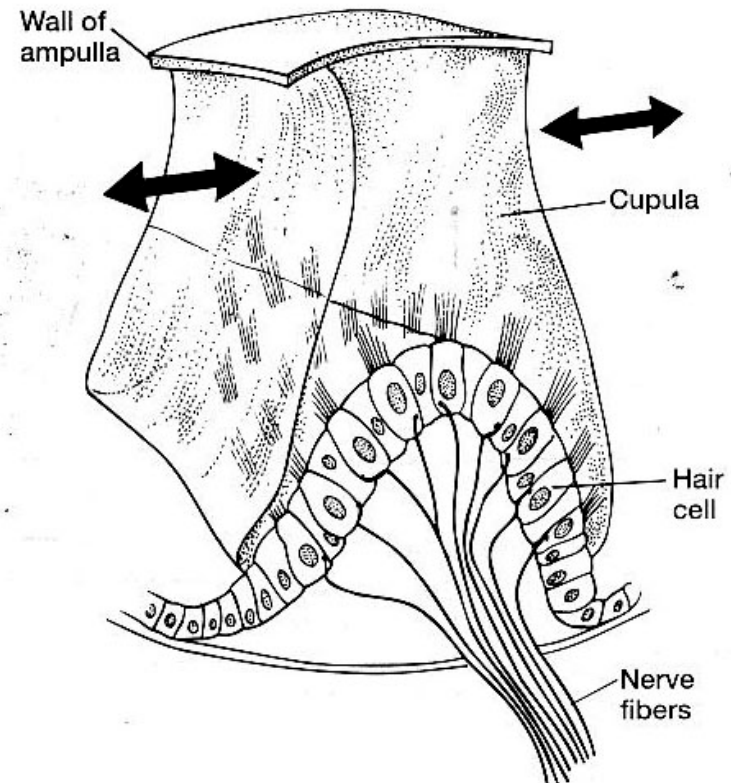
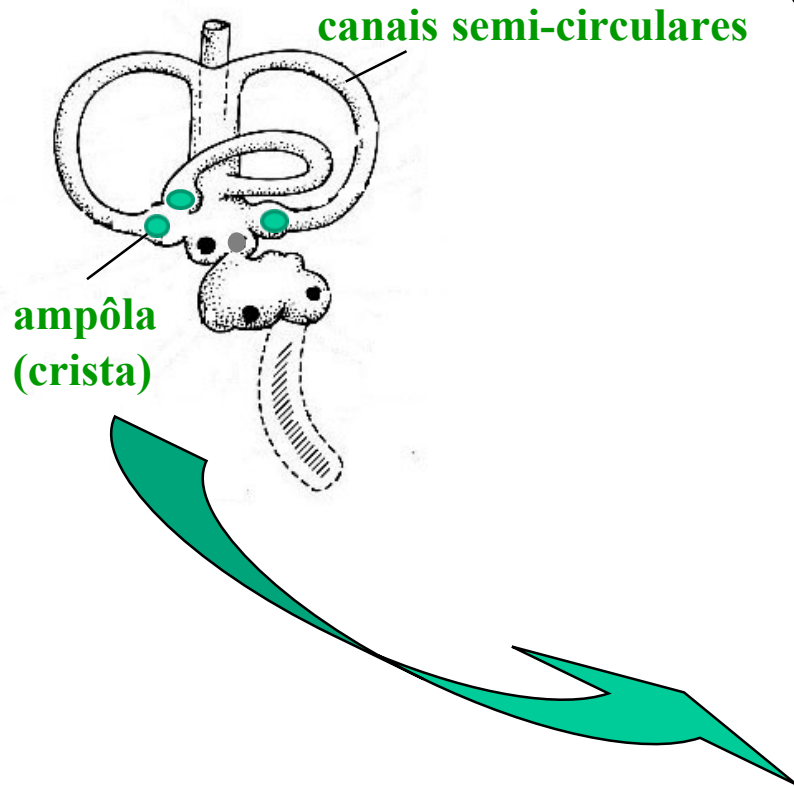
OUVIDO INTERNO: aparato vestibular



- preenchido por endolinfa e circundado por perilinfa

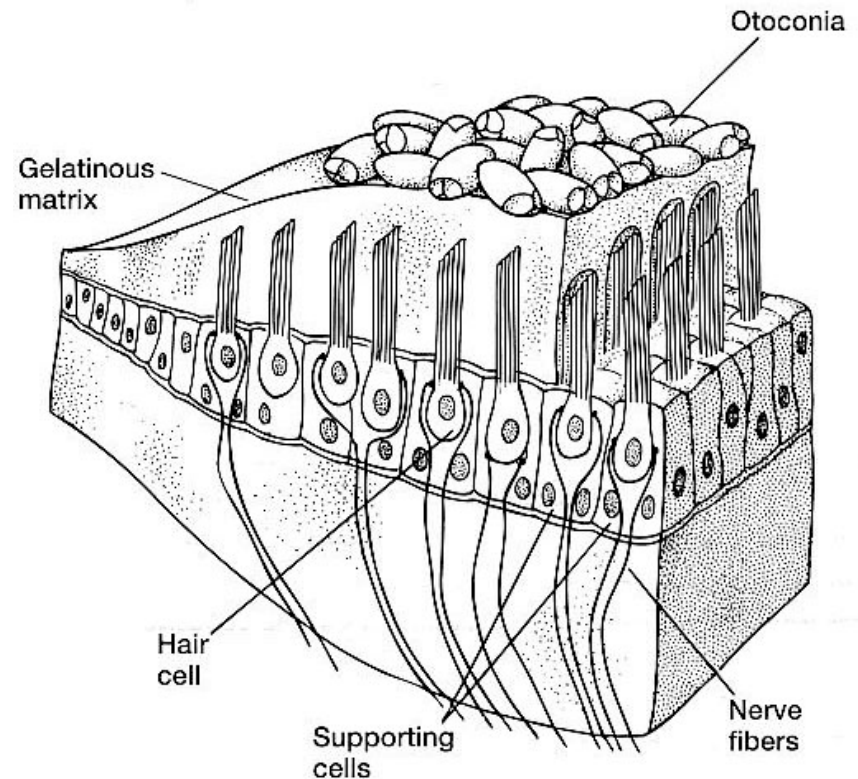
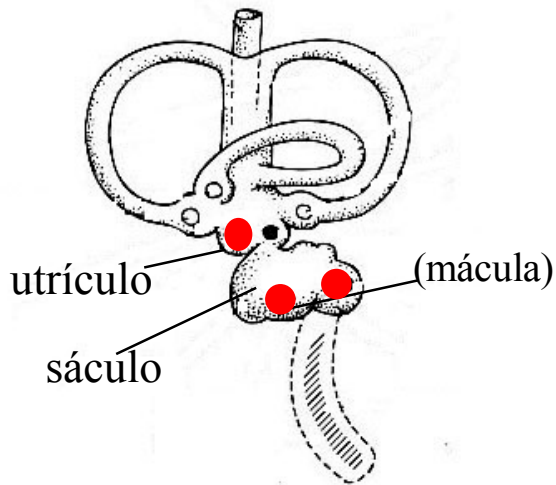
OUVIDO INTERNO: aparato vestibular

- equilíbrio
- orientados nos três planos do espaço
- cristas - aceleração angular (= rotação)



OUVIDO INTERNO: aparato vestibular

- equilíbrio estático
- máculas - aceleração linear; gravidade
- statoconia e otólitos (carbonato de cálcio)



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

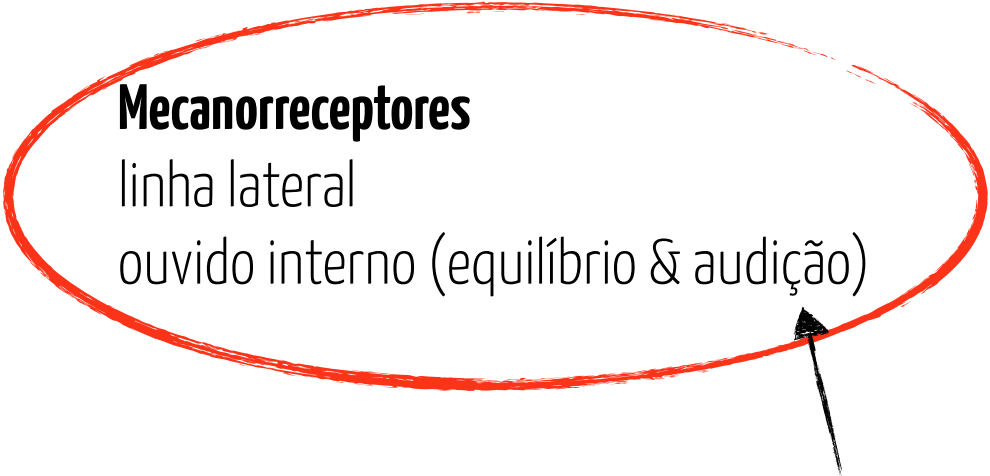
- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

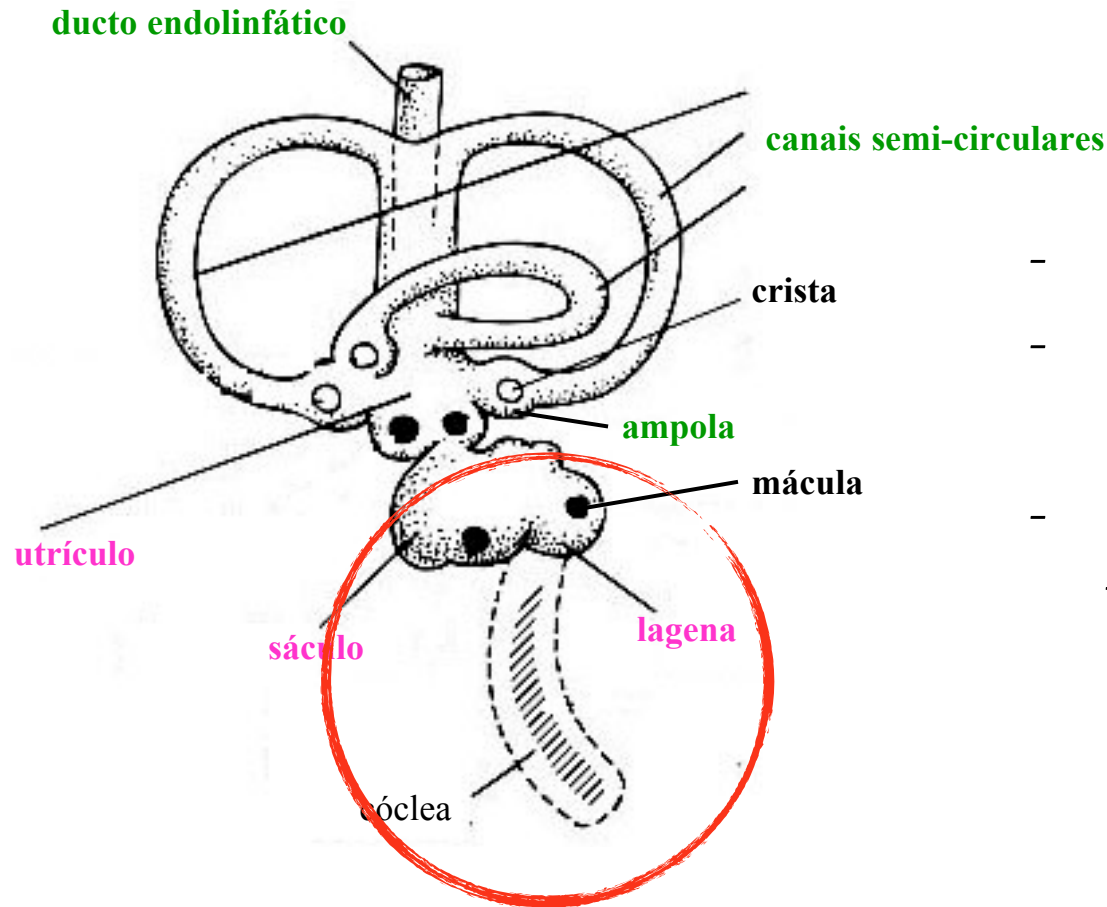


Eletorreceptores

Receptores eletromagnéticos

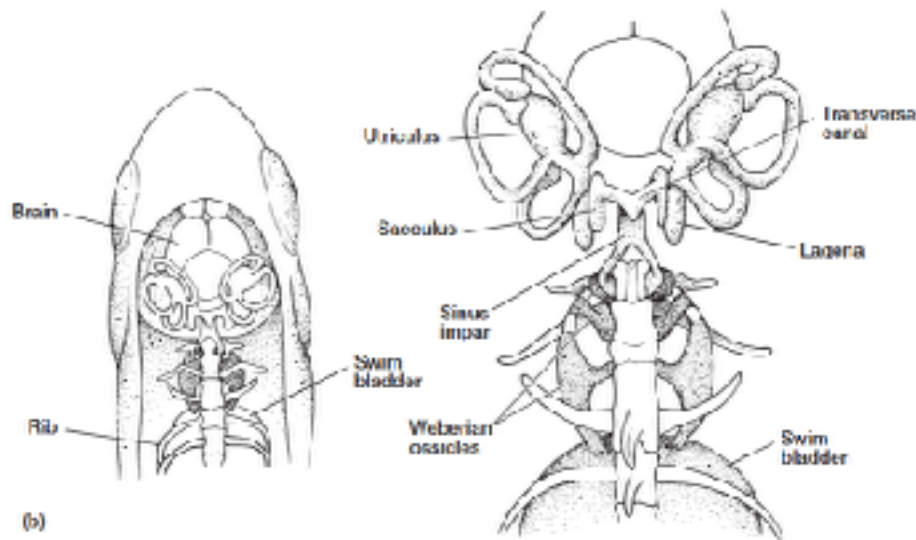
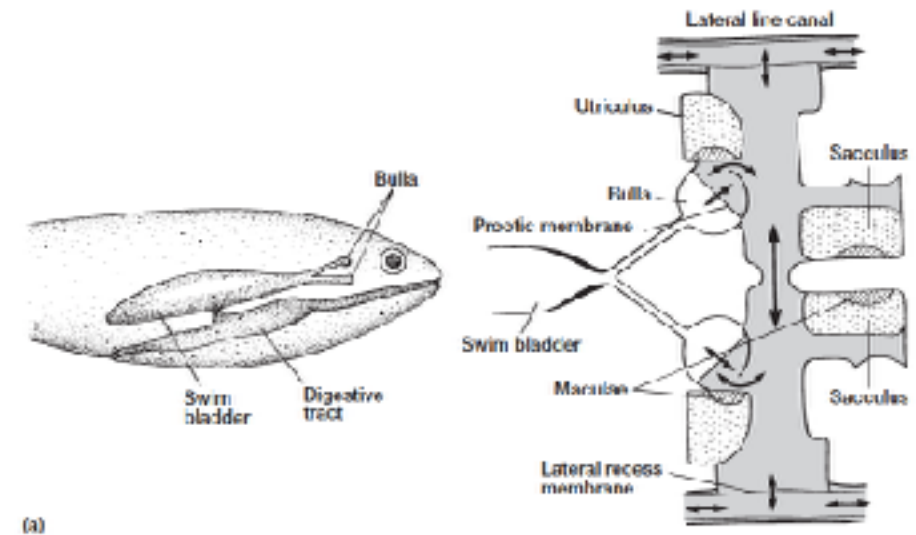
olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho

OUVIDO INTERNO: audição

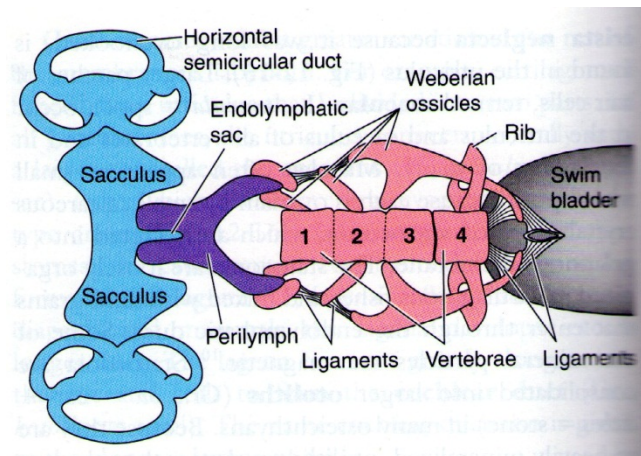


- Lagena envolvida na audição
- neuromastos especializados na audição
- Mammalia: lagena espiralada formando a cóclea

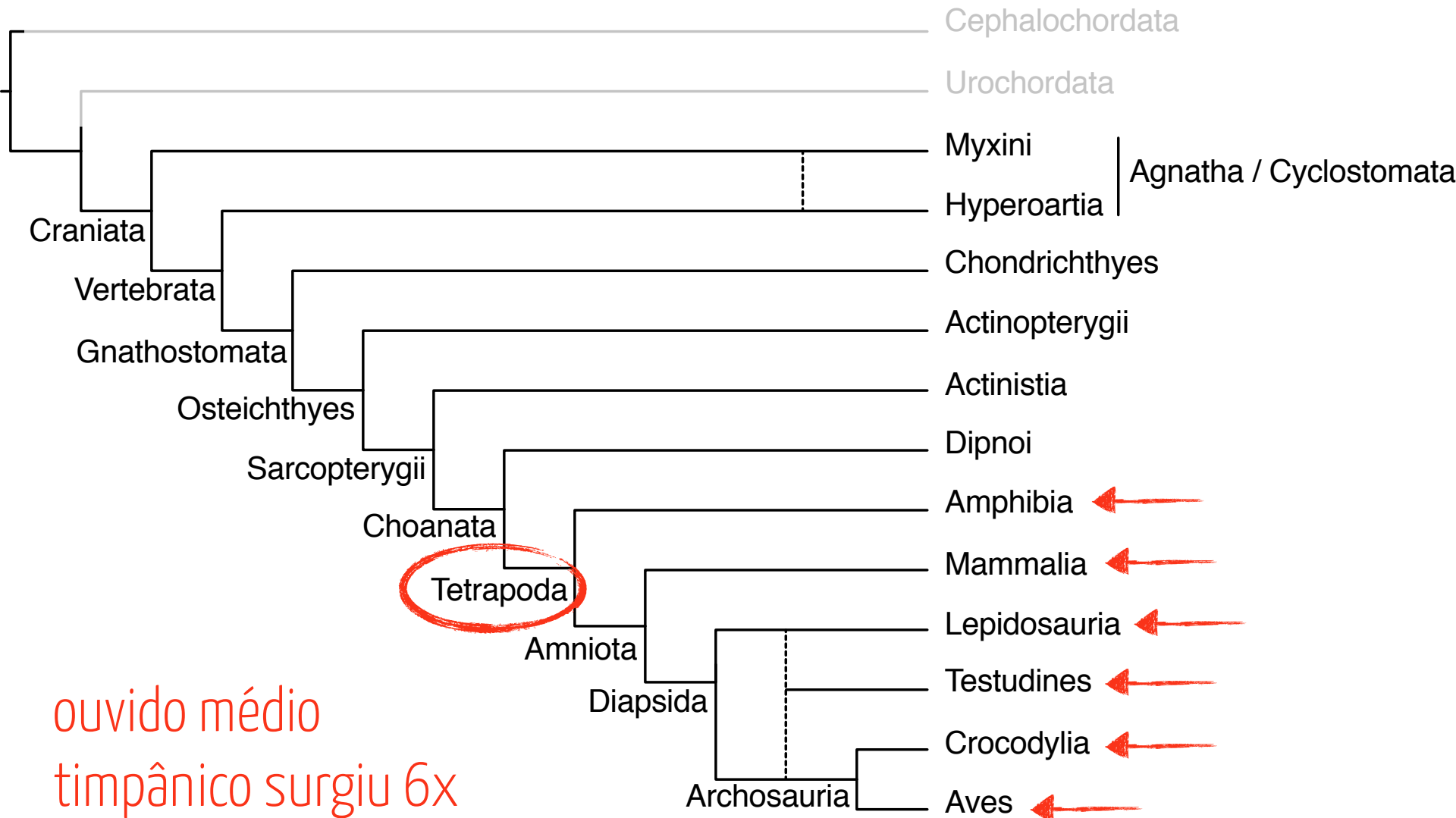
AUDIÇÃO: peixes



- não há ouvido médio
- transmissão direta do meio para o corpo
- vibrações transmitidas pela bexiga natatória



OUVIDO MÉDIO: filogenia



ouvido médio
timpânico surgiu 6x
independentemente

OUVIDO MÉDIO: audição

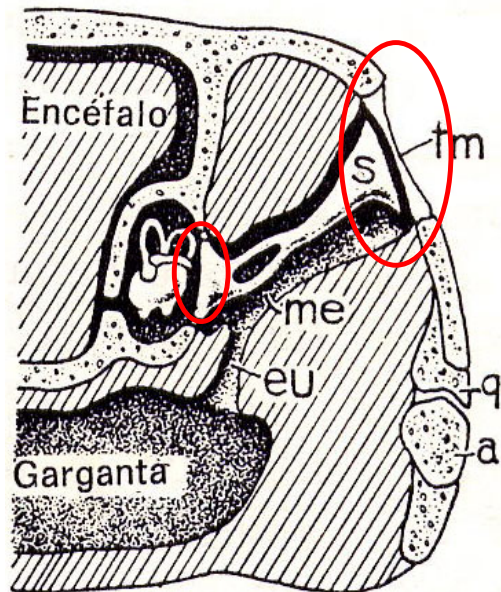
columela = estribo
quadrado = bigorna
articular = martelo

Tetrapoda

•ouvido médio

transformam ondas no ar em ondas no líquido
amplificam o som

Tetrapoda

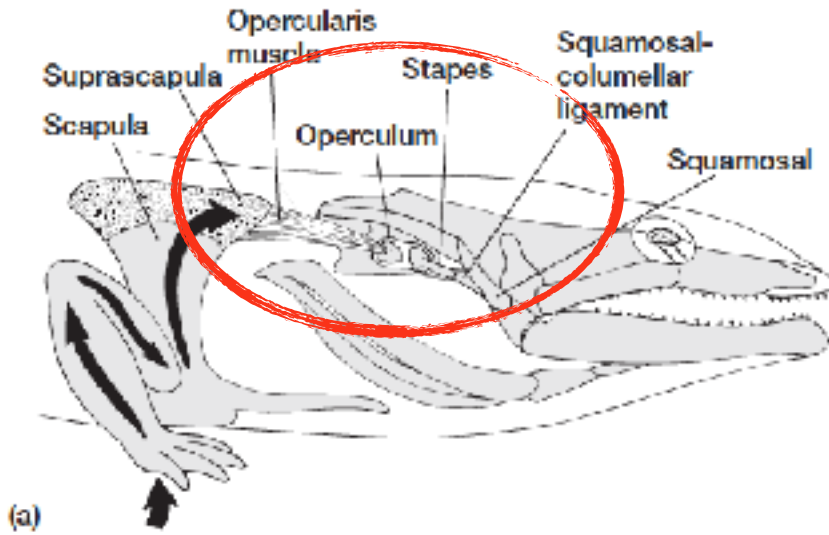


Componentes: (ouvido médio timpânico)
membrana timpânica
cavidade
ossículo

aquisição independente em diferentes linhagens:

OUVIDO MÉDIO: audição

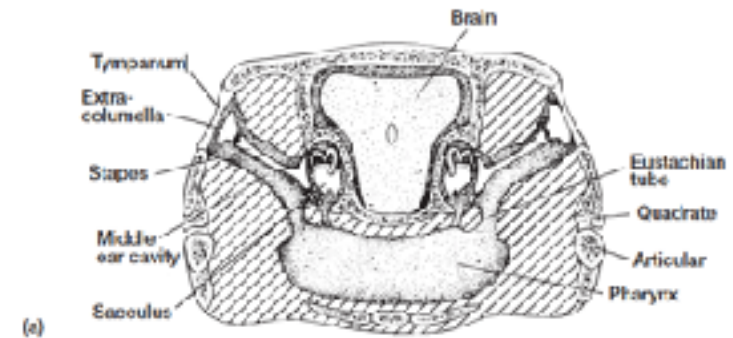
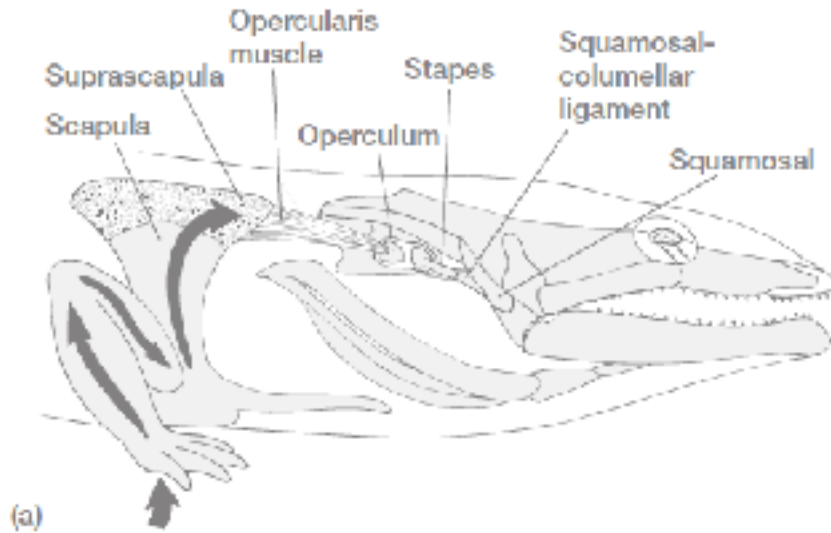
columela = estribo
quadrado = bigorna
articular = martelo



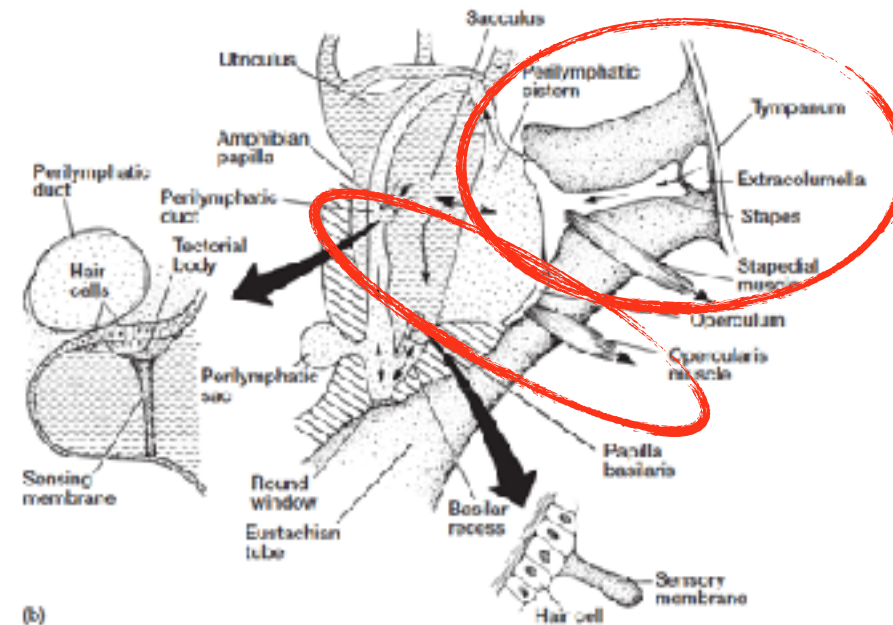
Salamandras - sem tímpano

OUVIDO MÉDIO: audição

columela = estribo
quadrado = bigorna
articular = martelo



Salamandras - sem tímpano



AUDIÇÃO: orelha externa

Mamíferos: pavilhão auditivo



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação

Mecanorreceptores

linha lateral

ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

Receptores eletromagnéticos

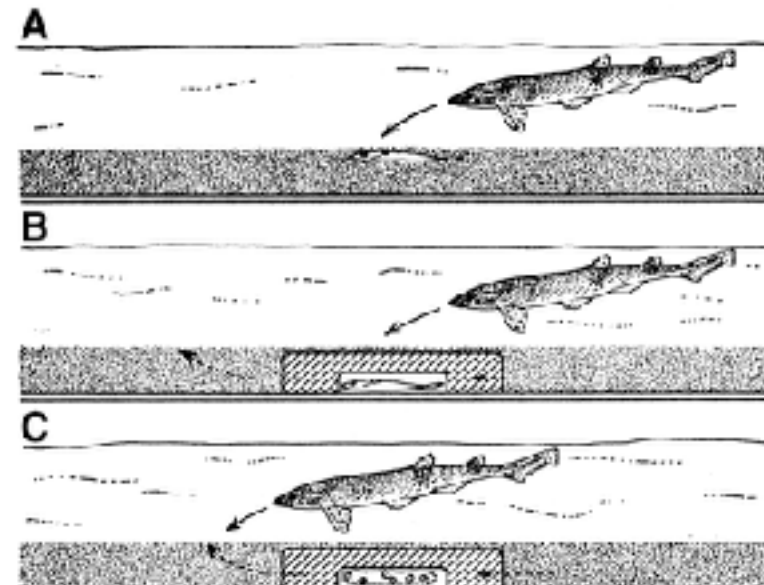
olho

complexo pineal

receptores infra-vermelho

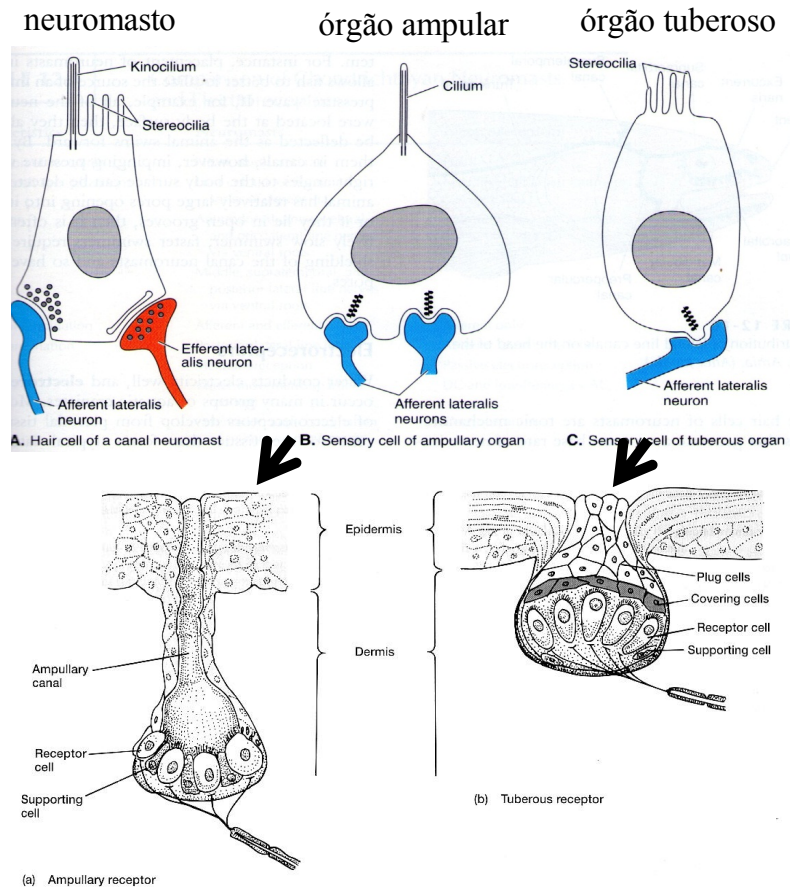
ELETORRECEPÇÃO

- percepção de impulsos elétricos
- (localização de presas; comunicação)
- possível na água



ELETORRECEPÇÃO: componentes

- Órgão ampular: sensível aos níveis ambientais de eletricidade
- Órgão tuberoso: encontrado apenas em peixes elétricos (capazes de produzir sinais elétricos)

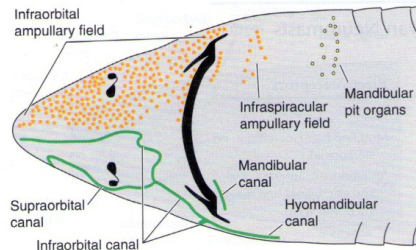


ex: Ampolas de Lorenzini (Chondrichthyes)
Baixa frequência

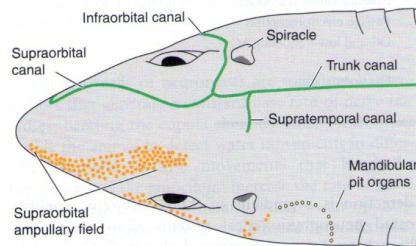
Eletrorreceptores presentes em alguns Teleostei (ex. Gymnotiformes, Mormyridae)
Alta frequência

ELETRORRECEPÇÃO: componentes

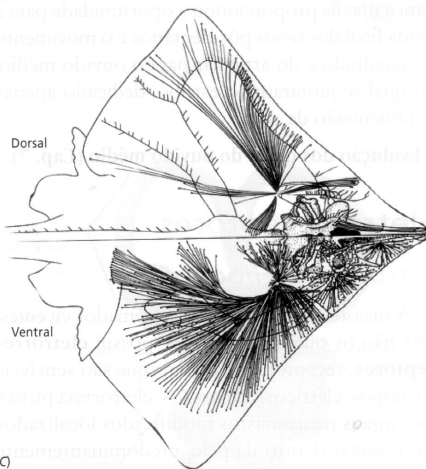
Elasmobranchii



A. Ventral view of a shark head

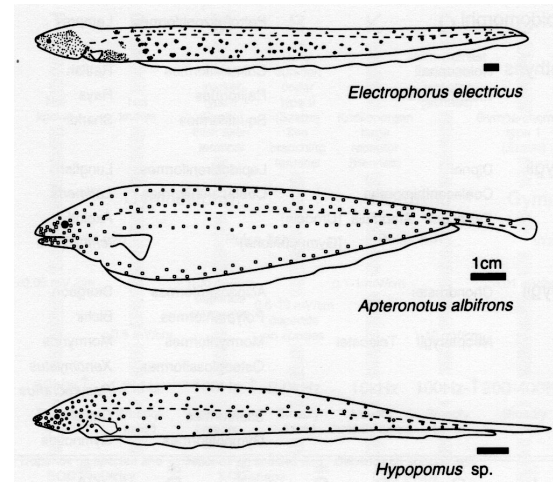
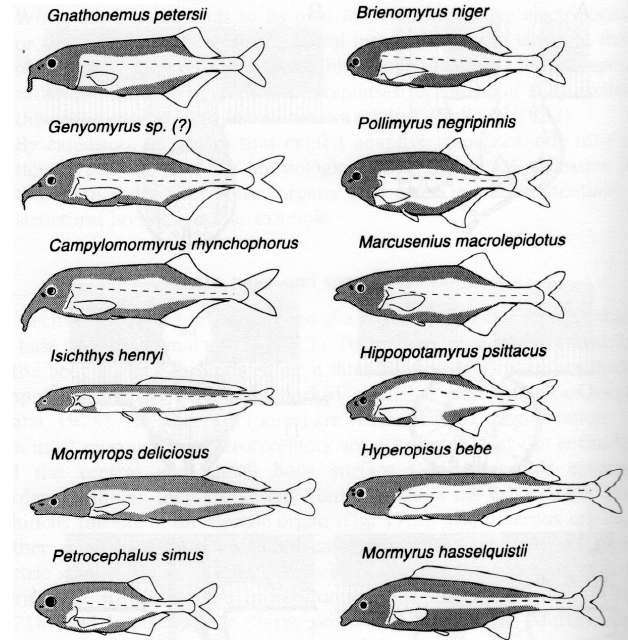


B. Dorsal view of a shark head



(C)

Teleostei



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

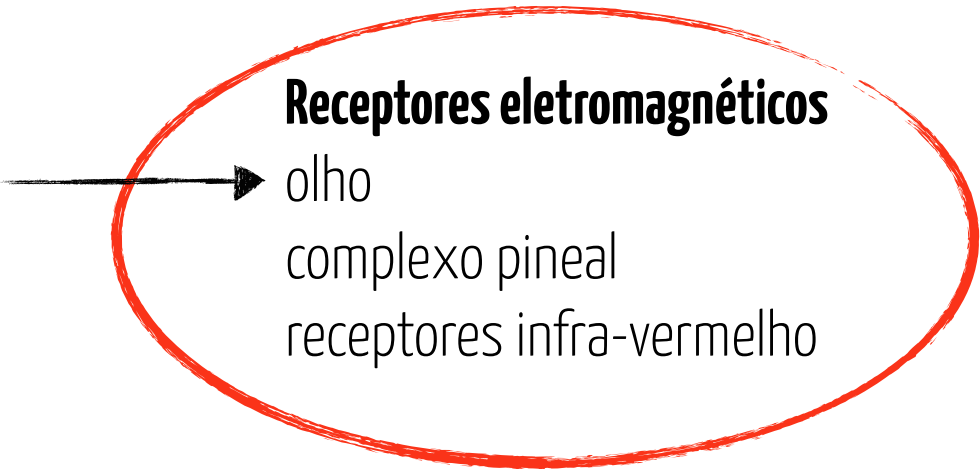
Mecanorreceptores

linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

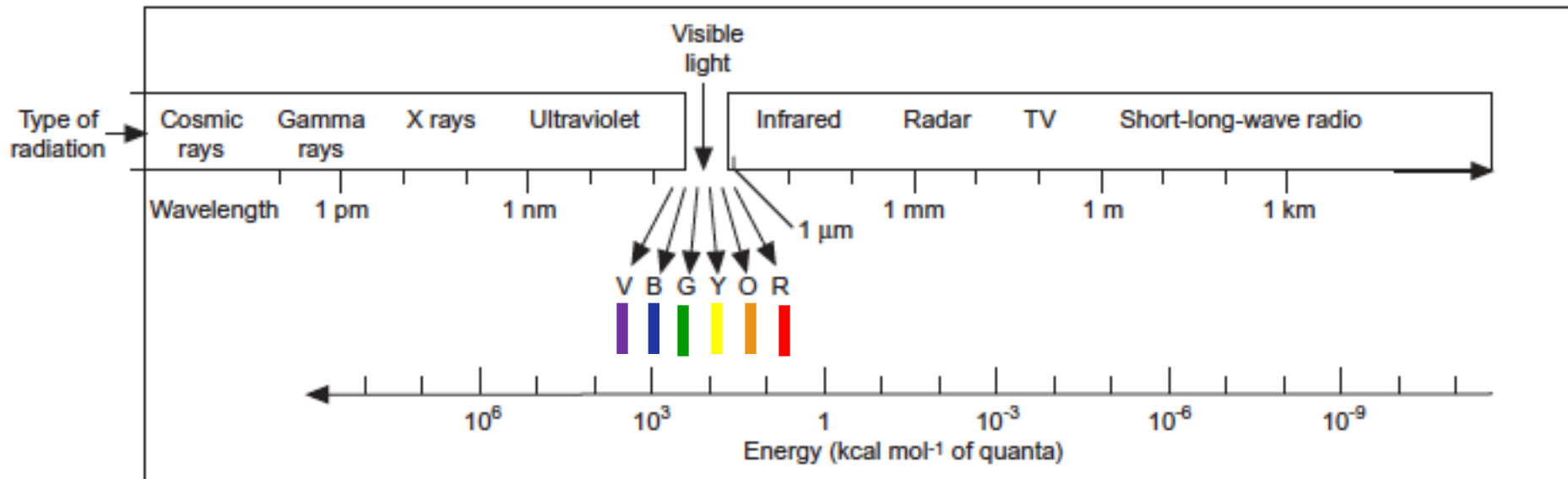
Receptores eletromagnéticos

olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho



RECEPTORES DE RADIAÇÃO

- espectro eletromagnético
- ondas de vários comprimentos
- luz visível (380-760 nm)

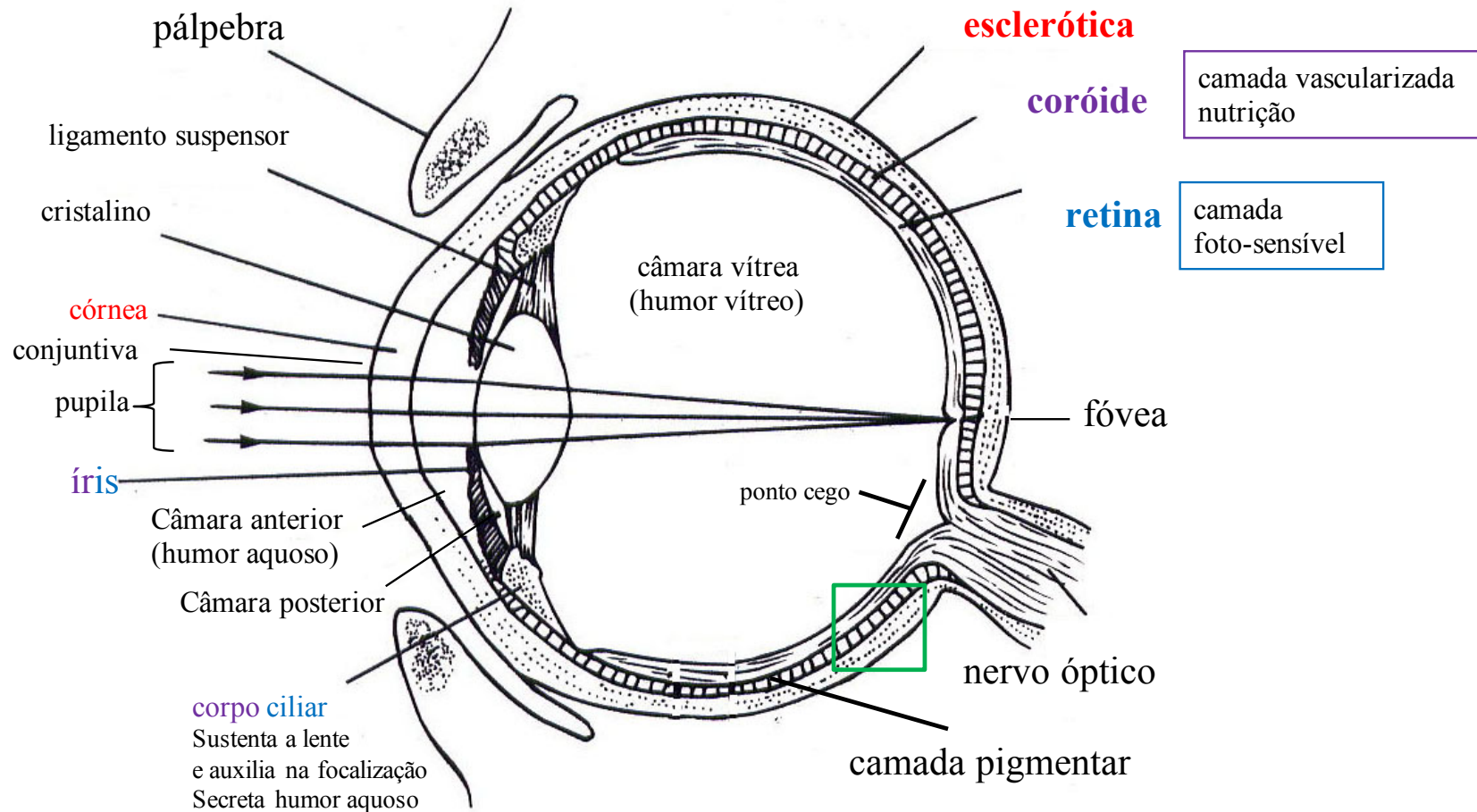


RECEPTORES DE RADIAÇÃO: olhos

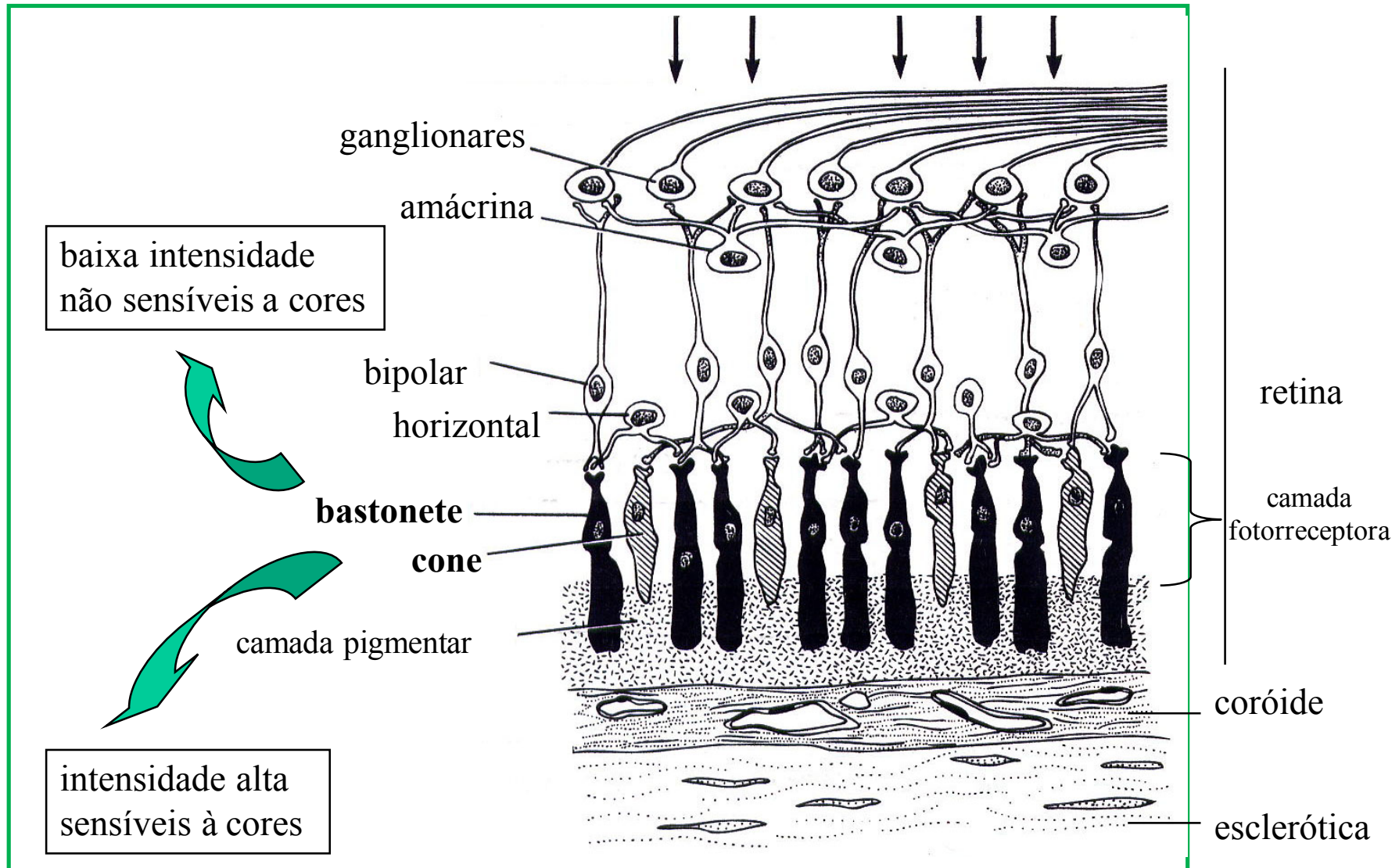
- fotorreceptor
- direciona a luz para células foto-sensíveis (imagens)
- foca luz vinda de diferentes distâncias (acomodação)
- diferenças de intensidade - contrastes
- diferenças de comprimento de onda – cores

RECEPTORES DE RADIAÇÃO: componentes

Camada de sustentação
tecido conjuntivo
anéis escleróticos
músculos extrínsecos



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: componentes



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: função

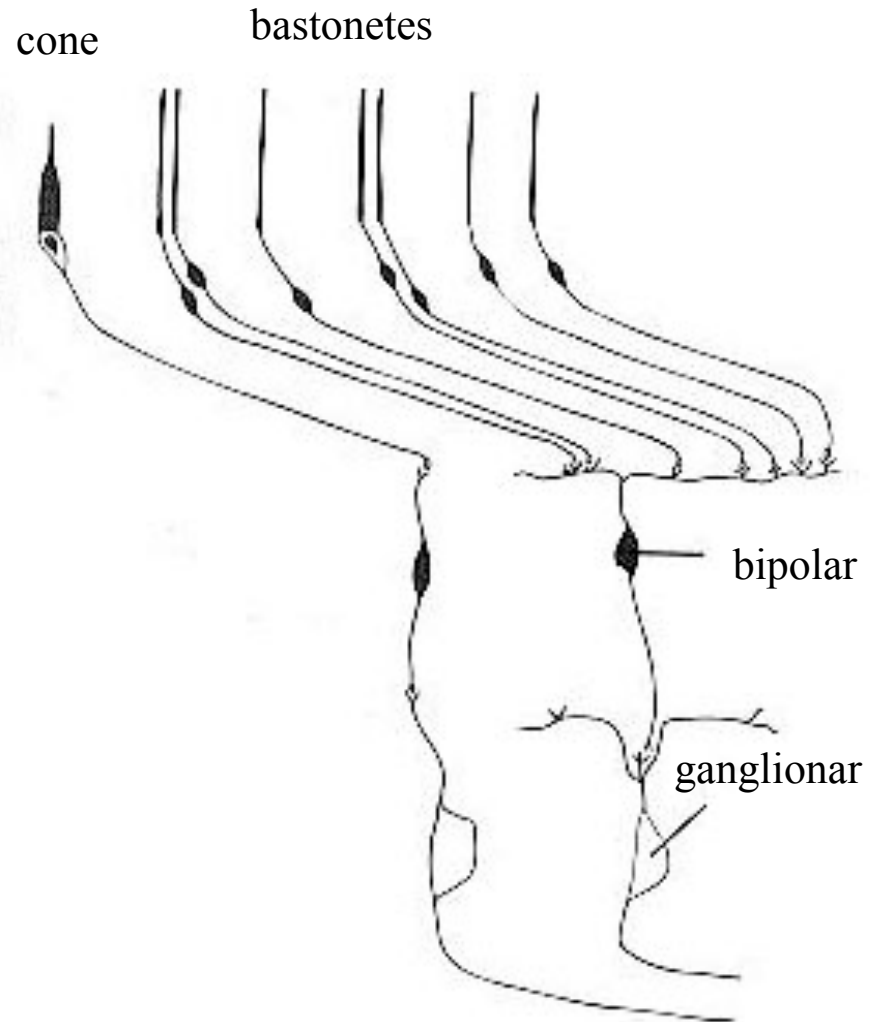
NOTURNO *versus* DIURNO

DIURNO

- muitos cones
- circuito um para um
- aumento da acuidade visual

NOTURNO

- muitos bastonetes
- vários para um
- aumento da sensibilidade
- perda de definição
- *tapetum lucidum* (várias estruturas diferentes)

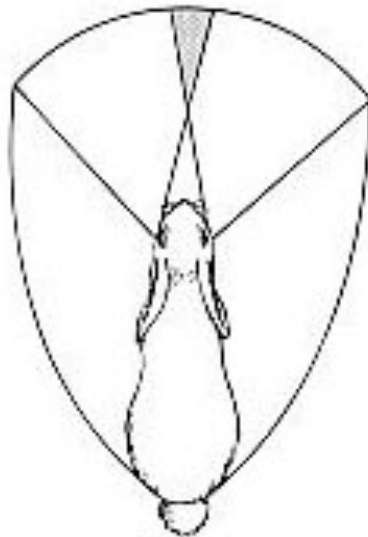


RECEPTORES DE RADIAÇÃO: função

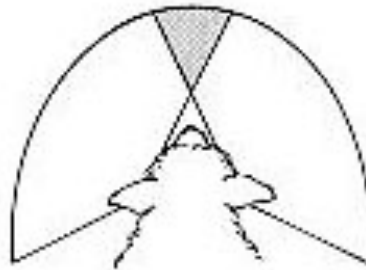
VISÃO MONOCULAR versus BINOCULAR

MONOCULAR

- olhos laterais
- campo visual amplo
- pouca sobreposição



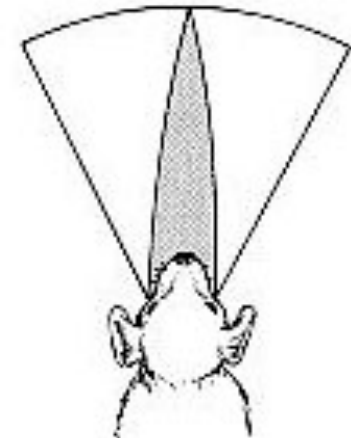
Hare



Sheep

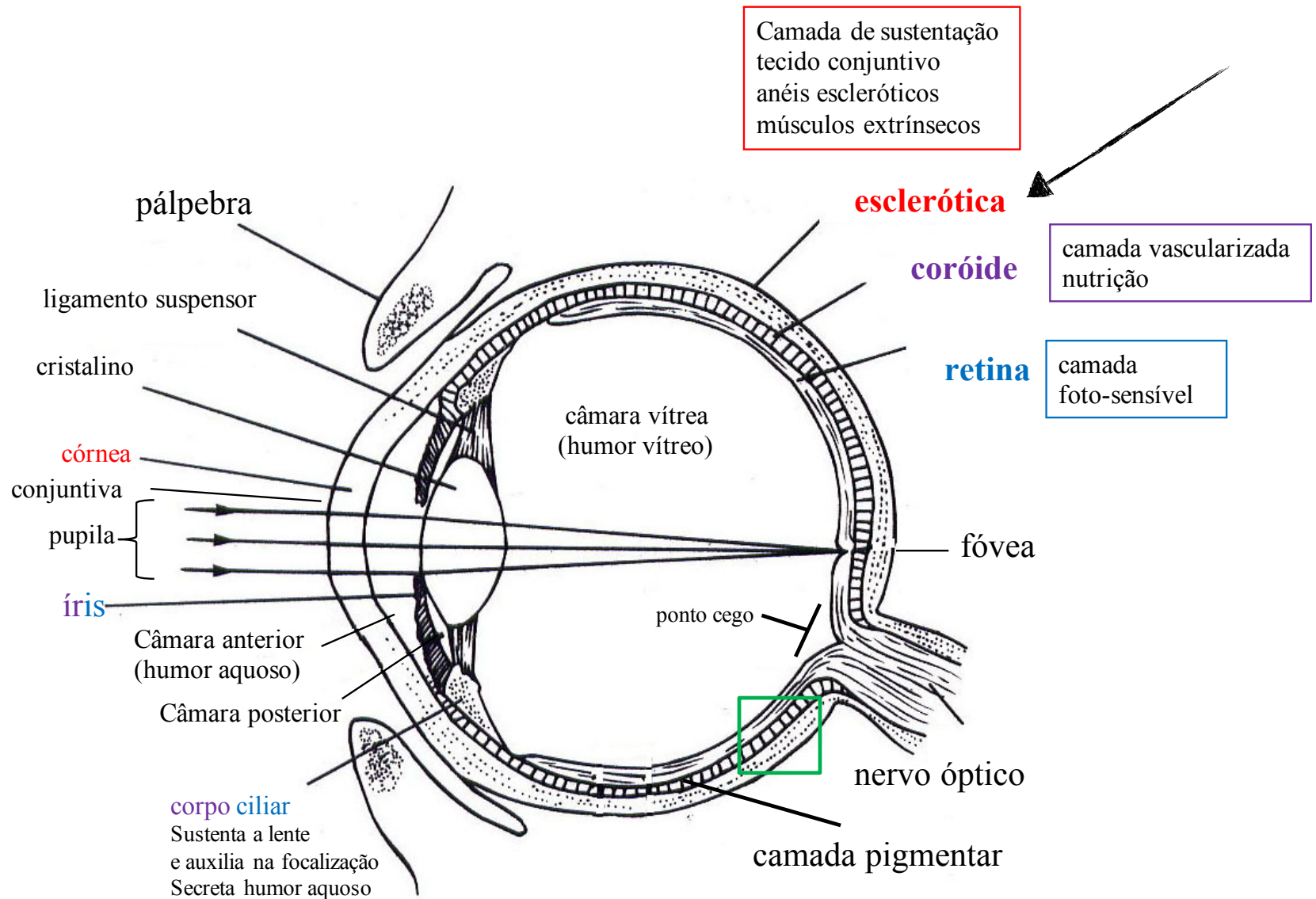
BINOCULAR

- olhos frontais
- campo visual restrito
- muita sobreposição – percepção de profundidade



Dog

RECEPTORES DE RADIAÇÃO: componentes



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: músculos extrínsecos

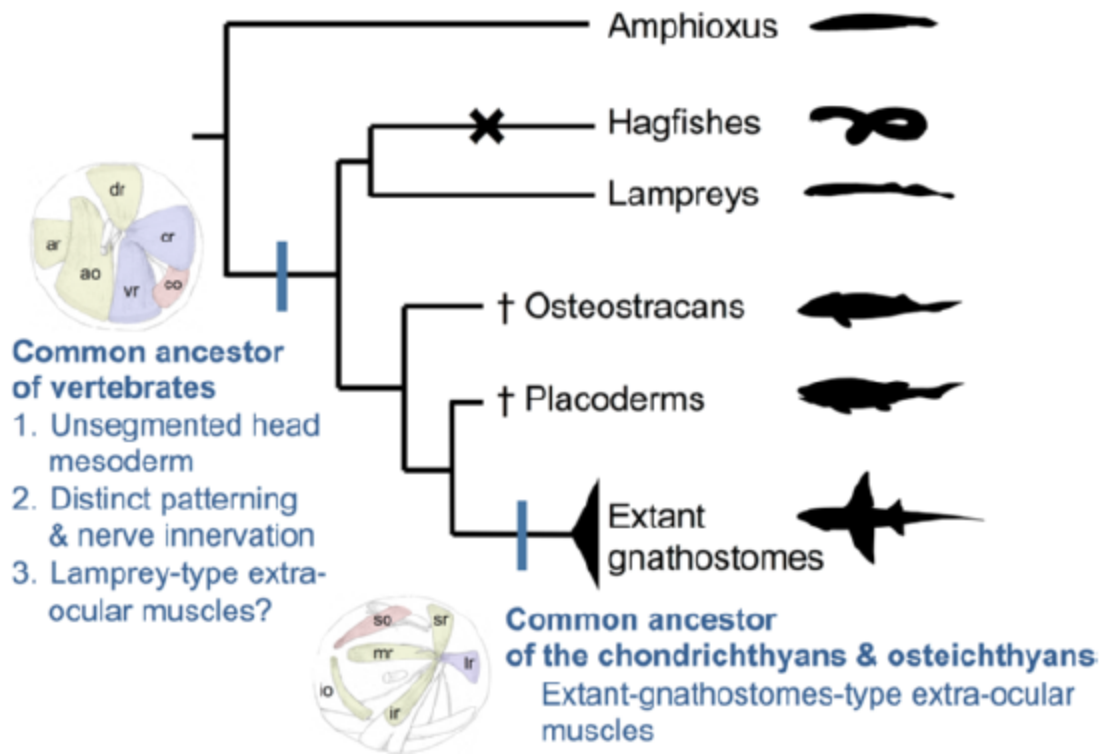
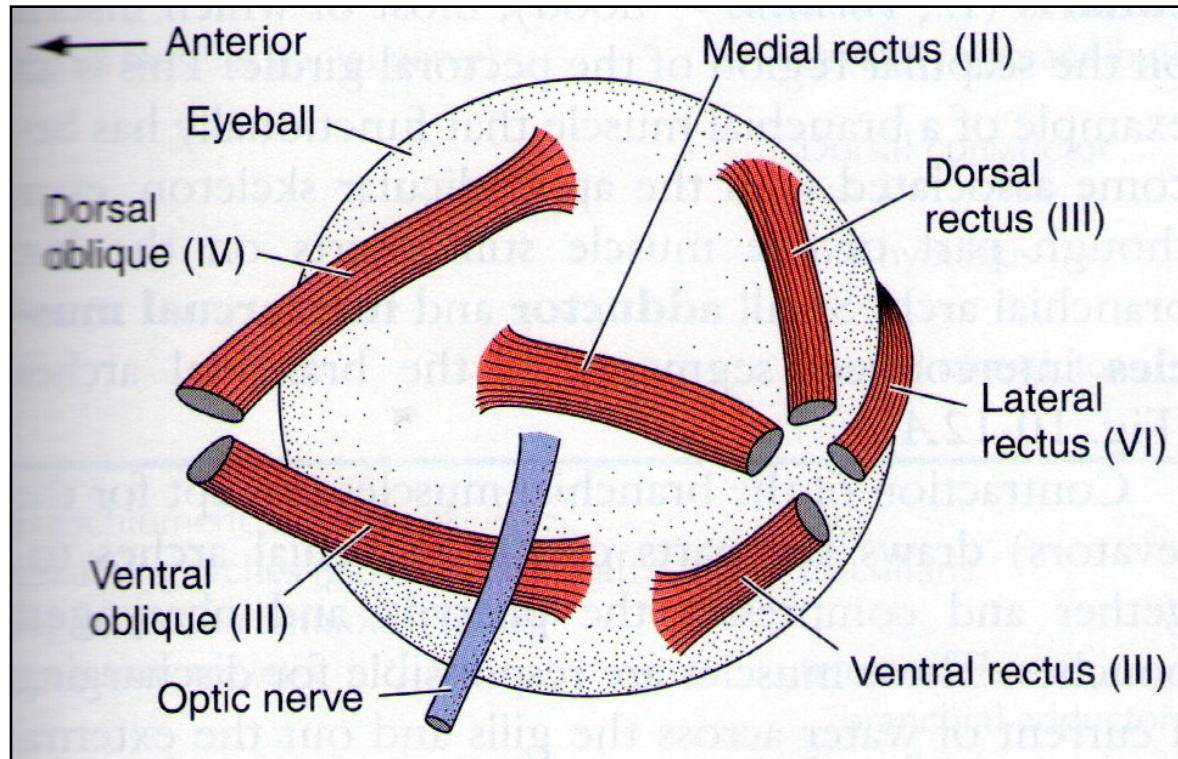


Fig. 12 Hypothetical scenario for the evolution of the EOMs. In the common ancestor of the vertebrates had unsegmented head mesoderm but there were three mesodermal portions with distinct genetic patterning and motor nerve innervation. These had lamprey-type EOMs, which was conserved in Osteostracans and Placoderms (in hagfishes, EOMs are completely degenerated). In the common ancestor of the crown gnathostomes, the disposition of the EOMs changed to the extant-gnathostome-type

Suzuki et al., 2016

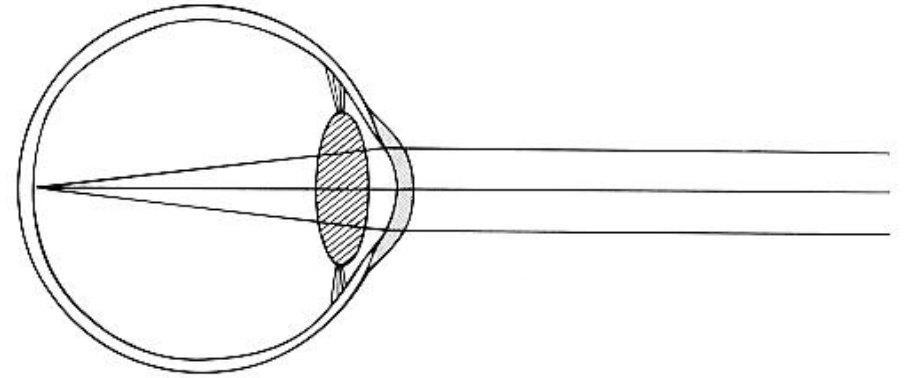
RECEPTORES DE RADIAÇÃO: músculos extrínsecos



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: acomodação ar vs. água

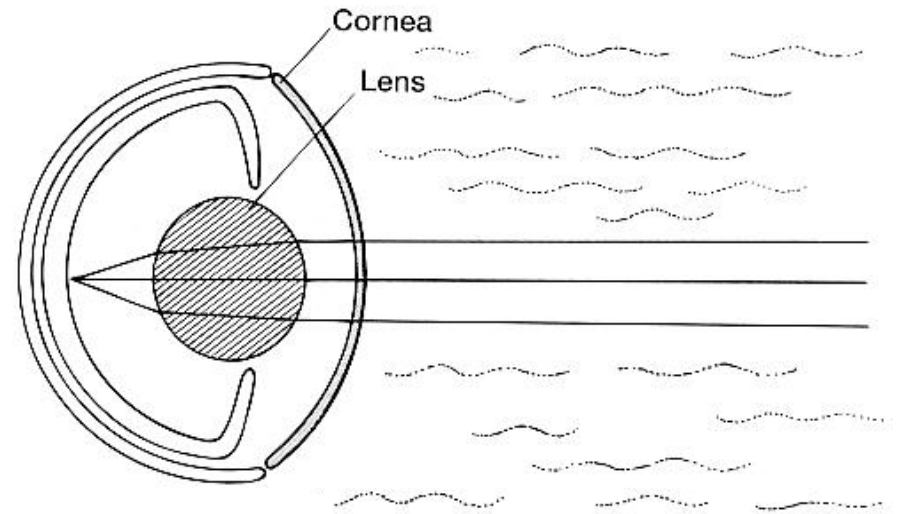
AR

- índice de refração 1 ($\neq$ córnea)
- boa parte do foco - córnea
- cristalino delgado, muda de forma



ÁGUA

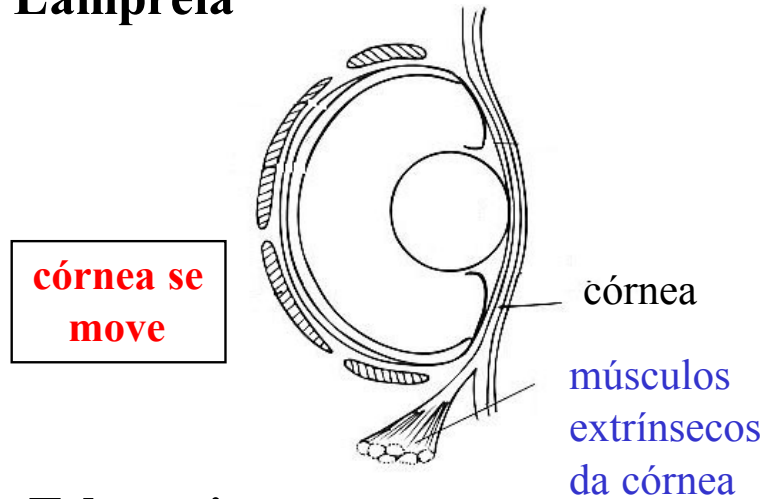
- índice de refração 1,33 (= córnea)
- córnea pouco importante para foco
- cristalino esférico, se move



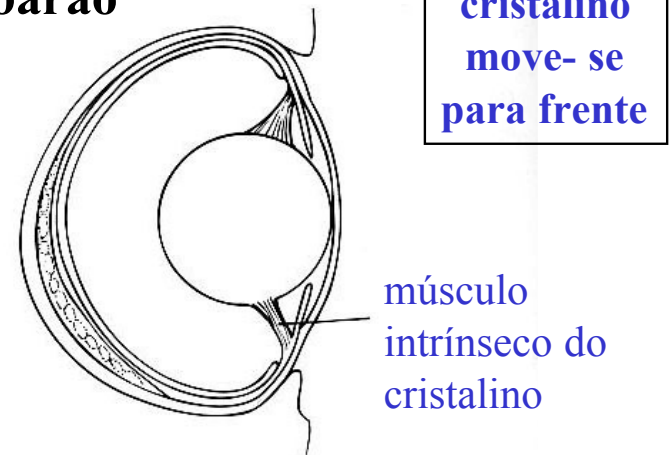
RECEPTORES DE RADIAÇÃO: acomodação

- **Anamniotas** – cristalino esférico, se move

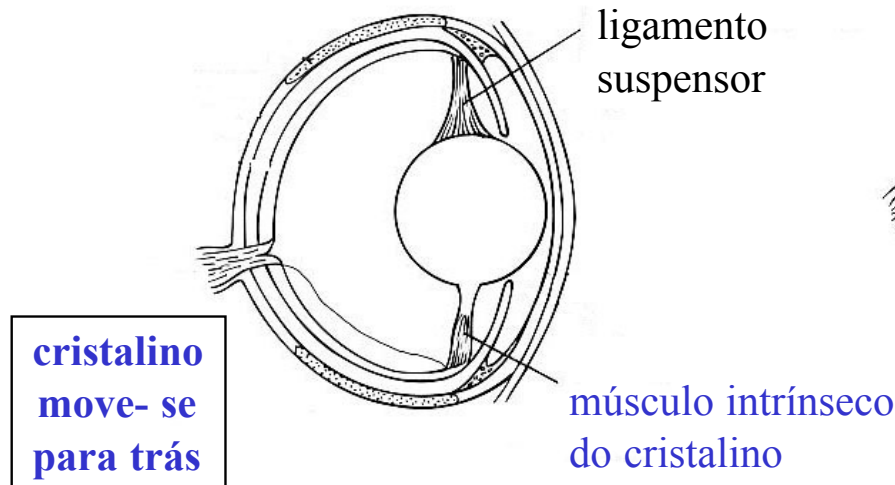
Lampréia



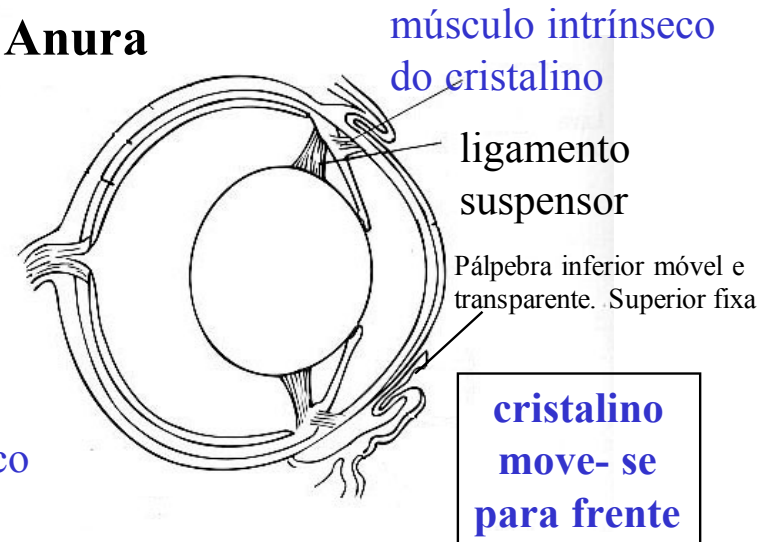
Tubarão



Teleostei



Anura

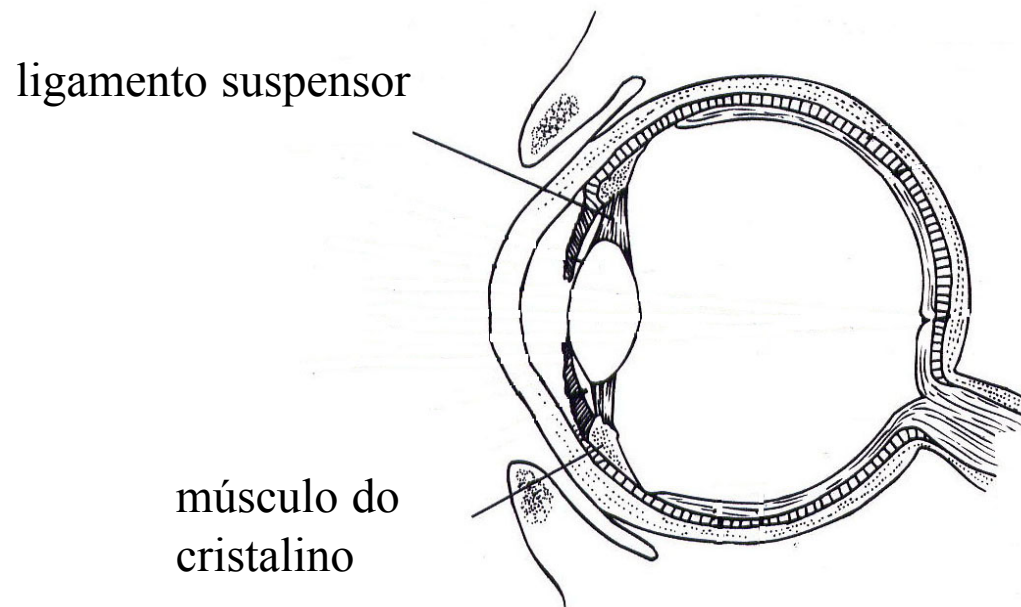


RECEPTORES DE RADIAÇÃO: acomodação

- **Amniota** - cristalino delgado muda de forma

Mamíferos

- músculos do cristalino e da íris lisos – mais lentos
- maioria com visão di-cromática ou mono-cromática



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

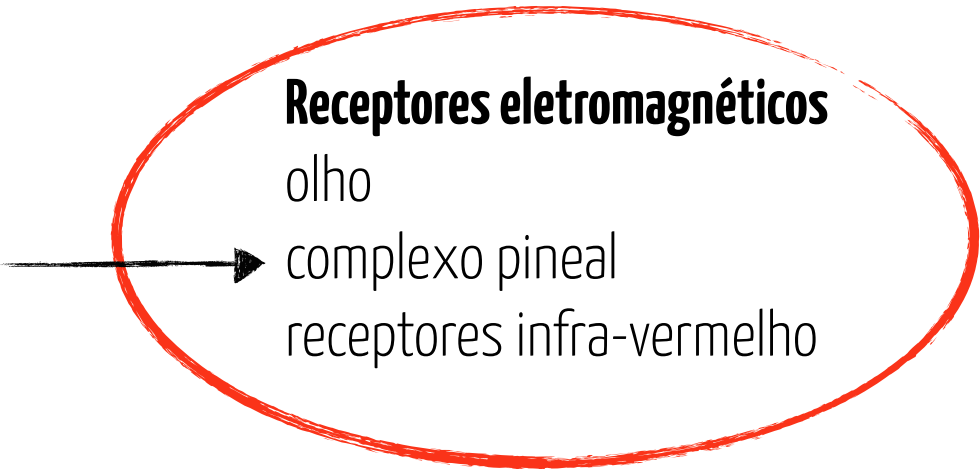
Mecanorreceptores

linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

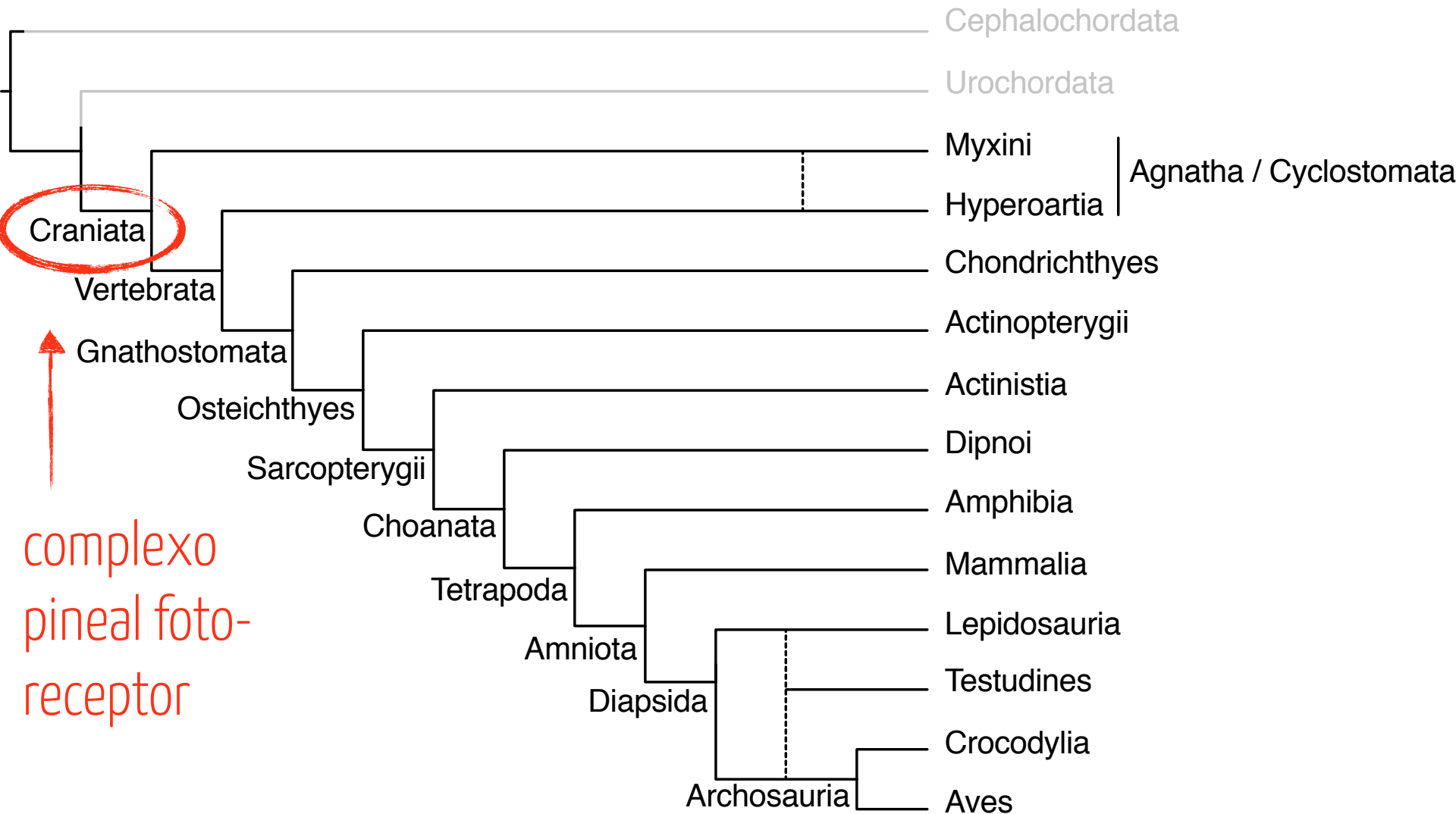
Eletrorreceptores

Receptores eletromagnéticos

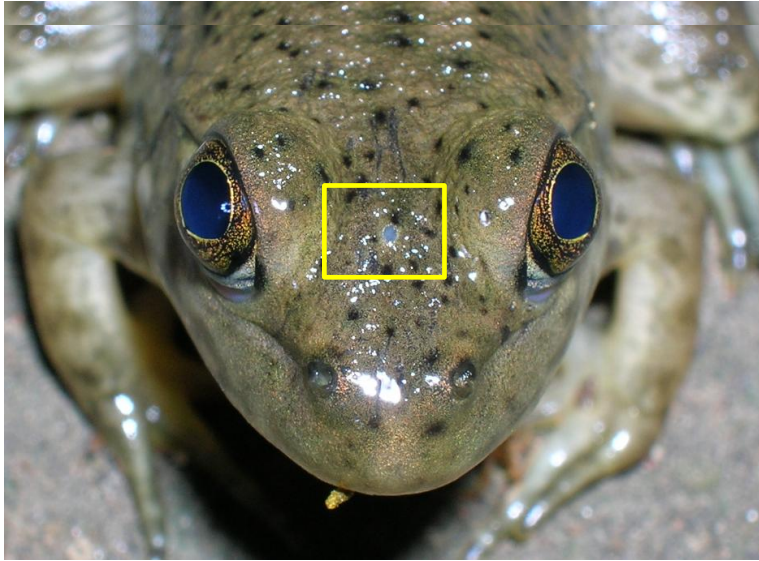
olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho



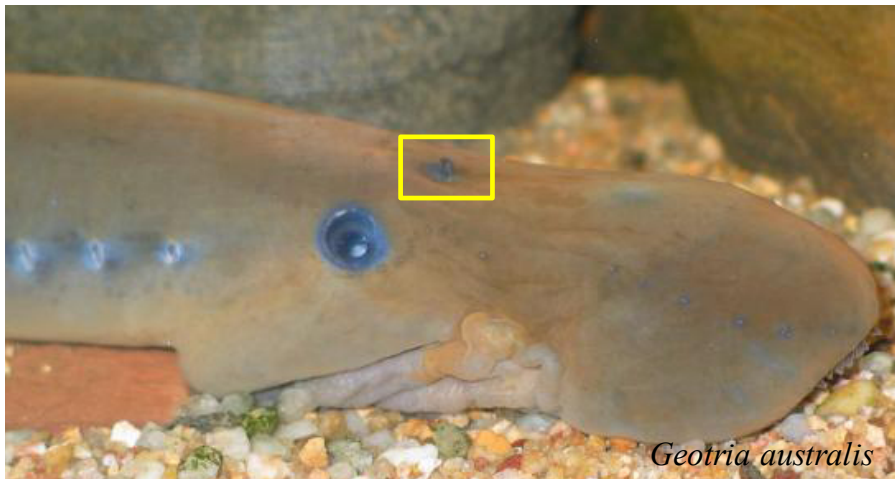
Complexo pineal



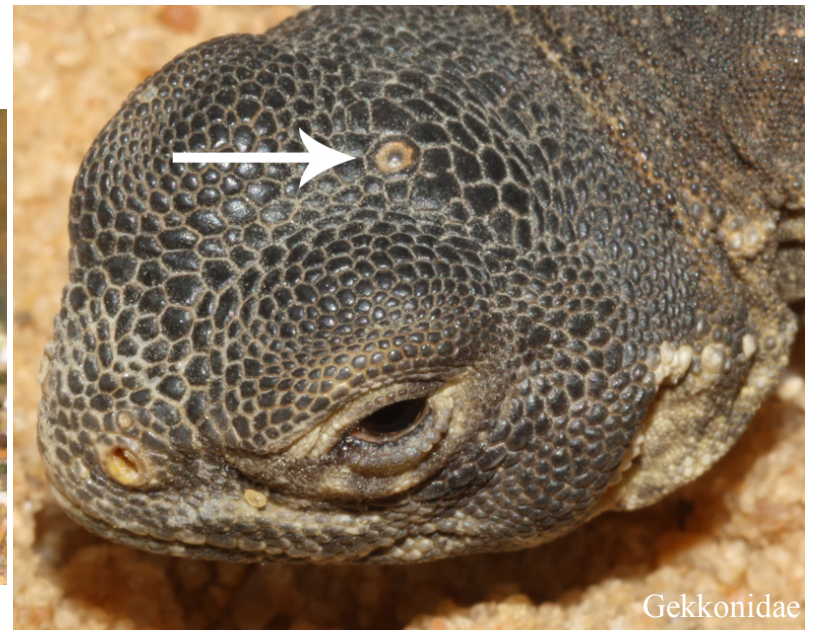
Complexo pineal



Anolis carolinensis

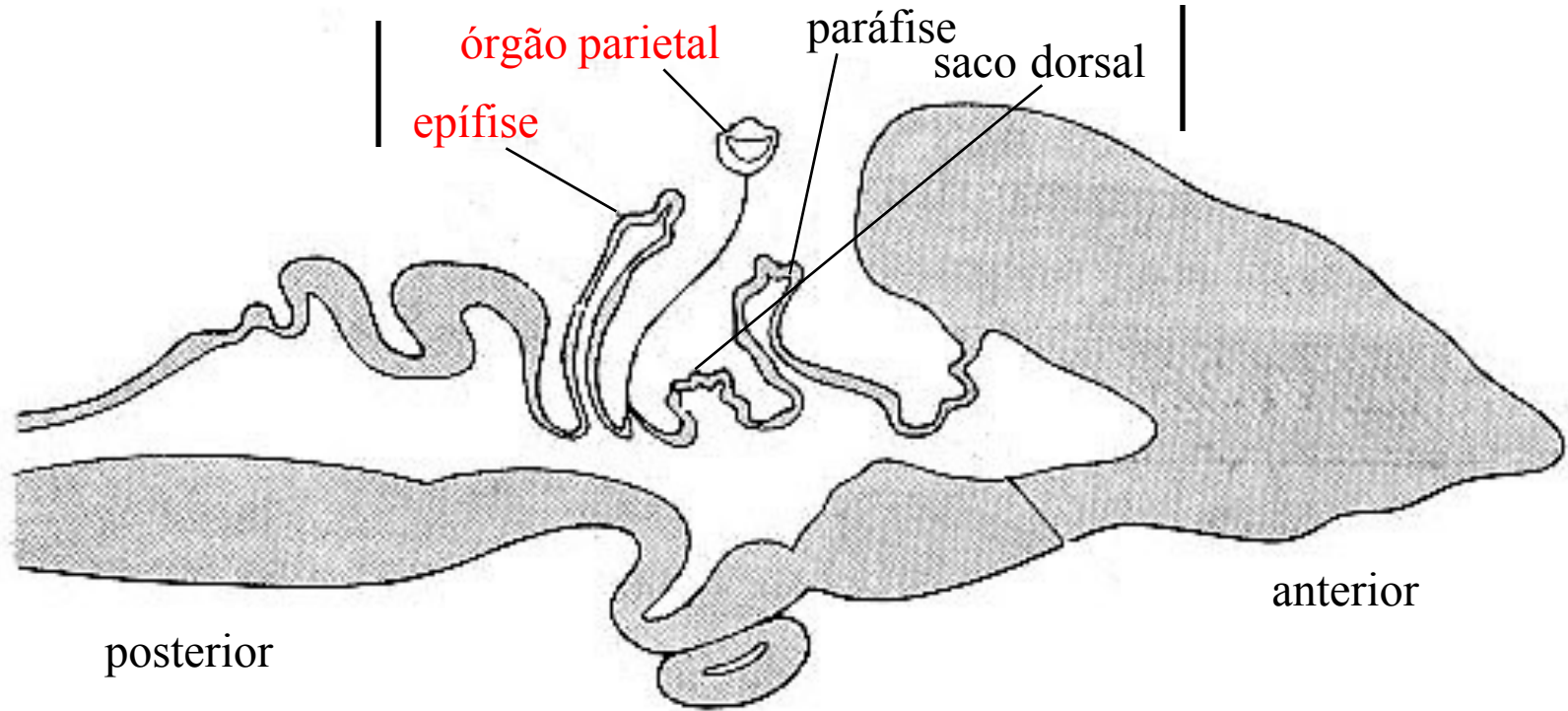


Geotria australis



Gekkonidae

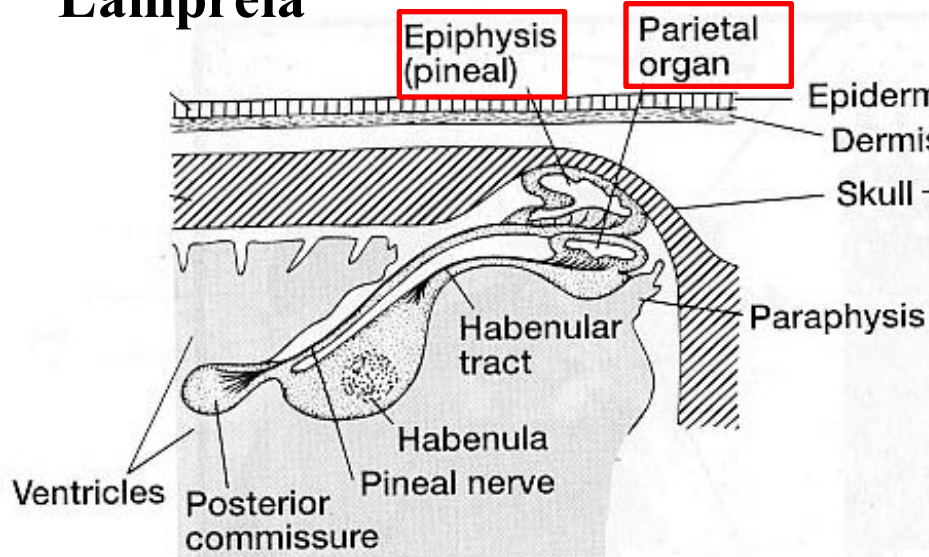
Complexo pineal



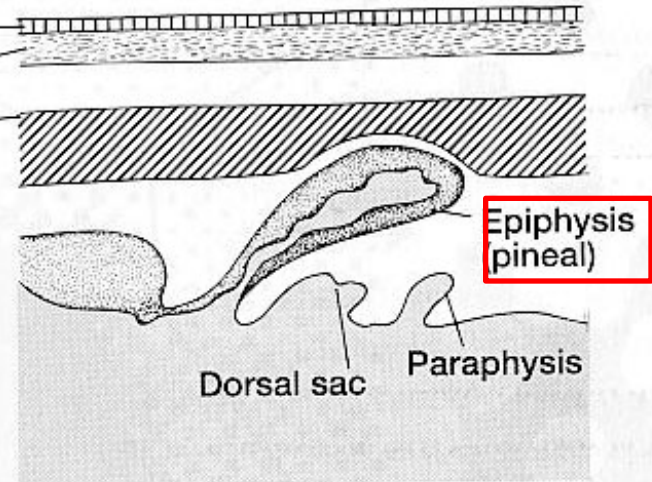
- Paráfise & saco dorsal - função glandular
- Epífise - função endócrina (melatonina)
- Órgão parietal - órgão sensorial fotossensível

Complexo pineal: Anamniota

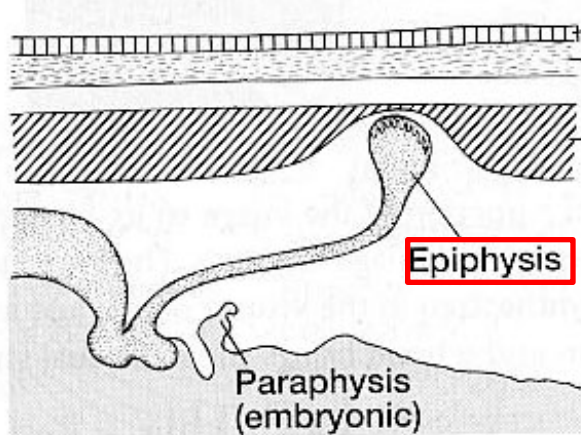
Lampréia



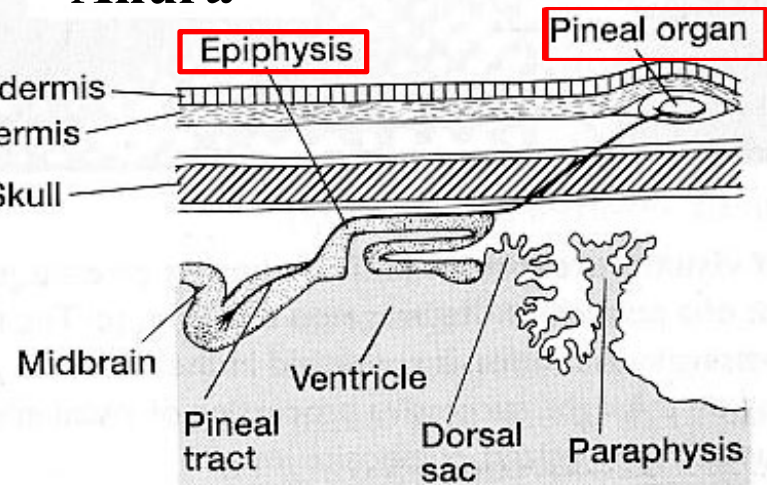
Tubarão



Teleostei

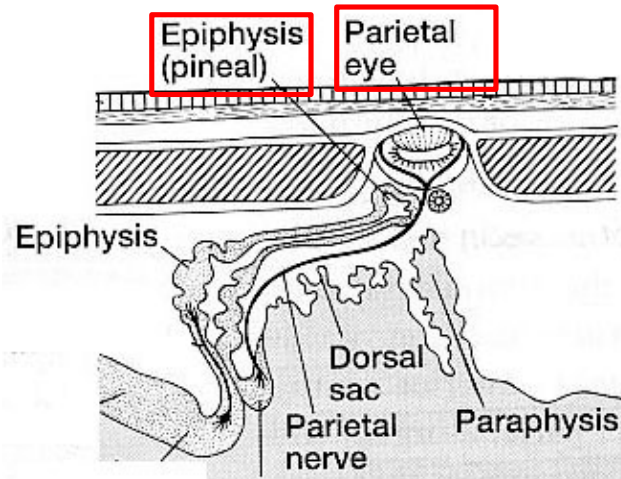


Anura

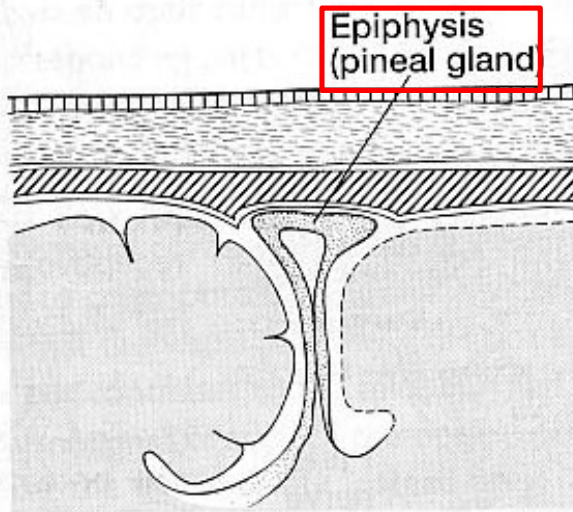


Complexo pineal: Amniota

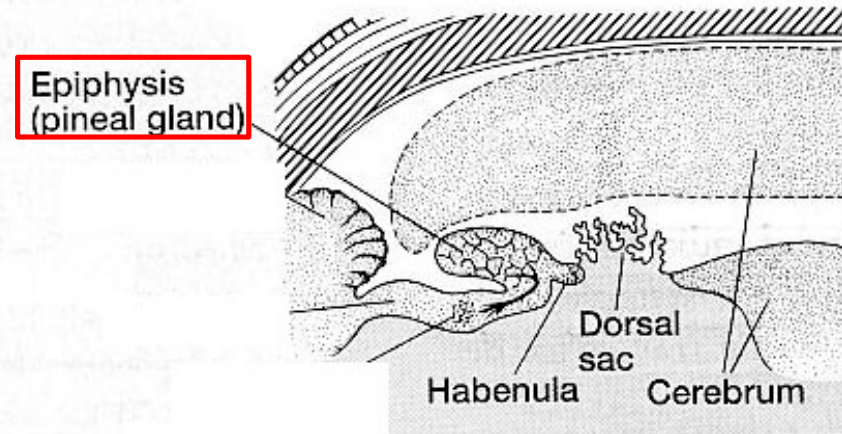
Lagarto



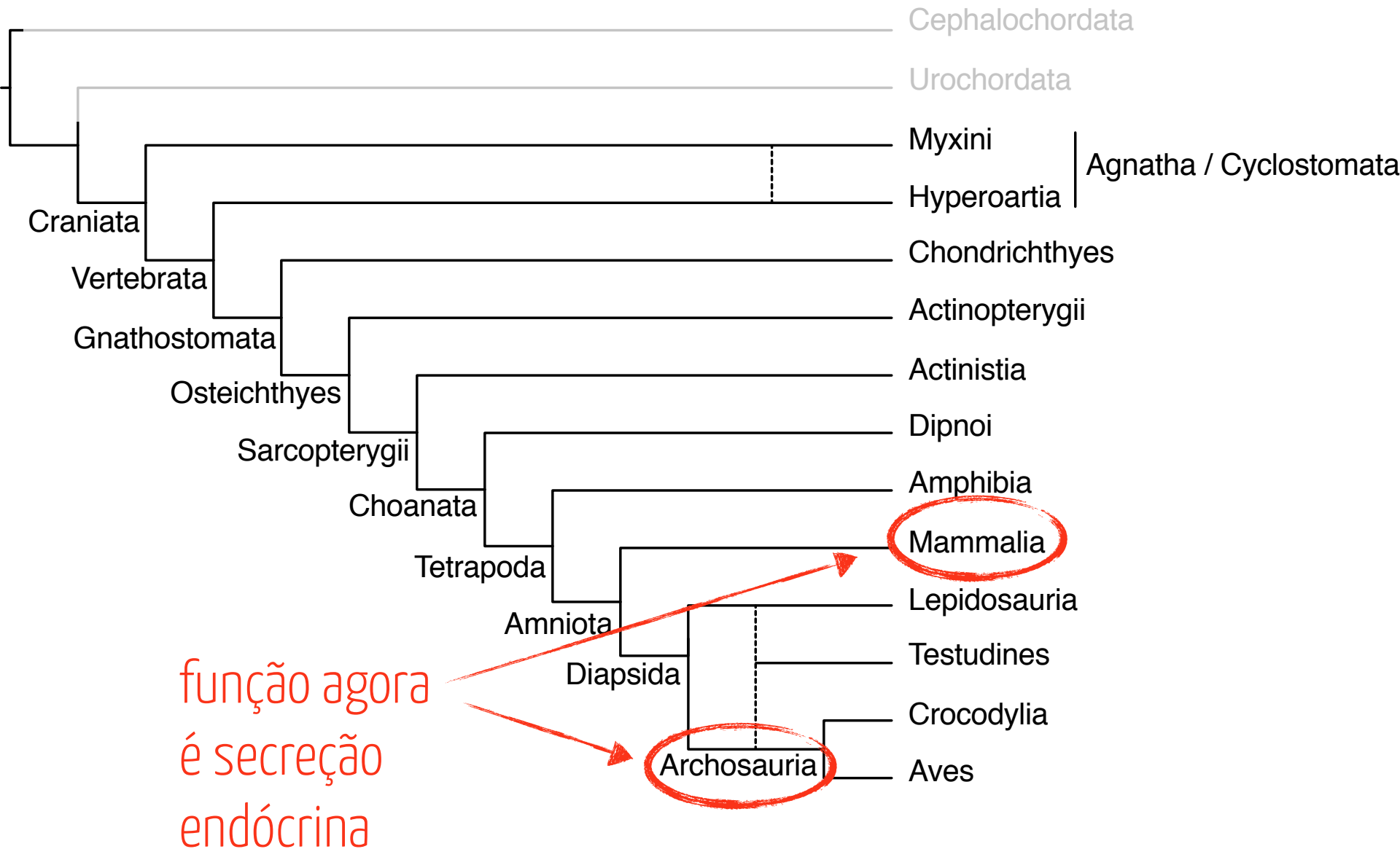
Aves



Mamíferos



Complexo pineal



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletorreceptores

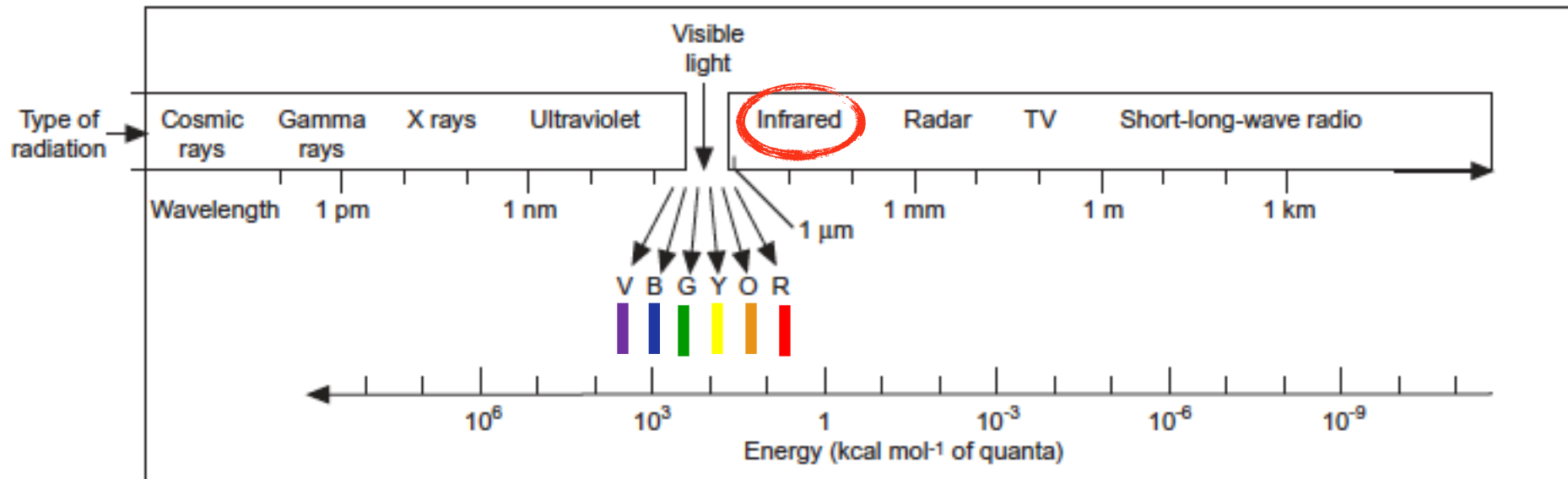
Receptores eletromagnéticos

olho
complexo pineal
receptores infra-vermelho



RECEPTORES DE RADIAÇÃO

- útil em ambiente de baixa luminosidade
- luz infravermelha emana de qualquer objeto acima do zero absoluto

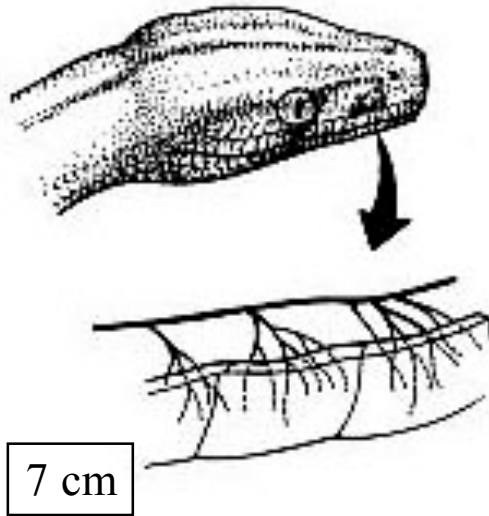


RECEPTORES DE RADIAÇÃO

- infra-vermelho (emana de objetos com temperatura $>$ zero absoluto)
- mais discretos e definidos - serpentes
- terminações nervosas livres na pele

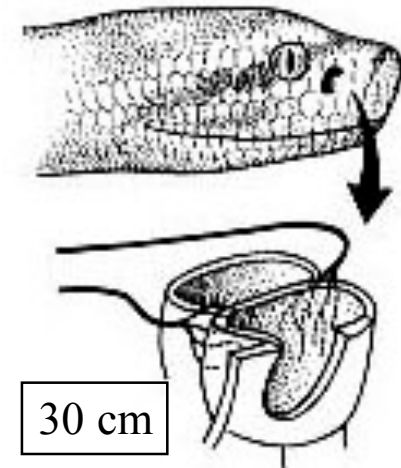
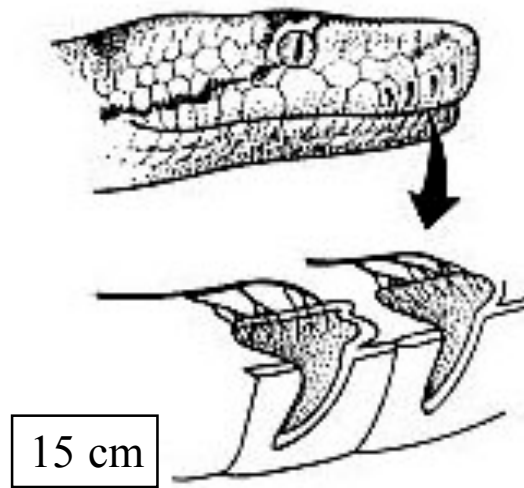
Boidae

- entre as escamas epidérmicas
- fundo de várias pequenas fossetas



Viperidae

- suspensas em uma membrana fina
- sensível - membrana aquece rápido



Morcegos

Sistema da linha lateral

- Onde surge o sistema da linha lateral? Quando é perdido?
- Estamos falando de que tipo de estímulo?
- Quais são as outras modalidades sensoriais especiais similares?

