

Sistema sensorial



Anatomia comparada

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

14/11/2018

Para sobreviver um animal precisa de
informação adequada sobre o meio



Uma resposta apropriada requer
informações internas



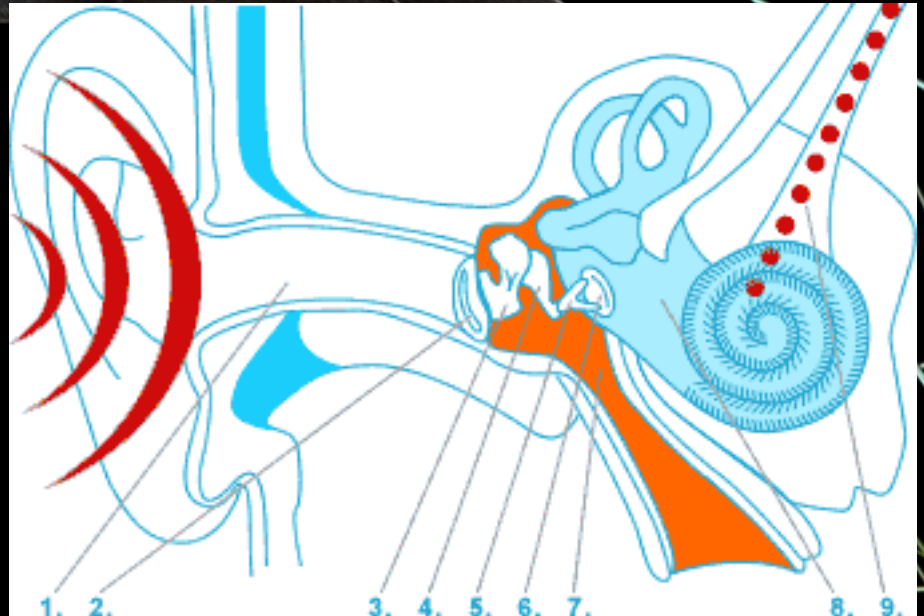
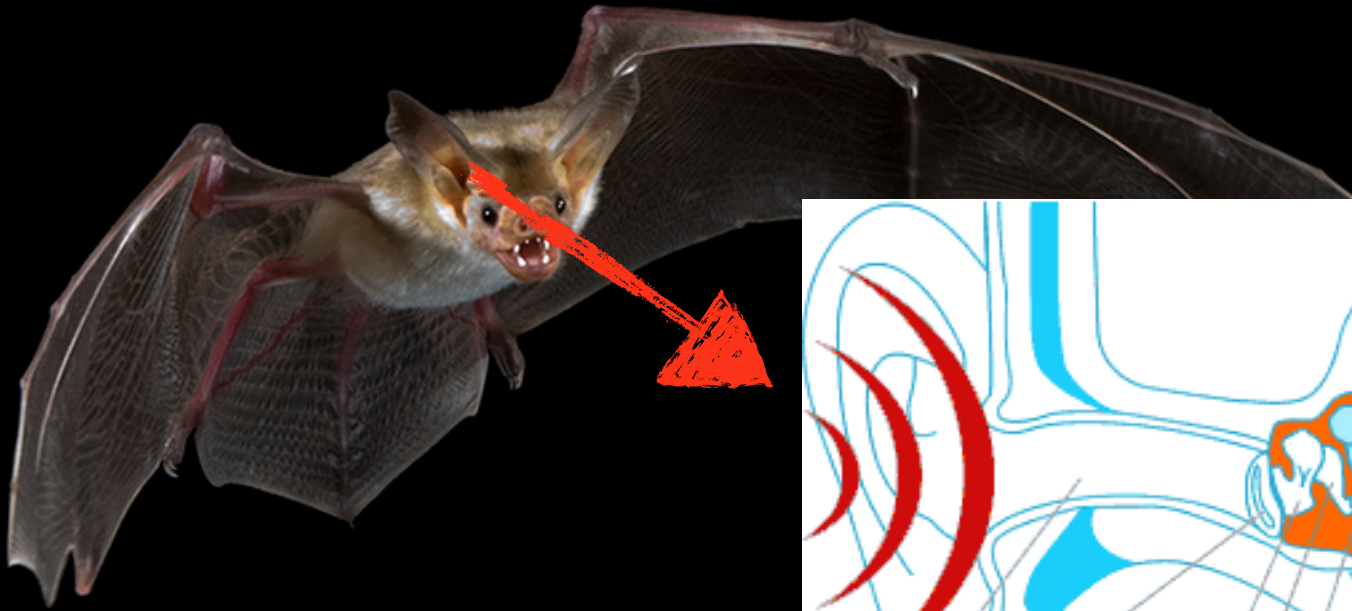
Uma resposta apropriada requer informações internas e externas



Órgãos sensoriais são transdutores

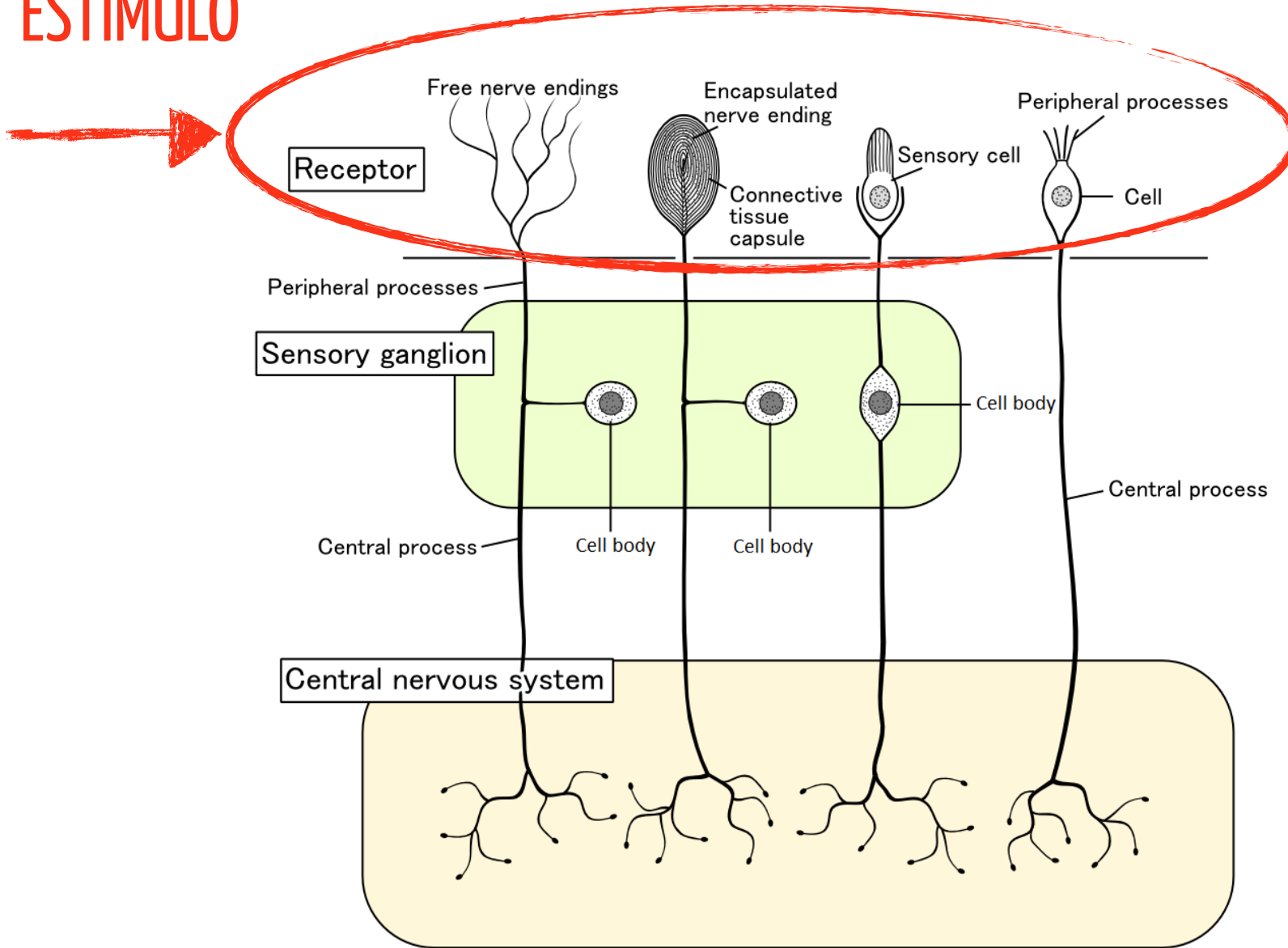


Órgãos sensoriais são transdutores

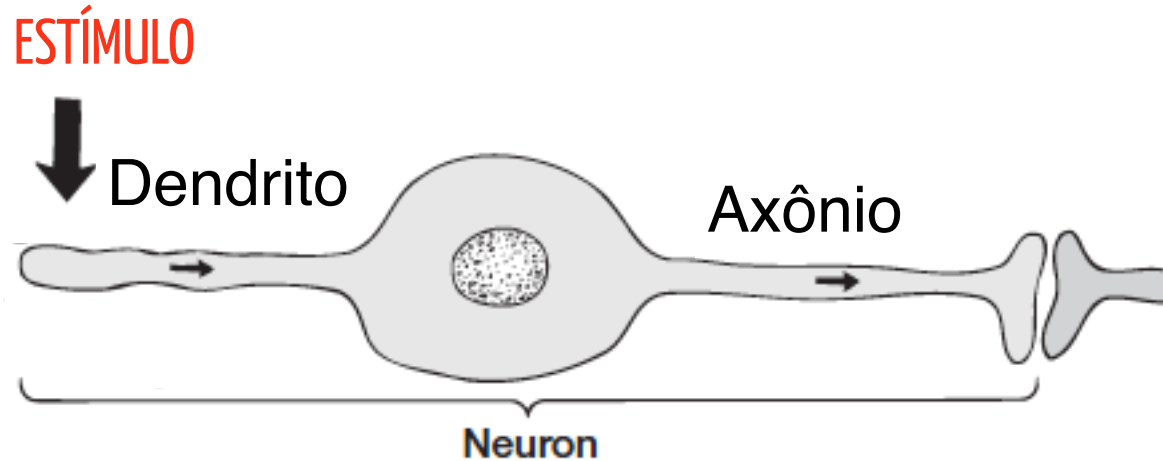


Receptores sensoriais

ESTÍMULO

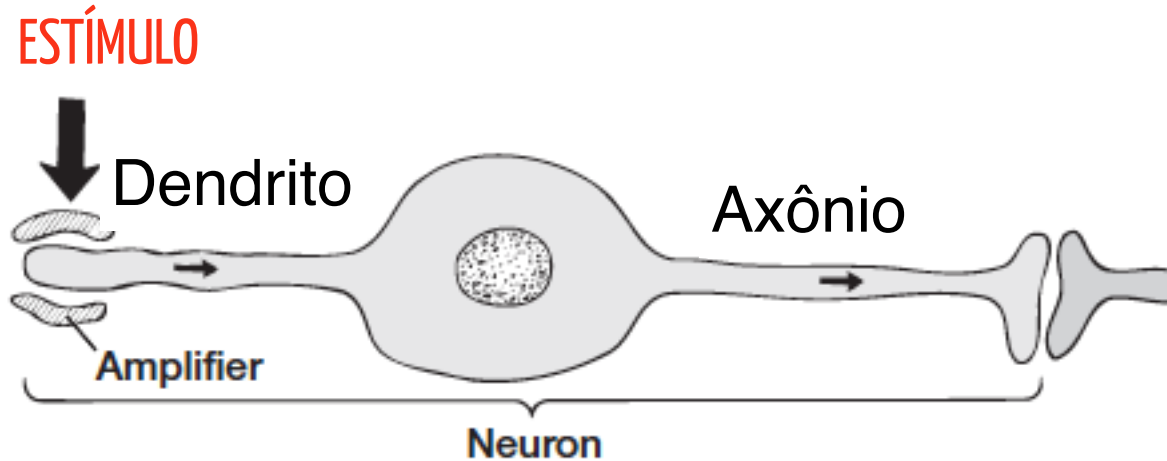


Tipos de receptores sensoriais



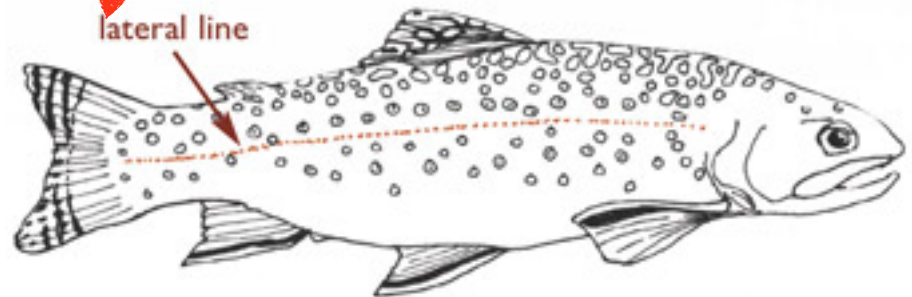
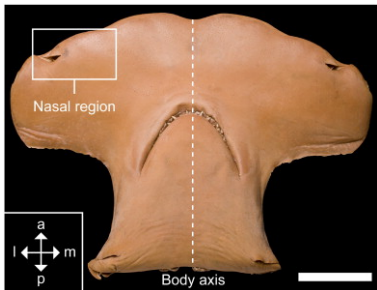
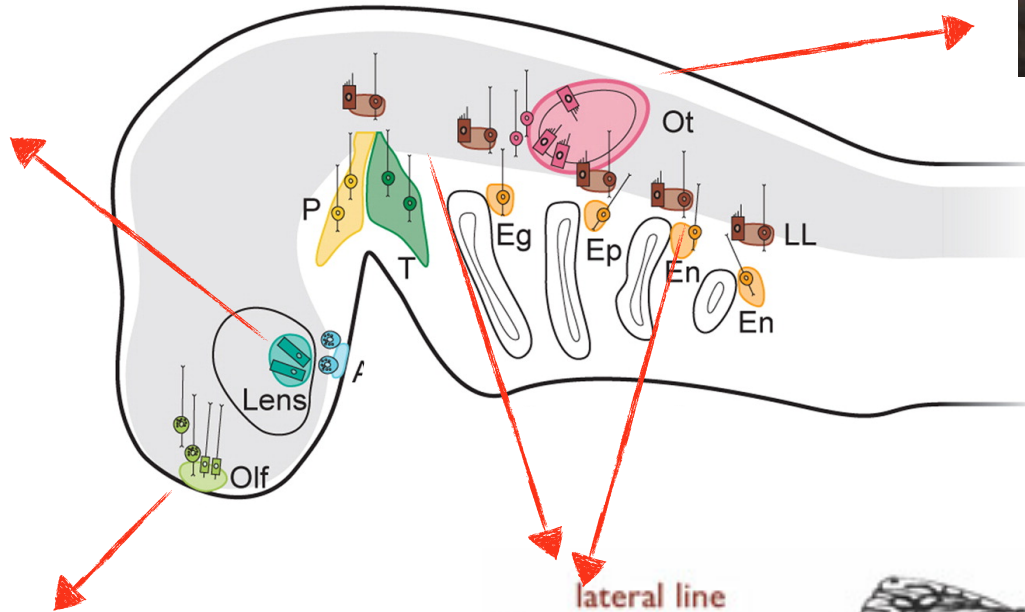
- **Primários:** neurônios especializados na recepção de estímulos

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)

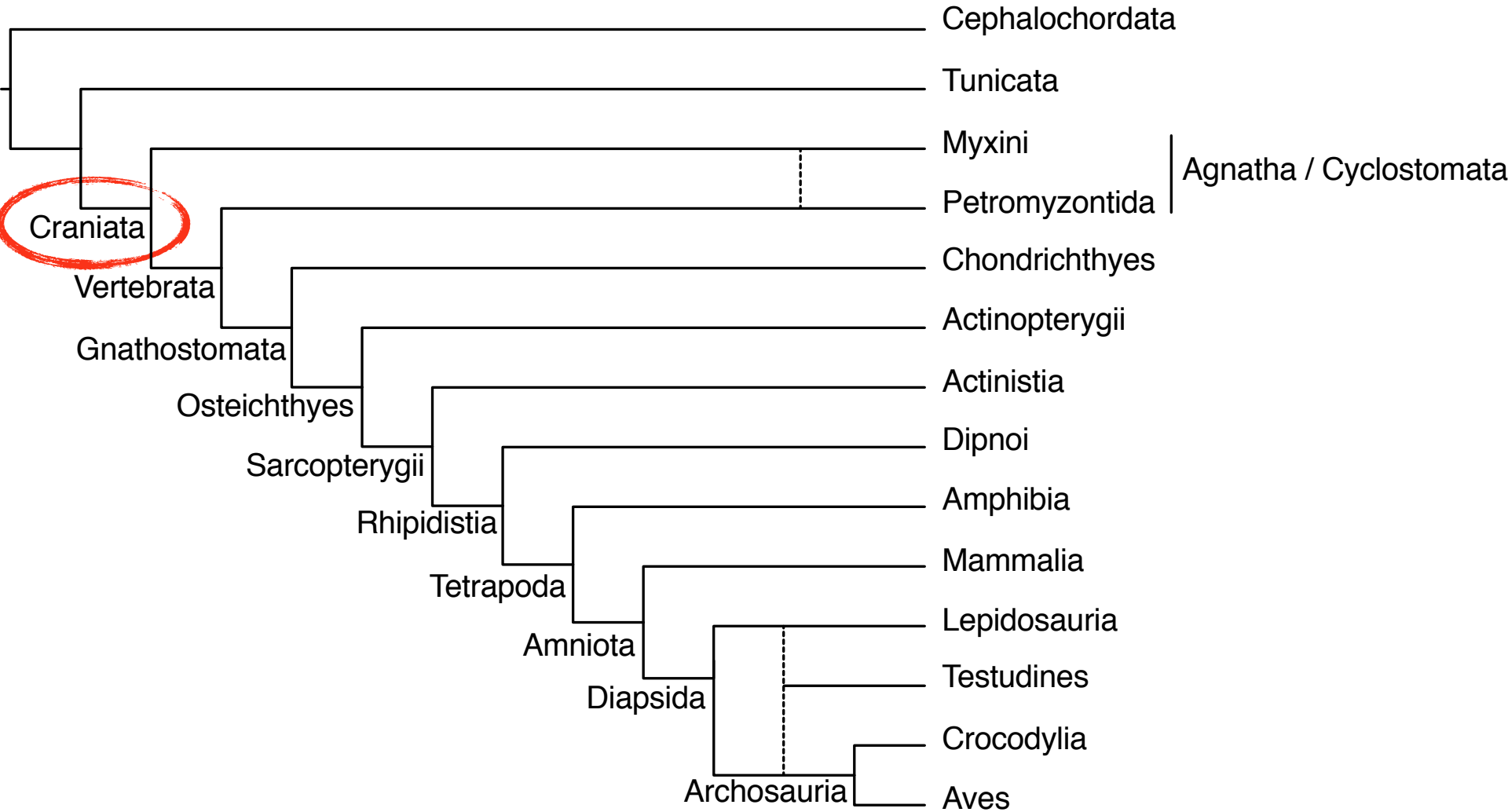
Origem embrionária



Órgãos sensoriais são derivados de placódios ectodérmicos

Encéfalo e órgãos sensoriais

Filogenia de Chordata



Classificação dos órgãos sensoriais

ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS

distribuição ampla

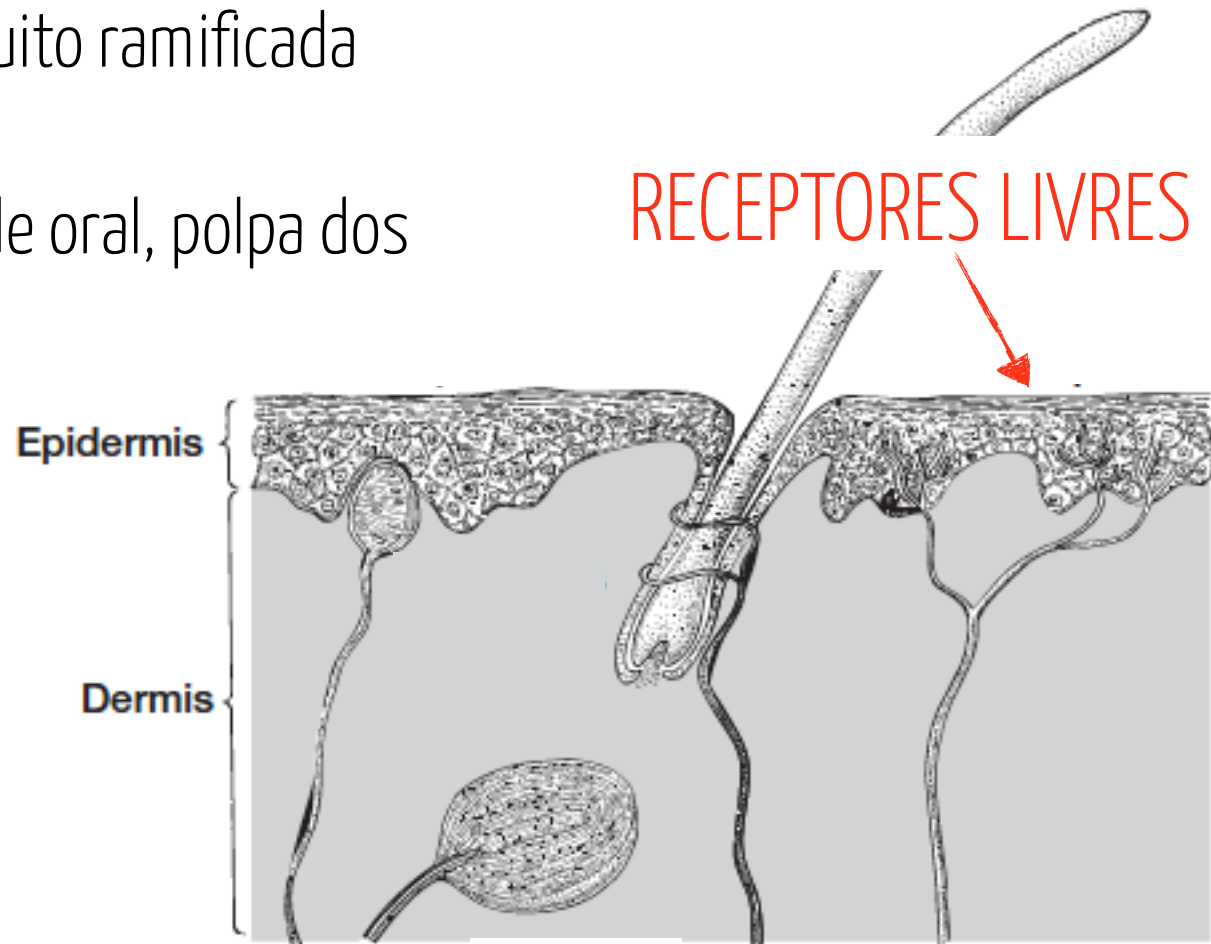
tato

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



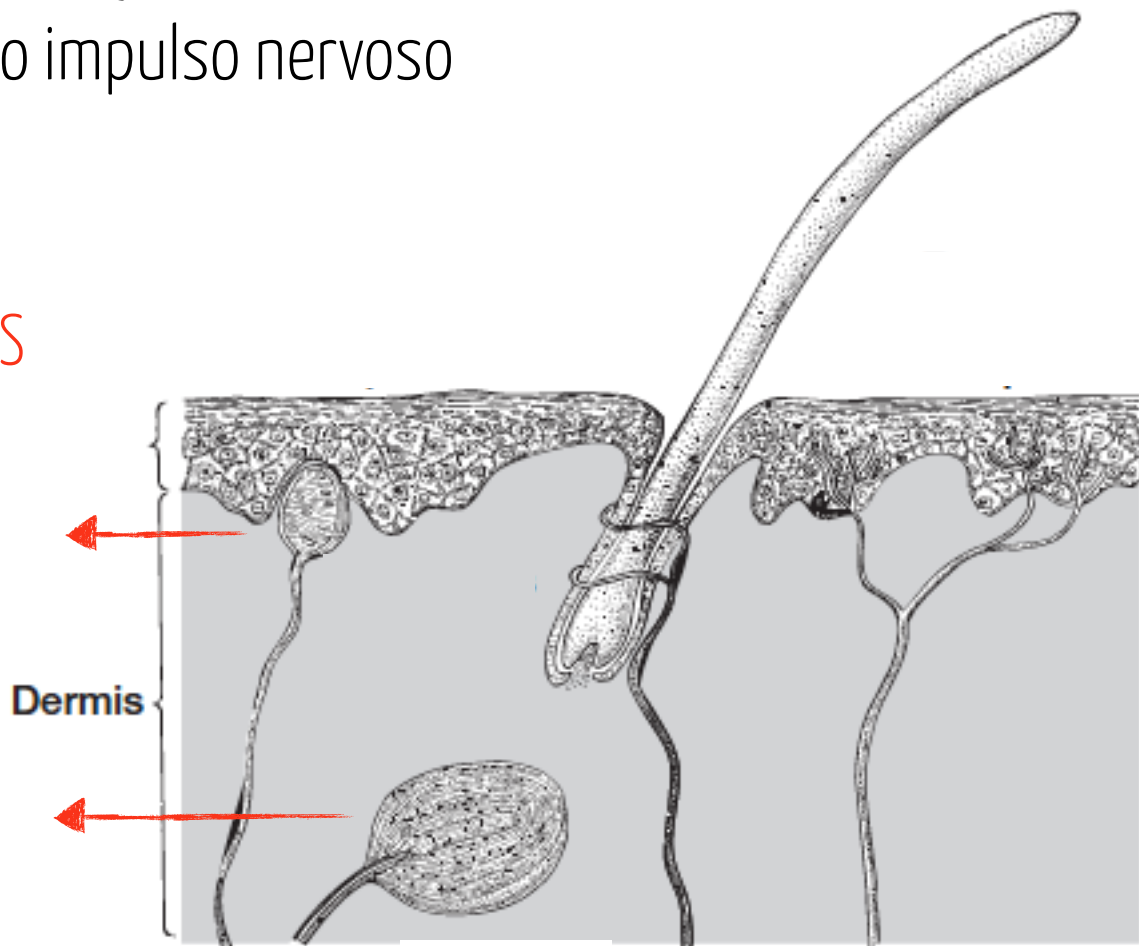
ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: RECEPTORES ENCAPSULADOS

- 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)



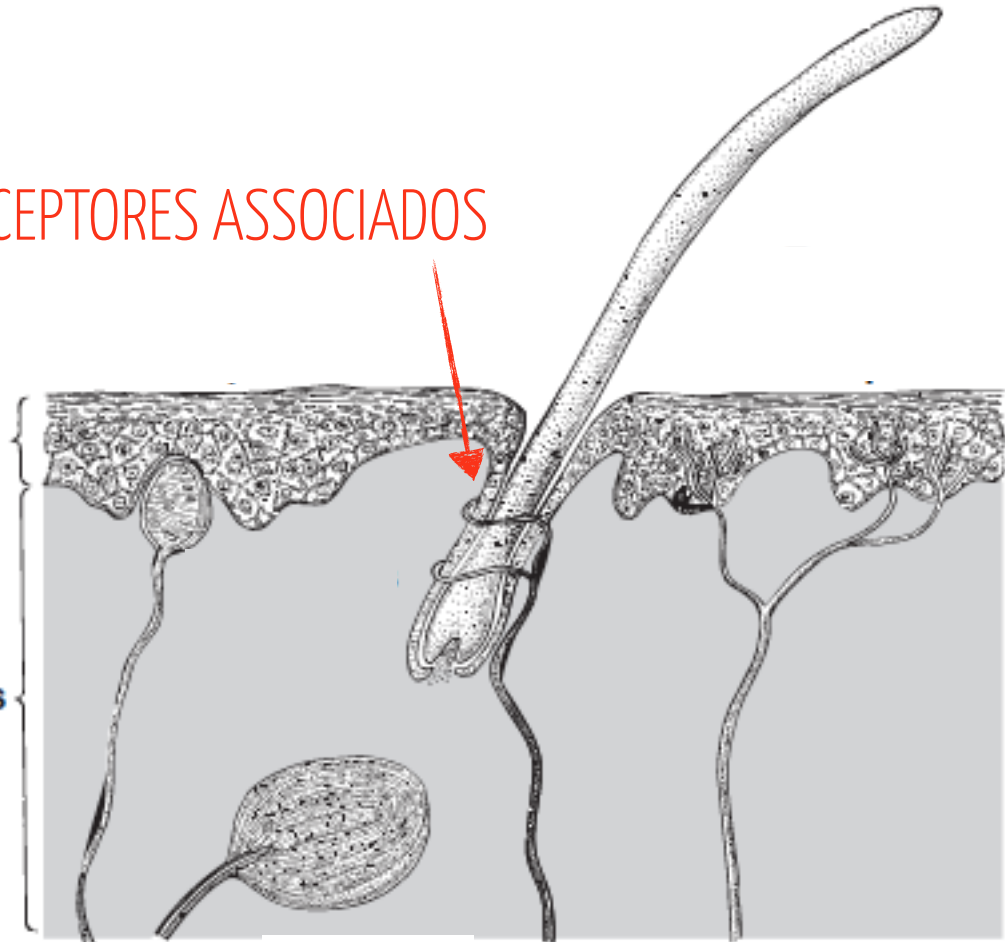
ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: RECEPTORES ASSOCIADOS

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



RECEPTORES ASSOCIADOS

Dermis



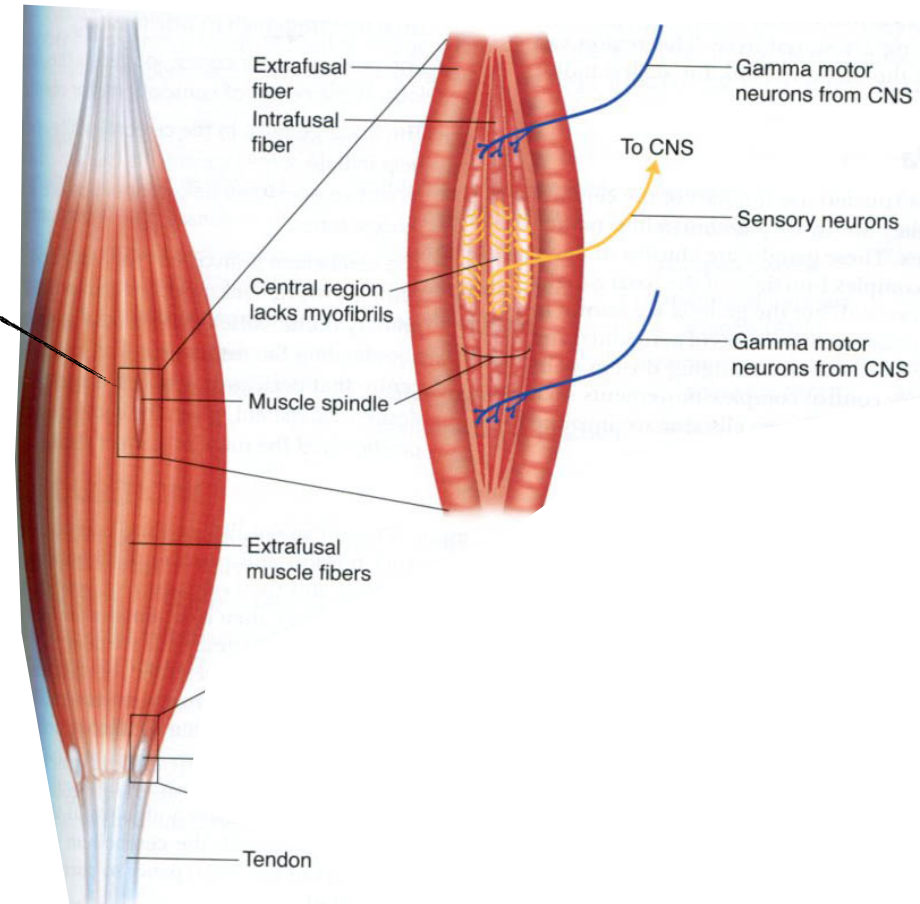
ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: PROPRIOCEPTORES

- 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 enervadas que informam o
SNC sobre mudança de comprimento das
FE

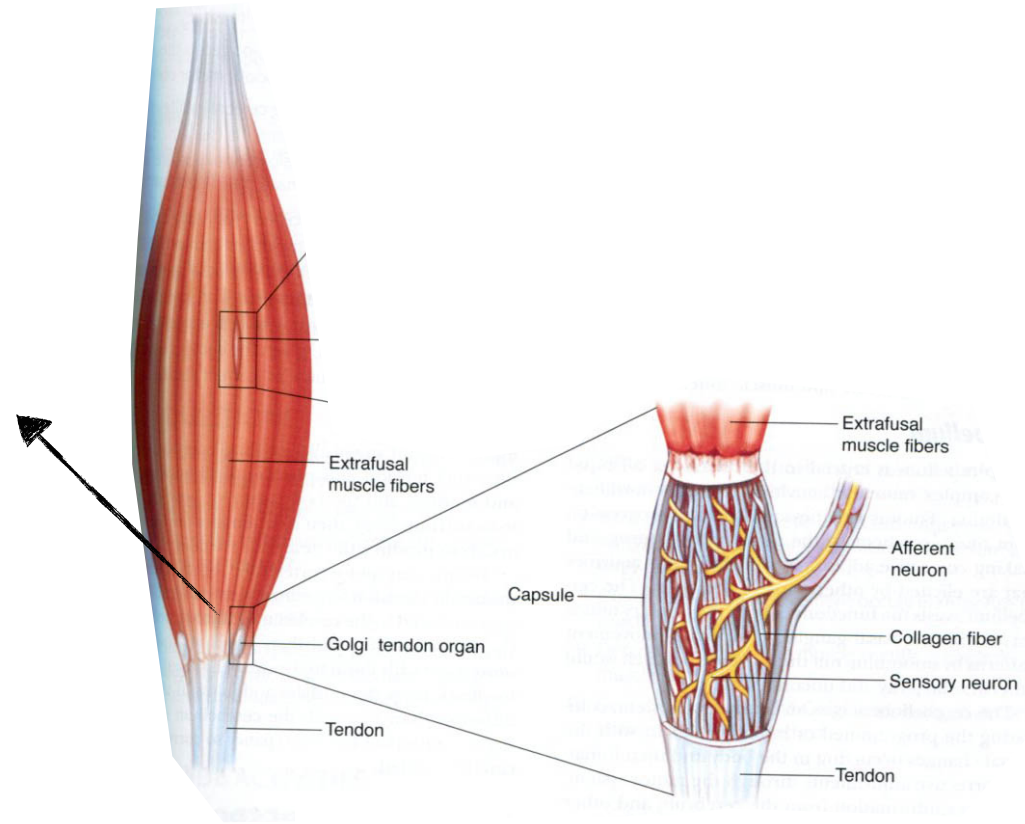


ÓRGÃOS SENSORIAIS GERAIS: PROPRIOCEPTORES

- 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

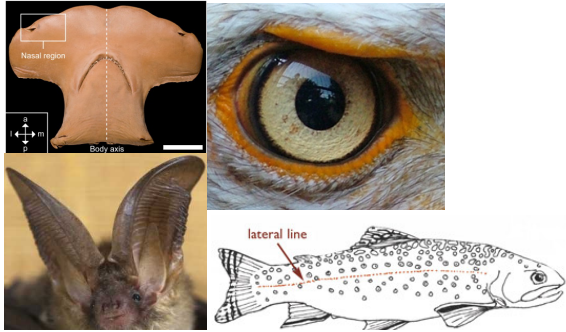
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

Receptores eletromagnéticos

olho

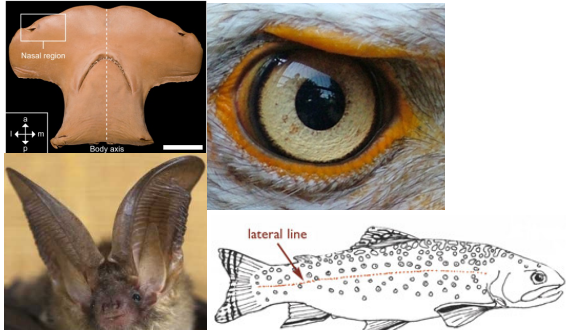
Quando ocorreram mudanças importantes nos órgãos sensoriais?



- todos vertebrados possuem
- maioria responde a fontes externas

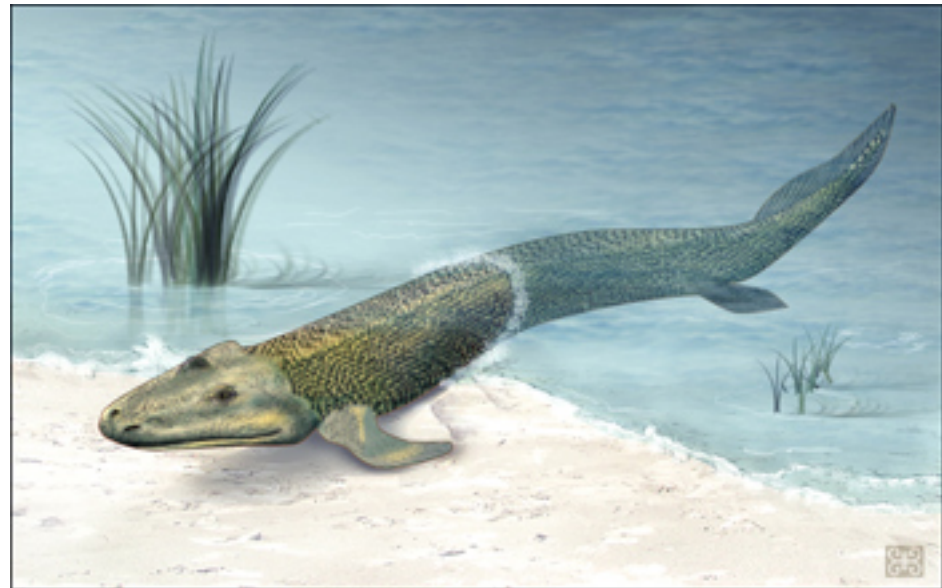
ÓRGÃOS SENSORIAIS
ESPECIAIS

Durante a transição para o meio terrestre



- todos vertebrados possuem
- maioria responde a fontes externas

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS



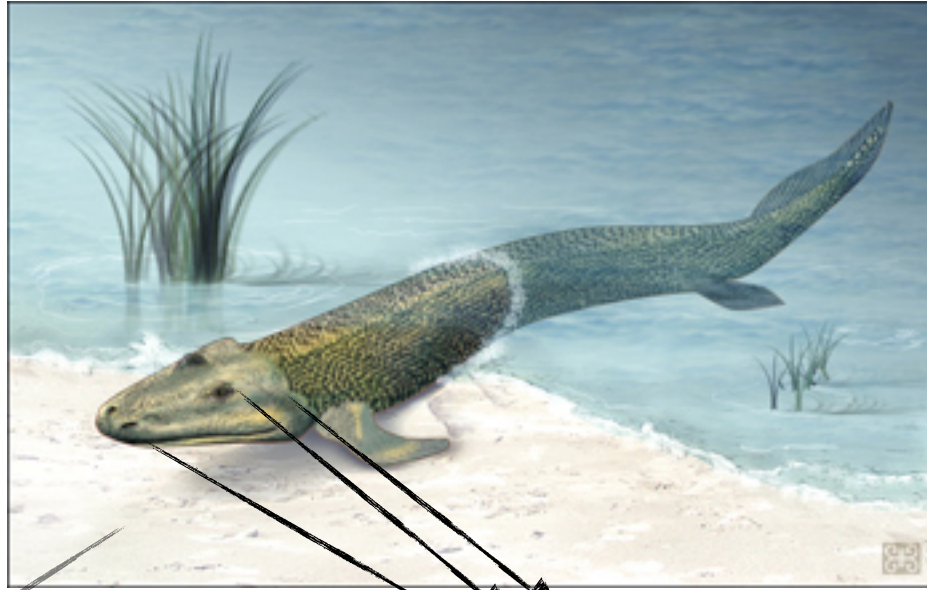
Conquista do meio terrestre e os órgãos sensoriais



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

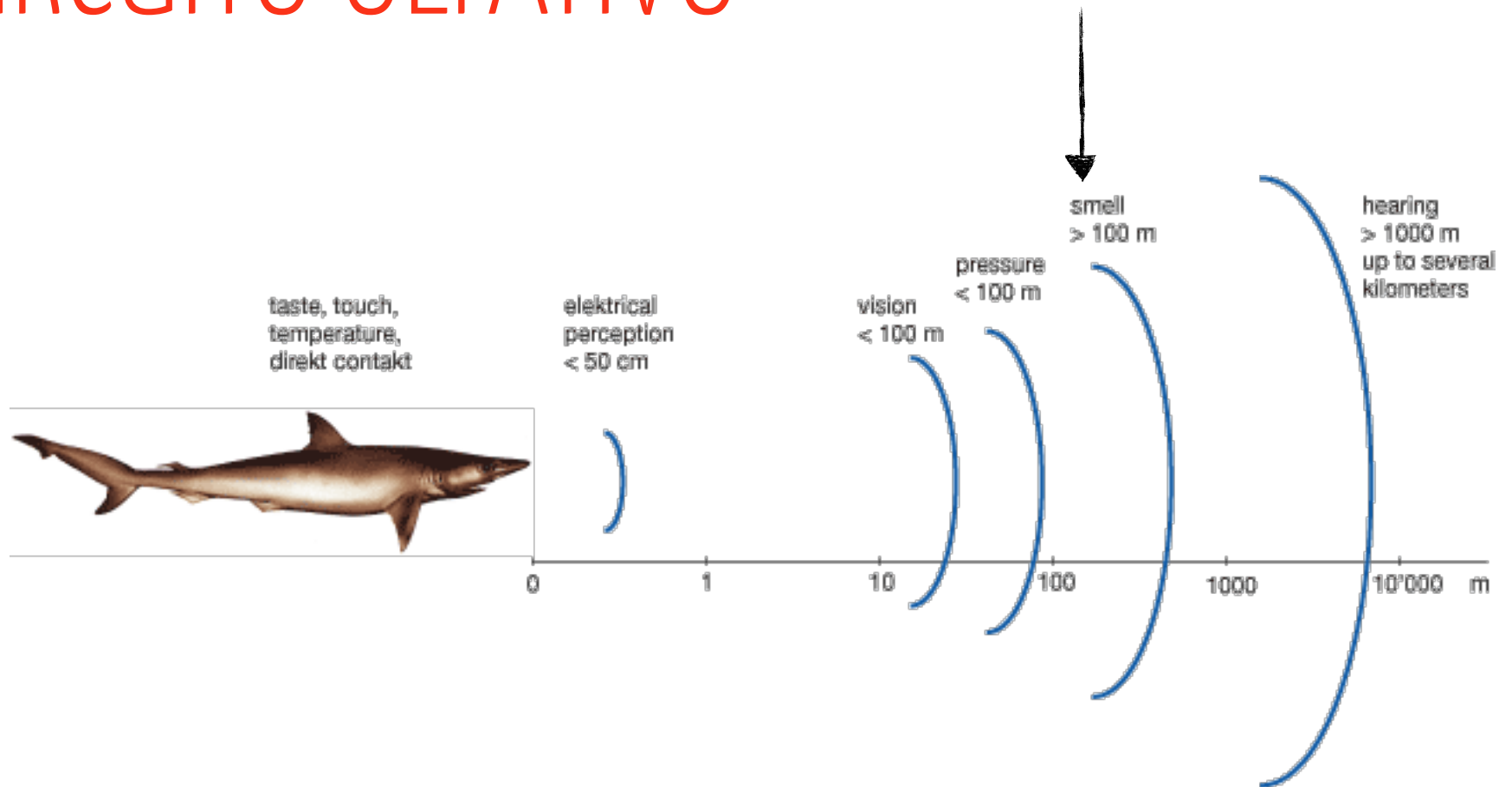
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletorreceptores

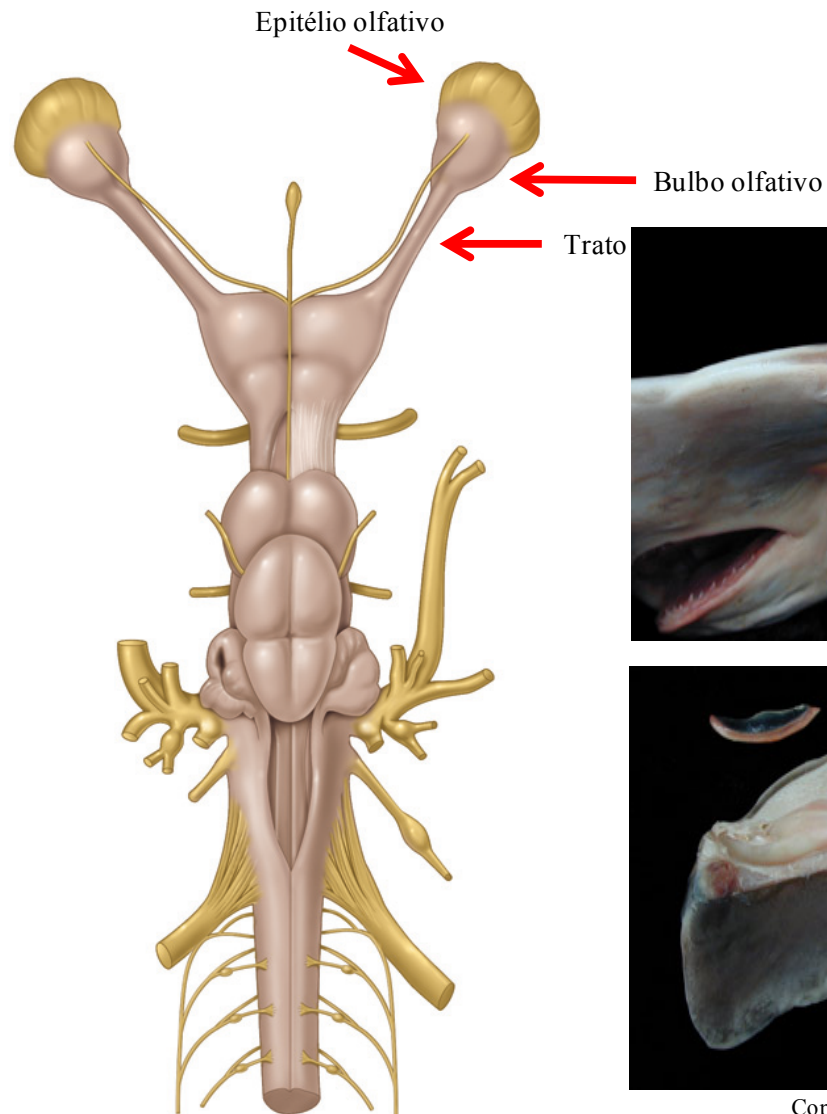
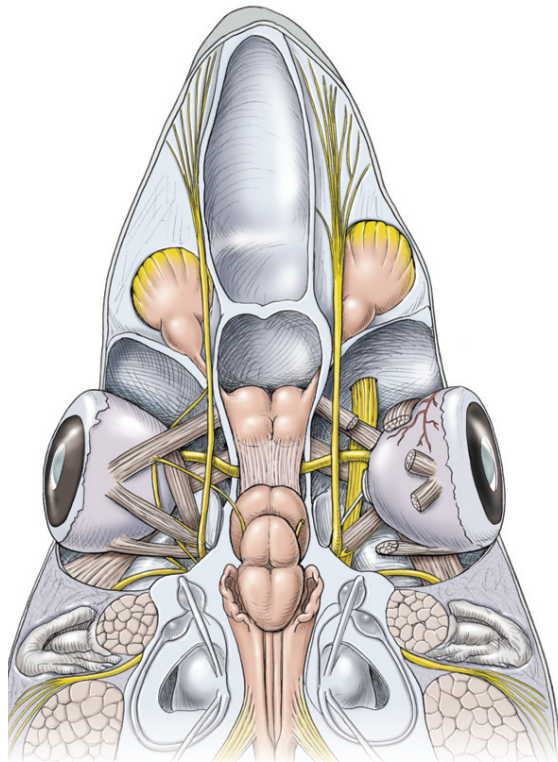
Receptores eletromagnéticos

olho

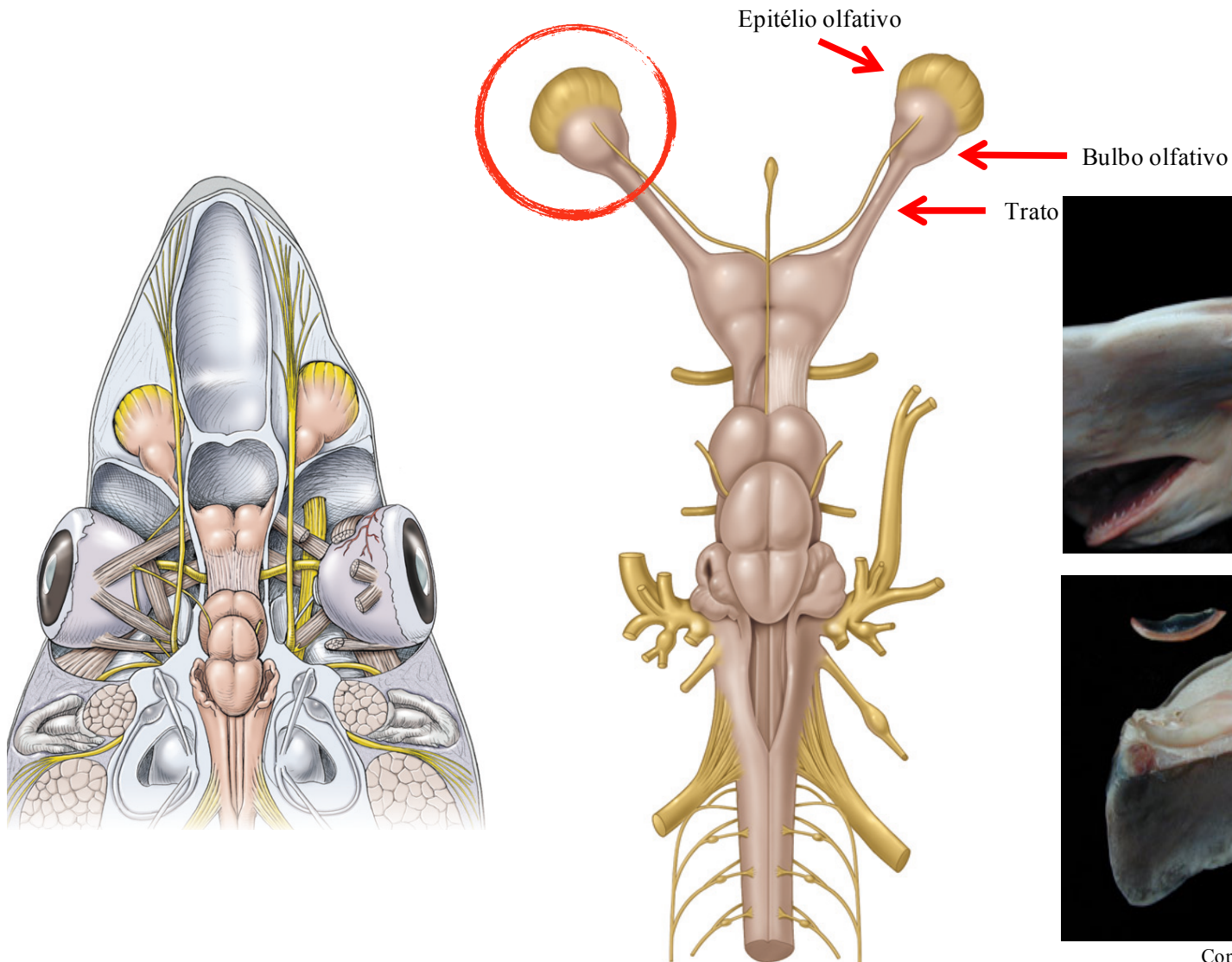
CIRCUITO OLFATIVO



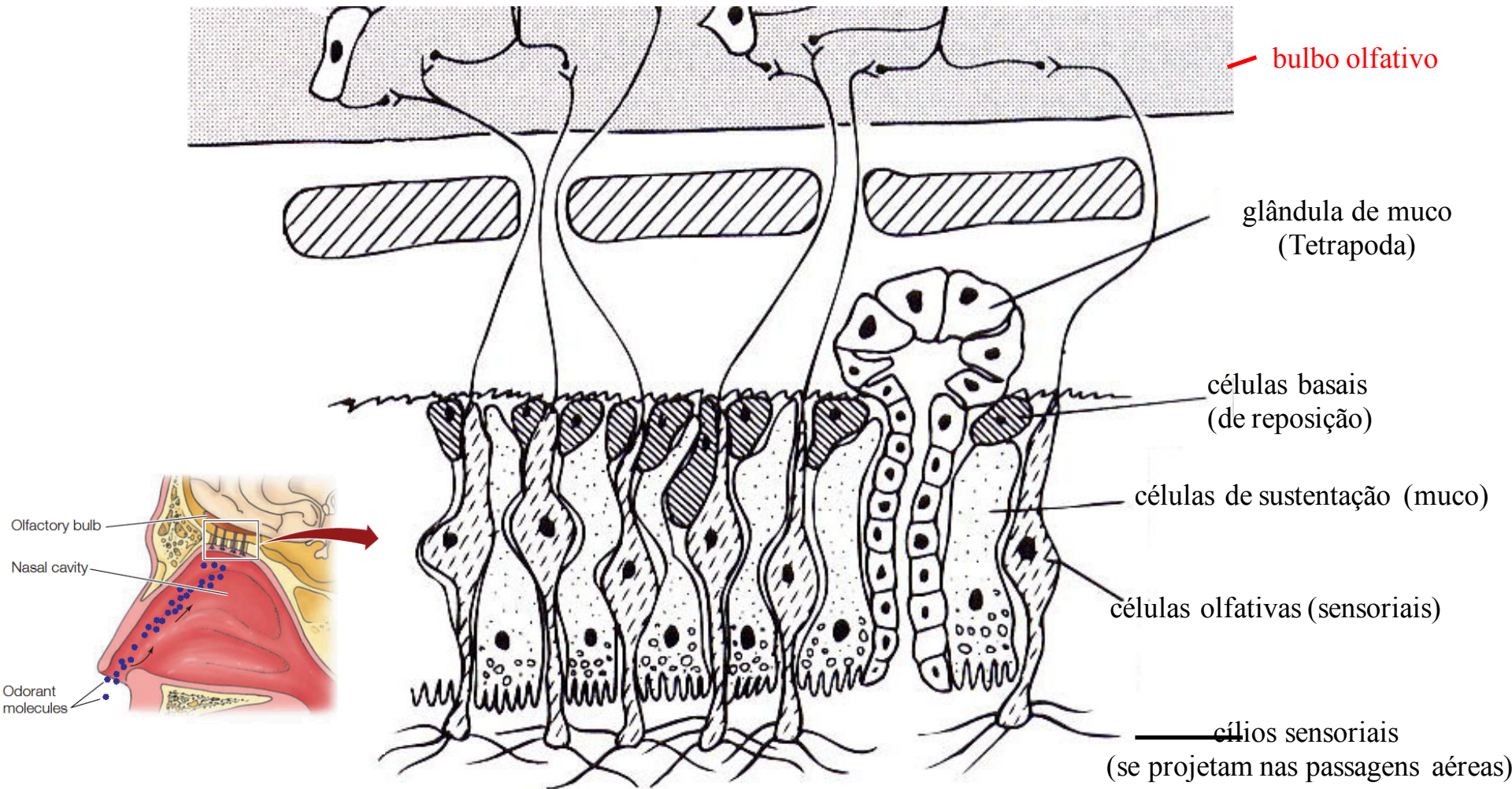
CIRCUITO OLFATIVO



CIRCUITO OLFATIVO



CIRCUITO OLFATIVO: componentes

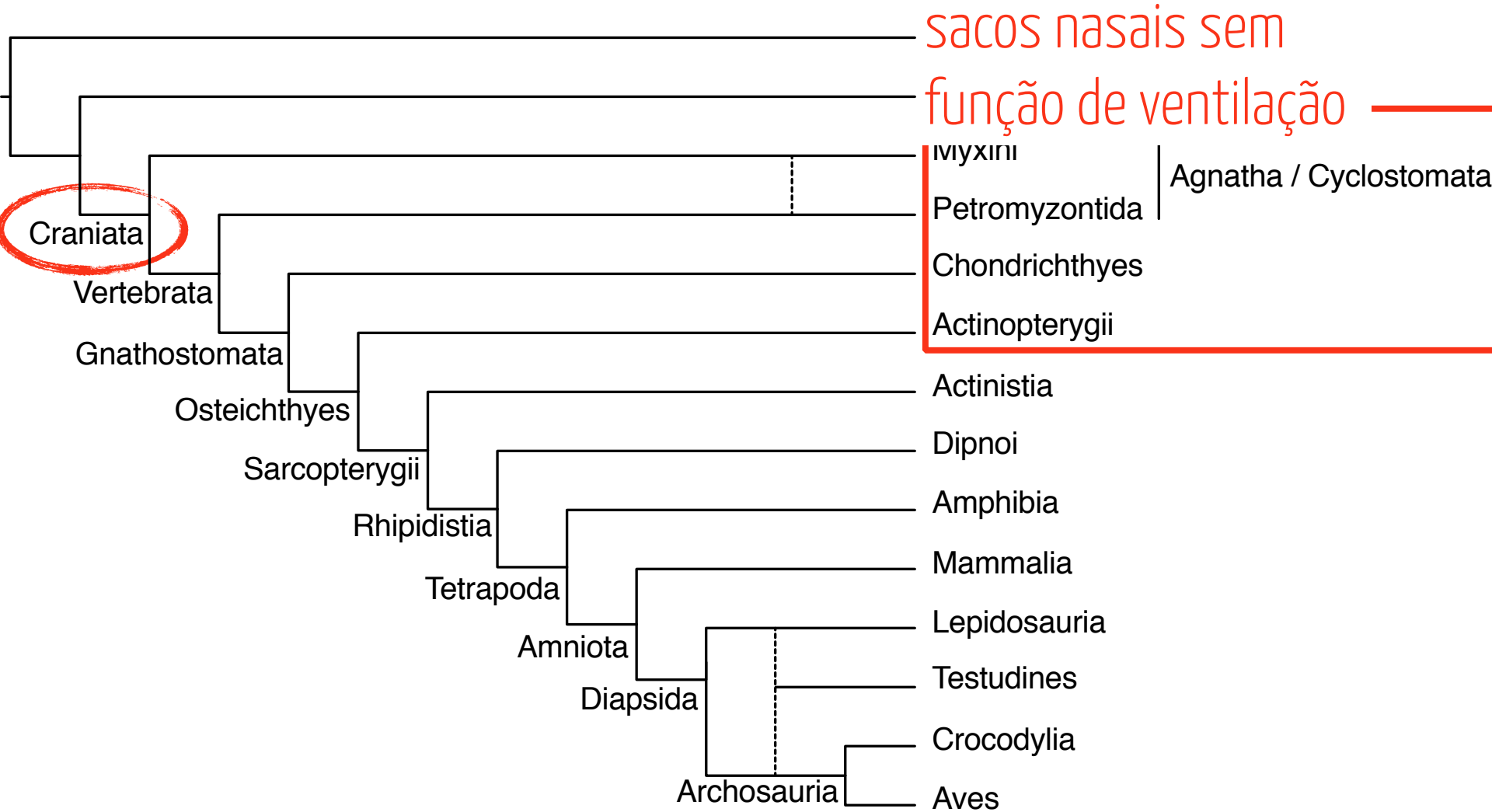


Filogenia de Chordata



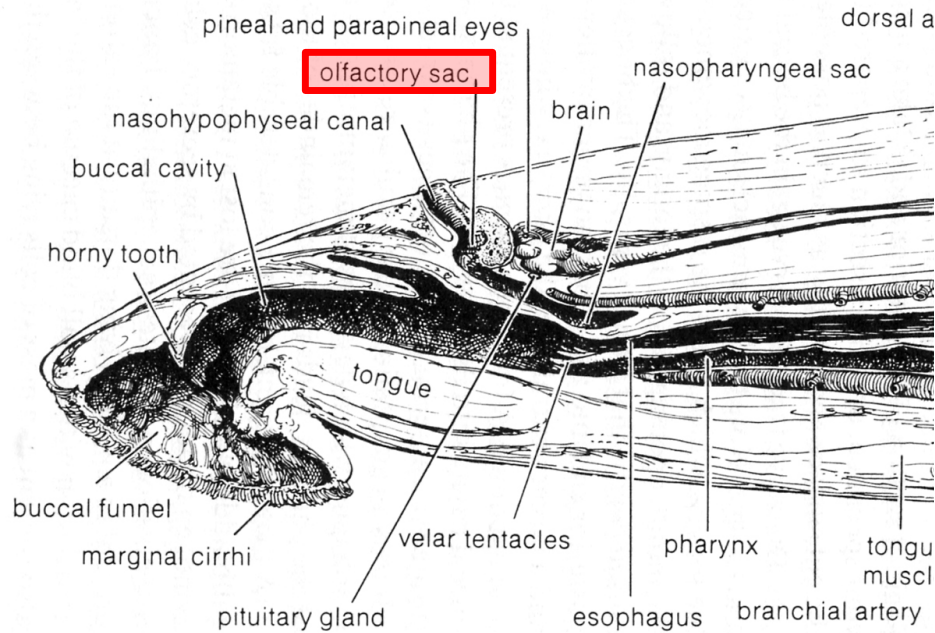
Circuito olfativo

Filogenia de Chordata

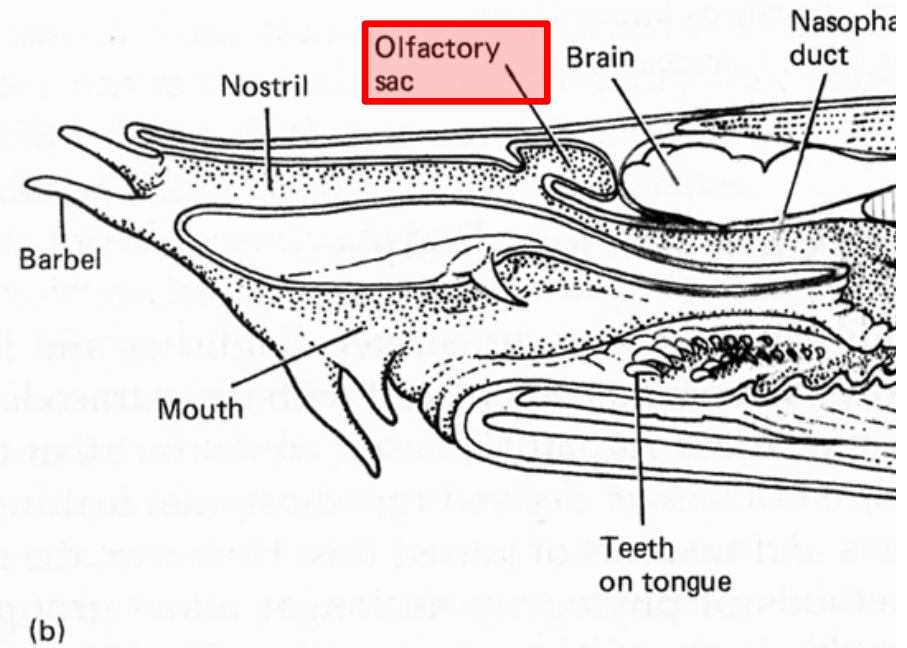


CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

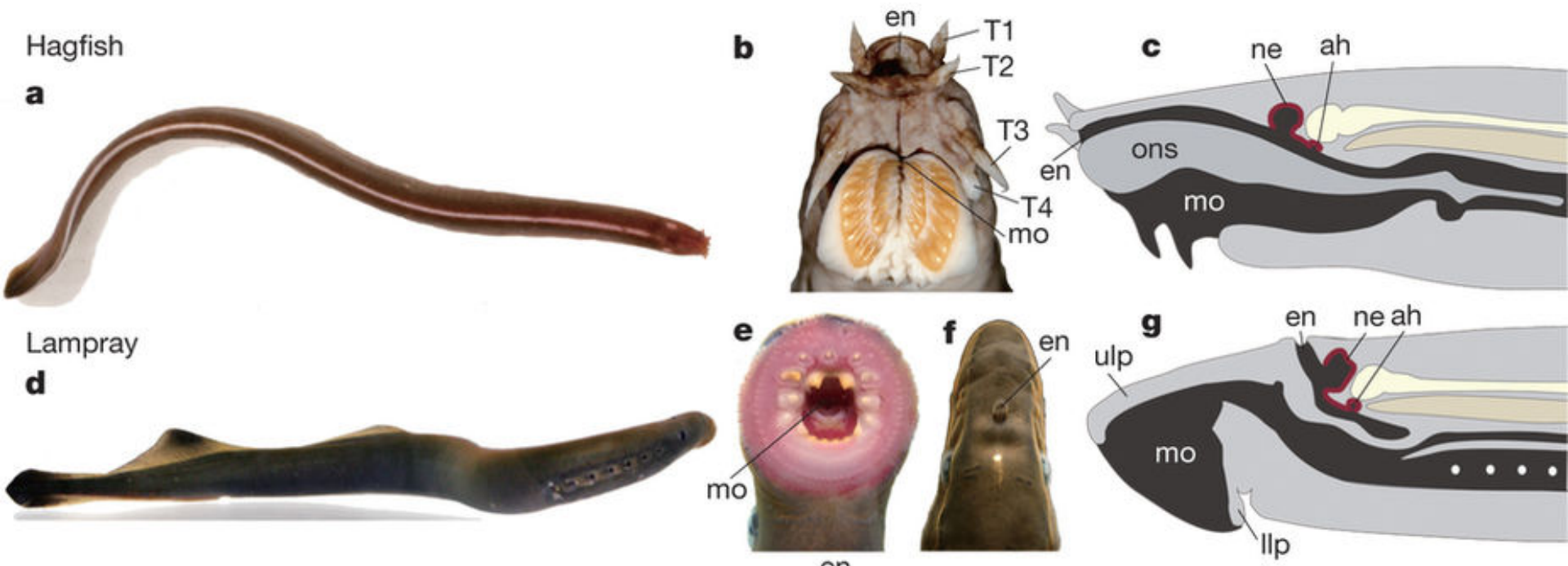
Lampreia



Feiticeira



CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

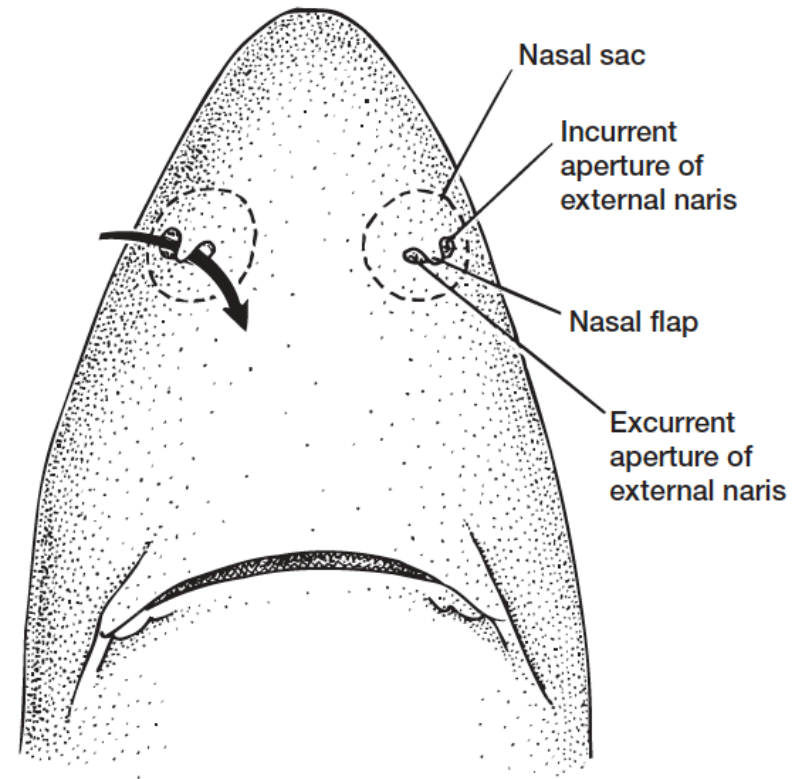
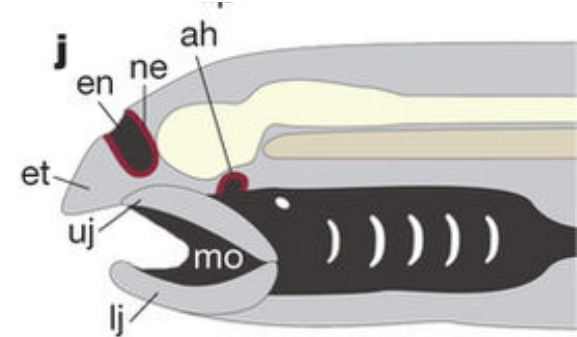


Cyclostomata: sacos naso-hipofisários únicos

CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

Jawed vertebrates

h

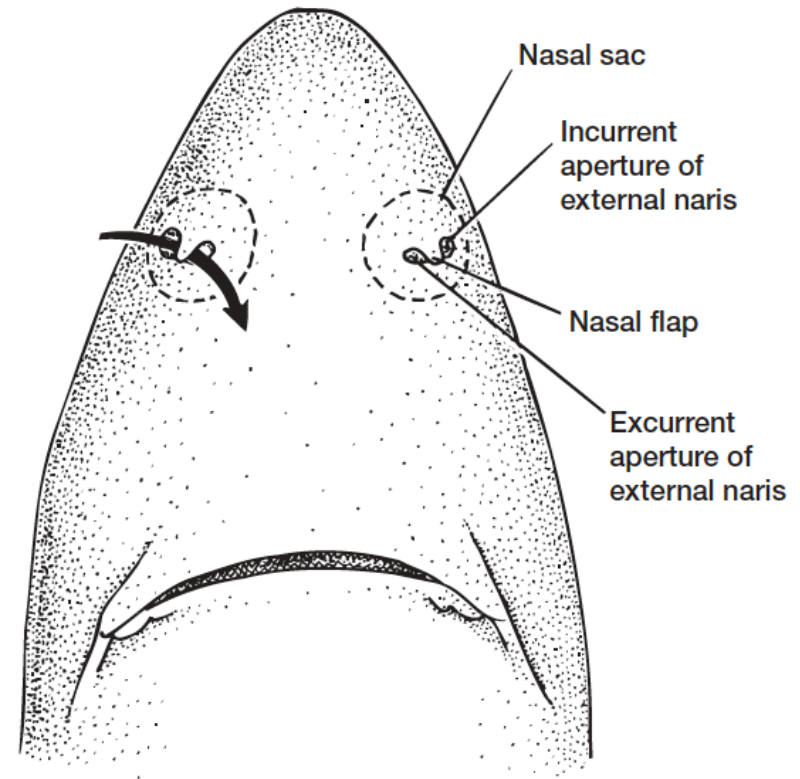
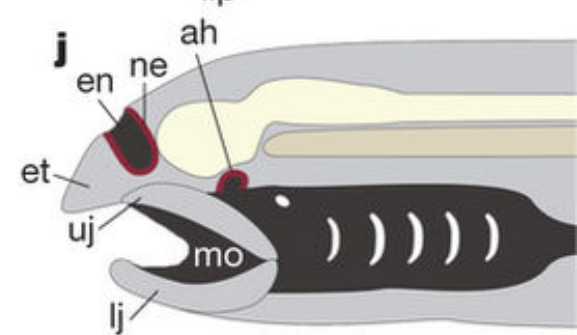


GNATHOSTOMATA: sacos nasais pareados, com abertura inalante e exalante

CIRCUITO OLFATIVO: filogenia

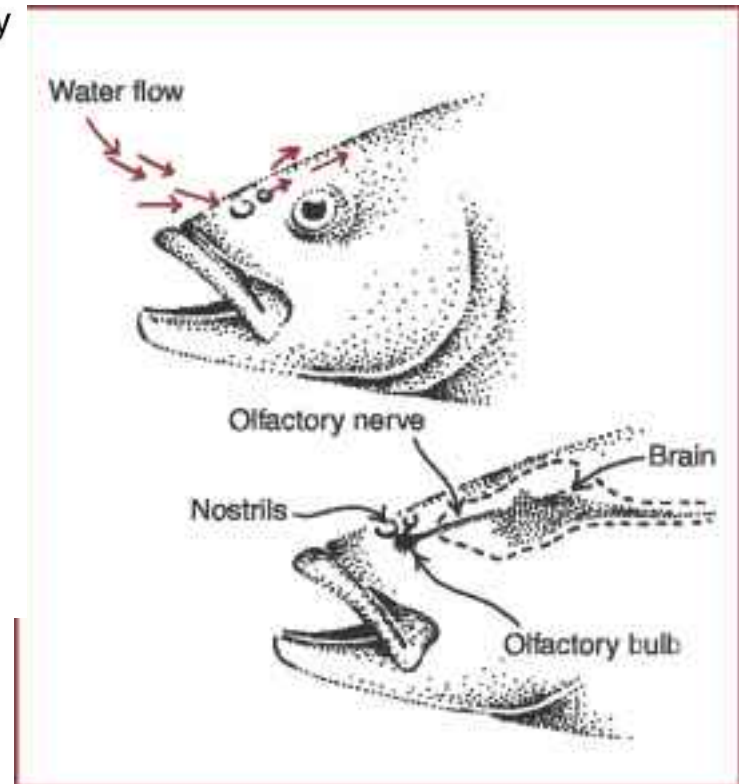
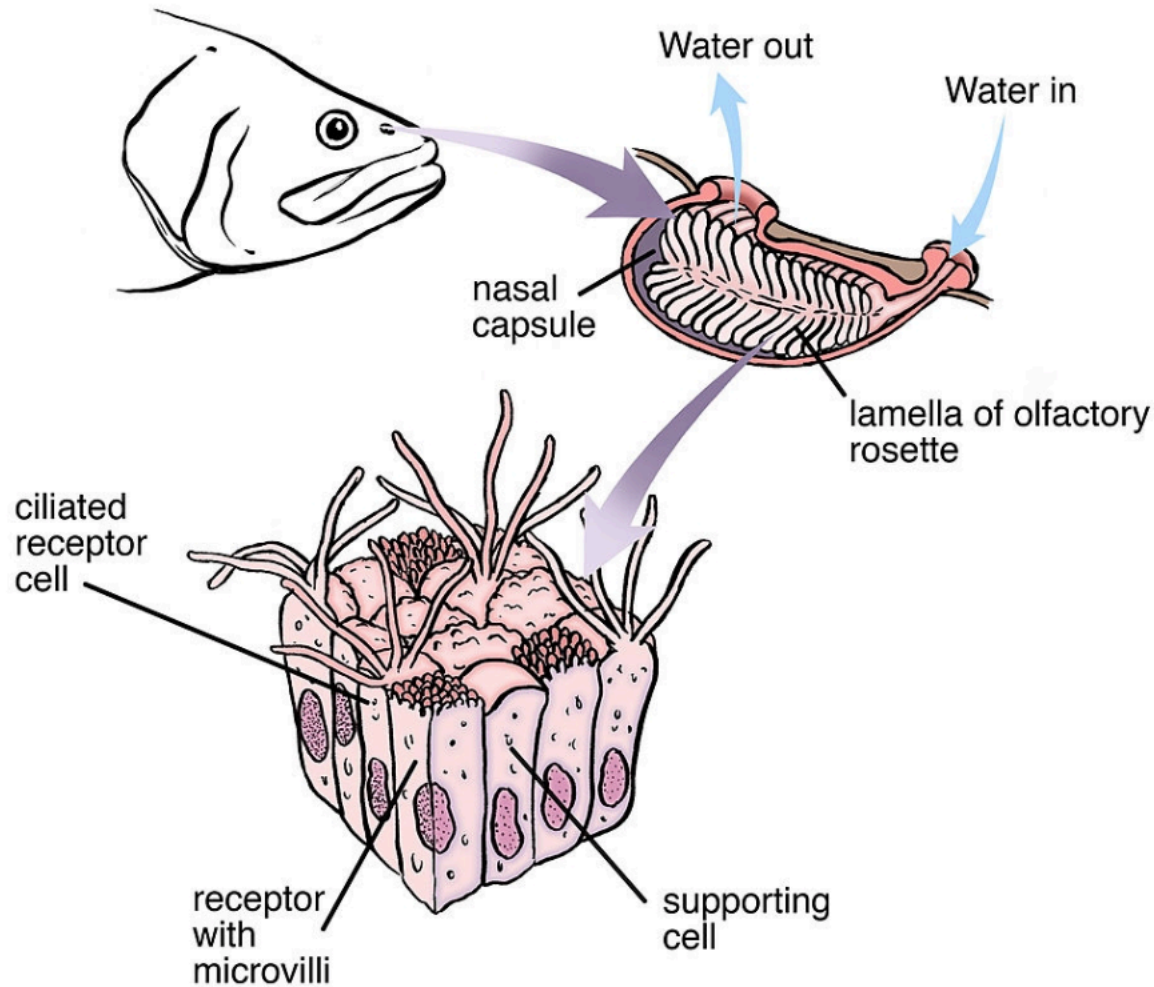
Jawed vertebrates

h



Elasmobranchii: aberturas separadas por um septo

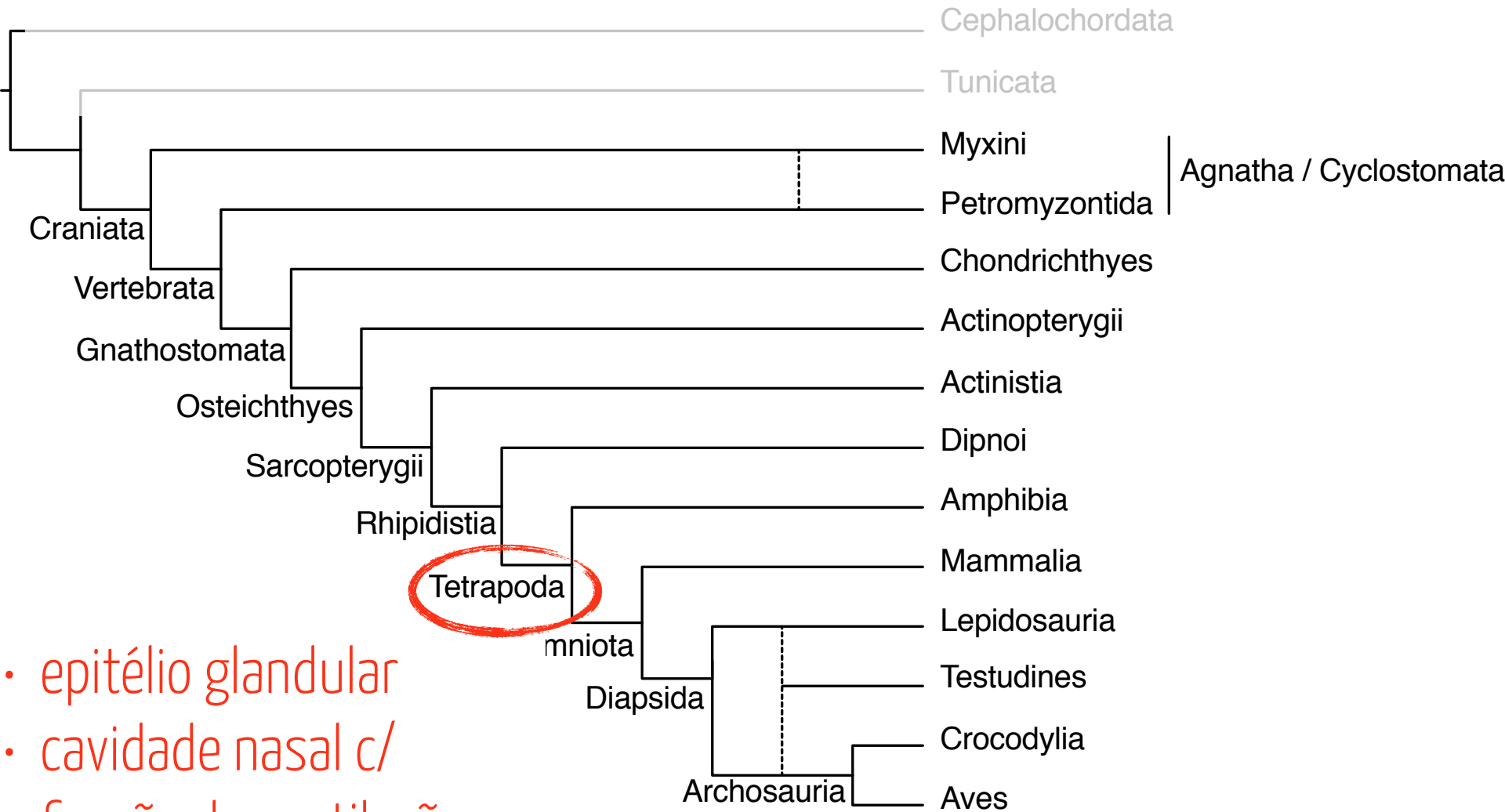
CIRCUITO OLFATIVO: filogenia



Osteichthyes: aberturas totalmente separadas

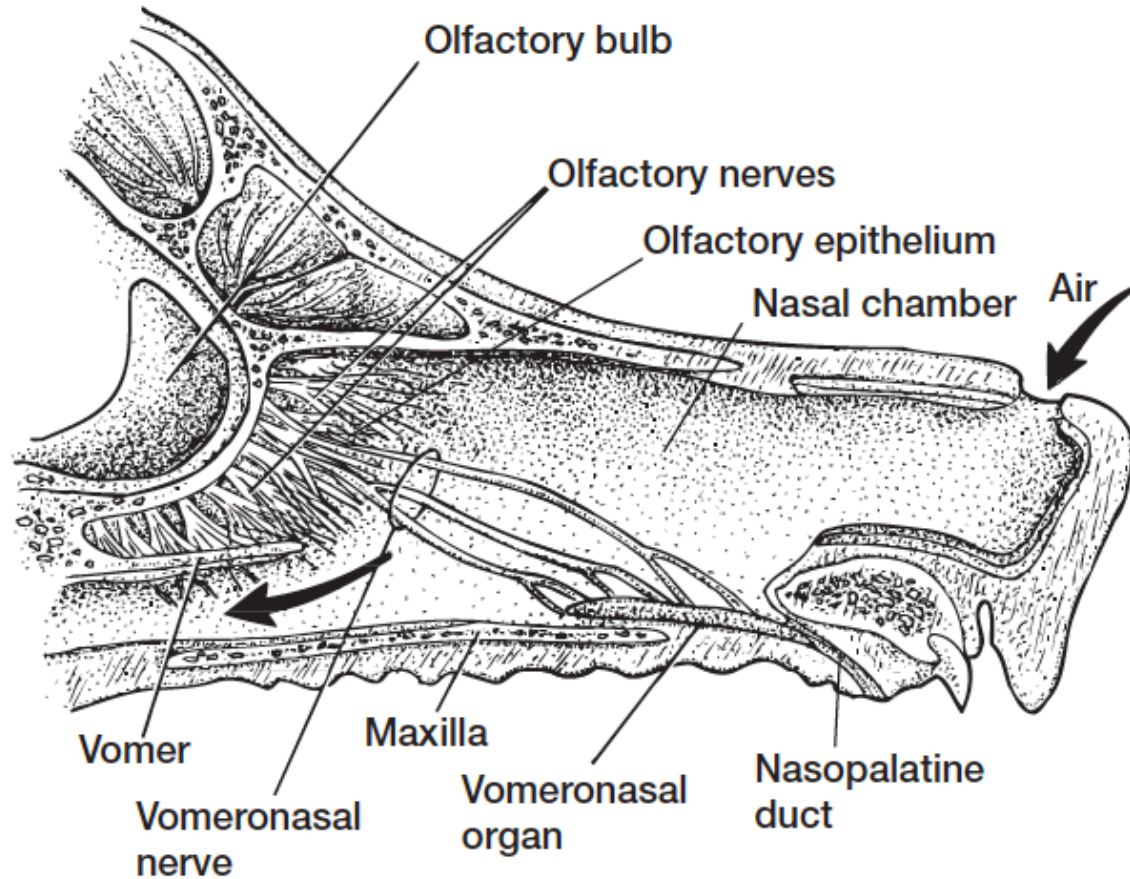
Circuito olfativo

Filogenia de Chordata



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

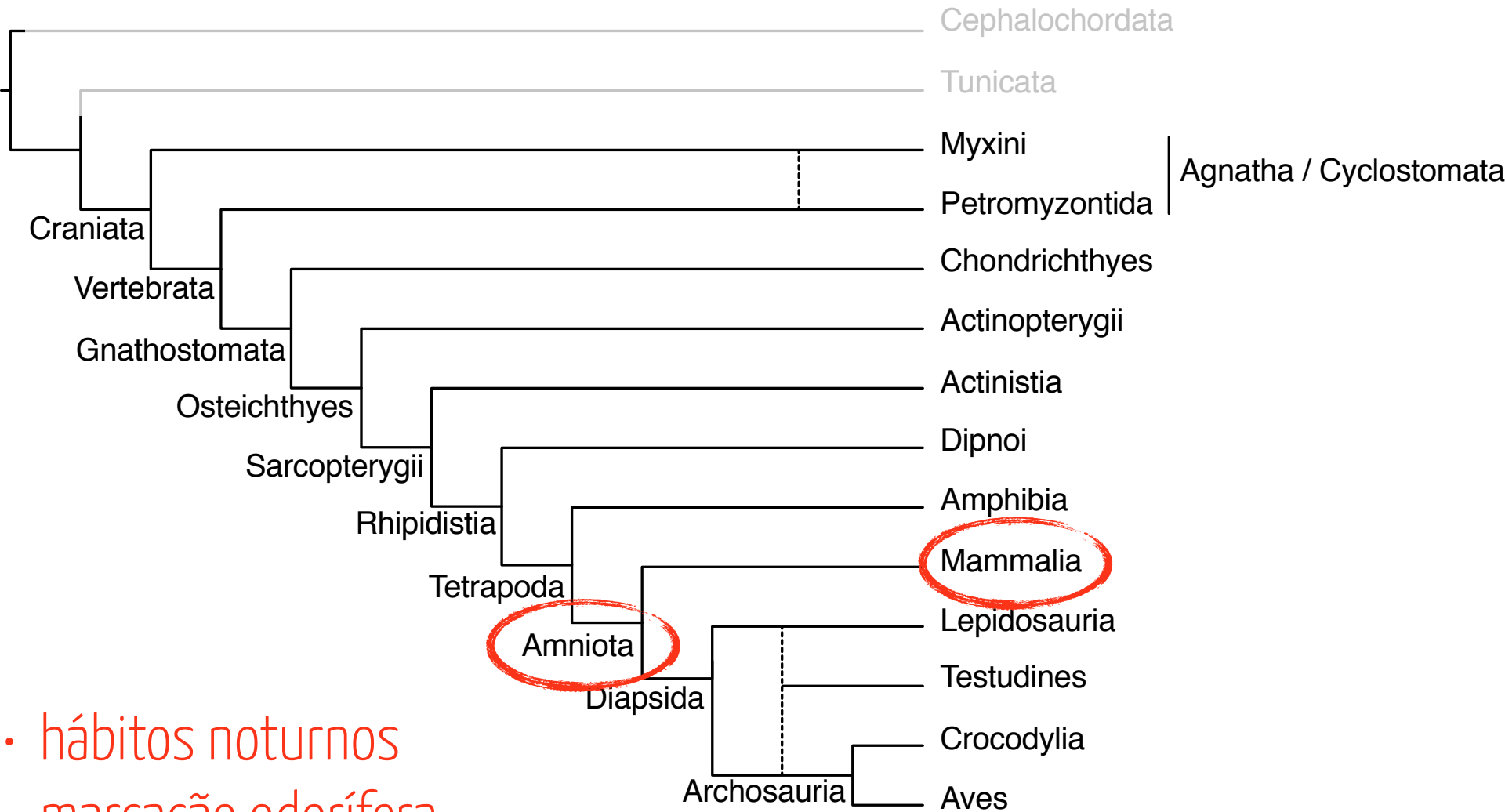
CIRCUITO OLFATIVO: filogenia



Tetrapoda: narina interna

Circuito olfativo

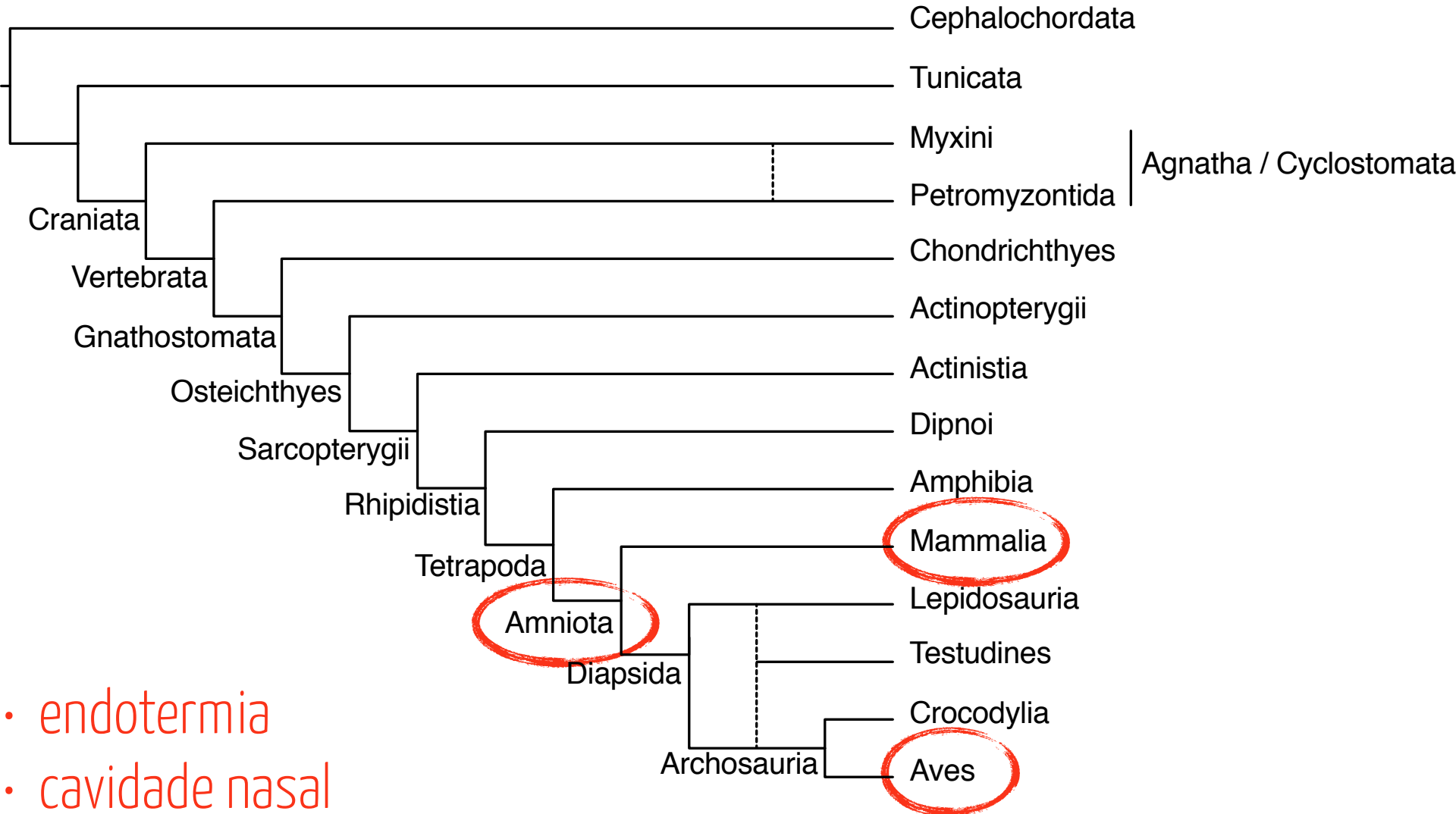
Filogenia de Chordata



- hábitos noturnos
- marcação odorífera
- olfato importante

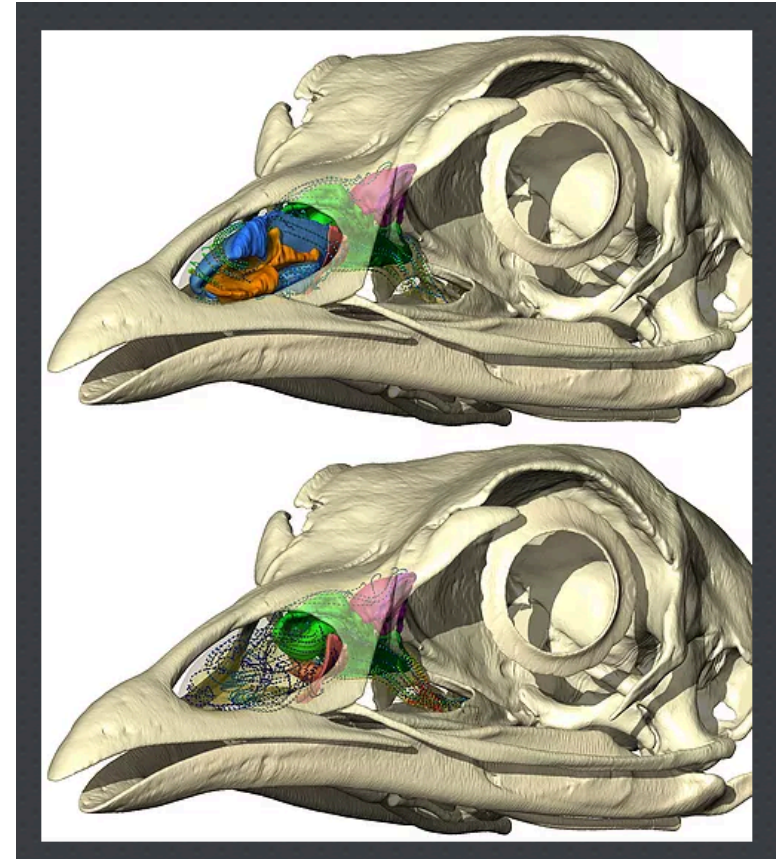
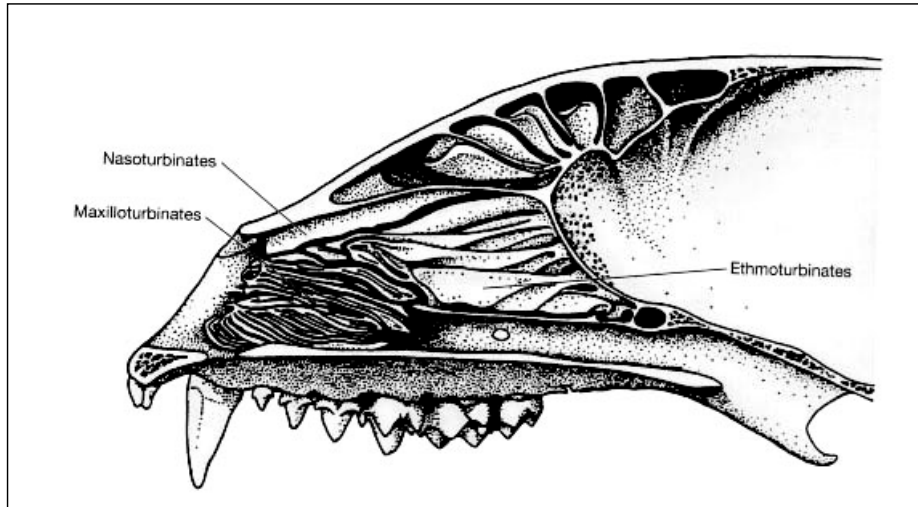
Circuito olfativo

Filogenia de Chordata



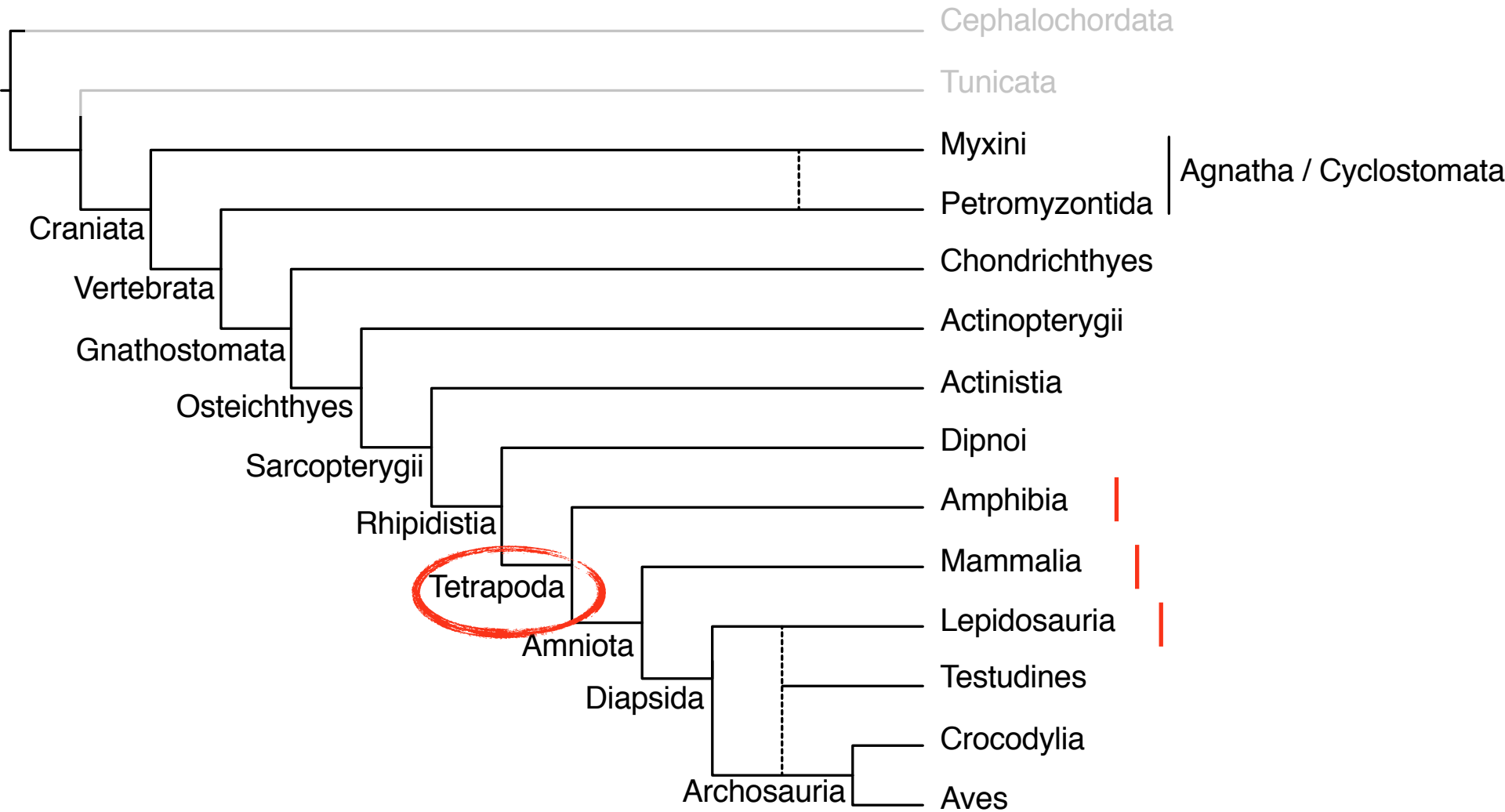
- endotermia
- cavidade nasal complexa (turbinados)

Circuito olfativo: turbinados

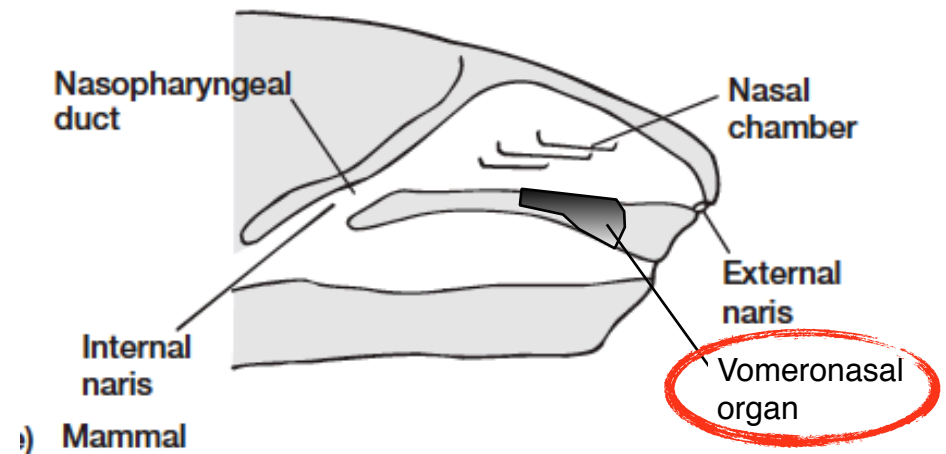
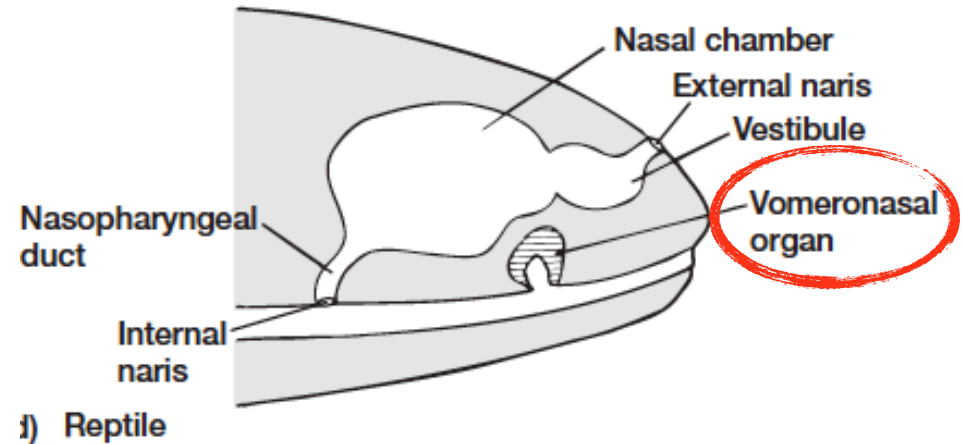
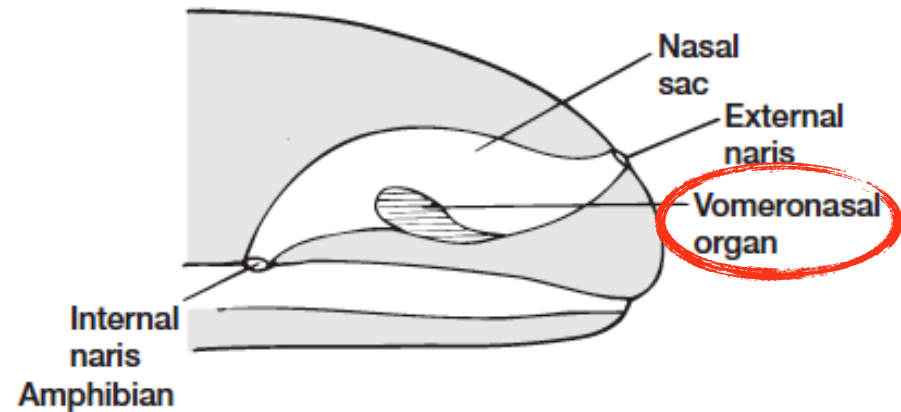


Órgão vomeronasal

Filogenia de Chordata



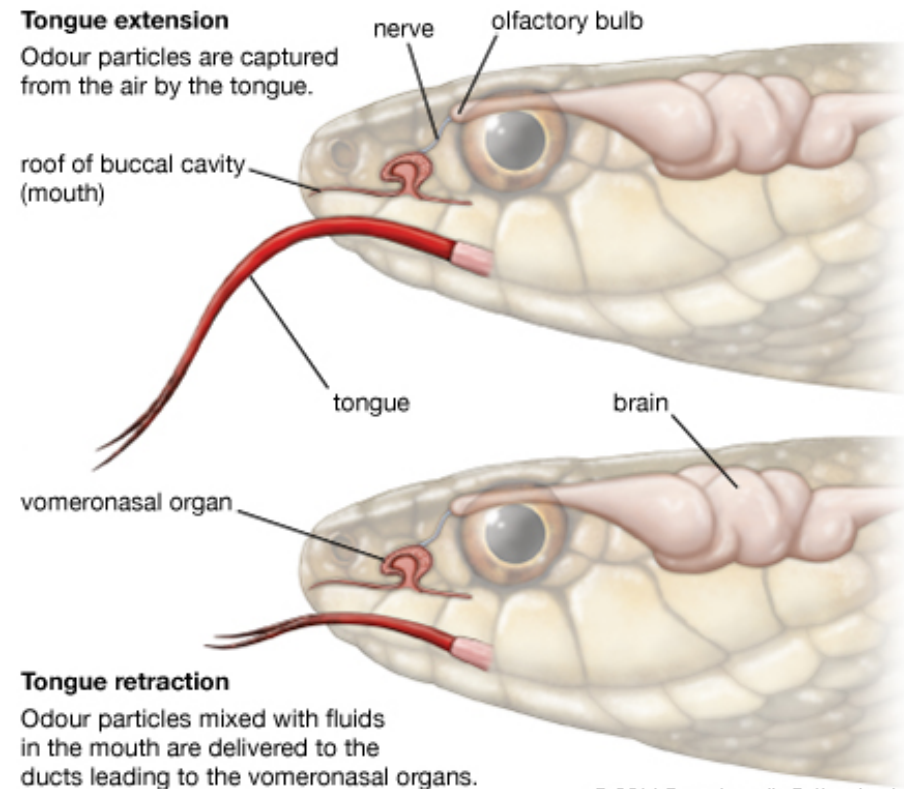
ÓRGÃO VOMERONASAL



- 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

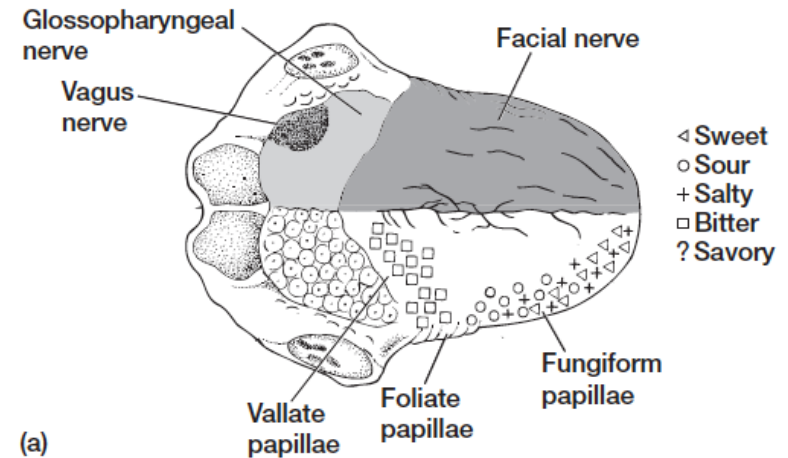
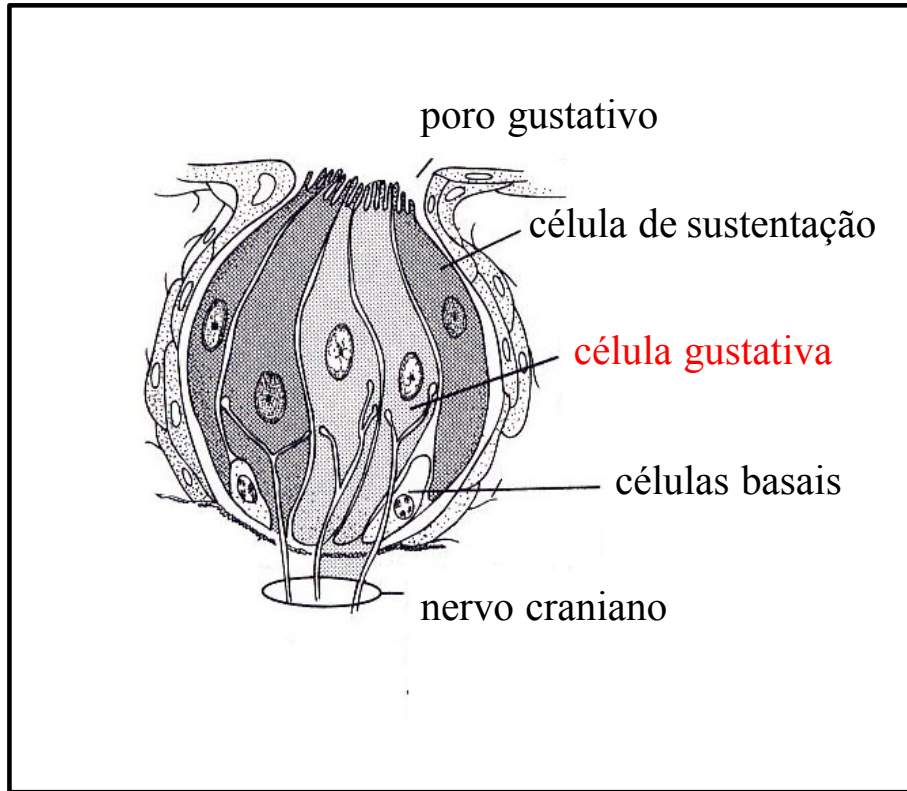
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

Receptores eletromagnéticos

olho

GUSTAÇÃO: componentes



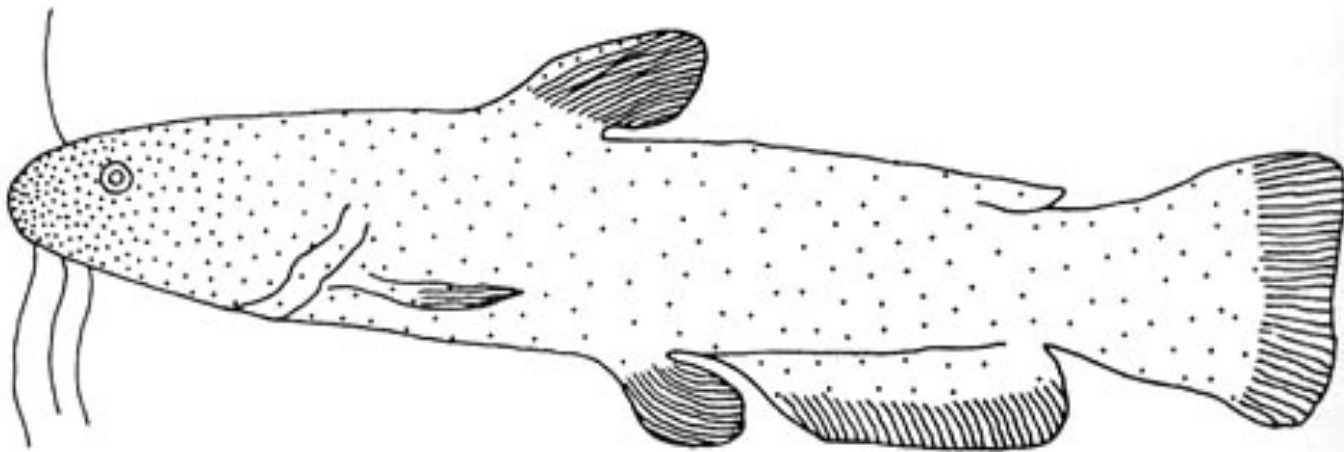
botões gustativos - alimentação (primariamente)
receptores secundários (cél. não nervosas)

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

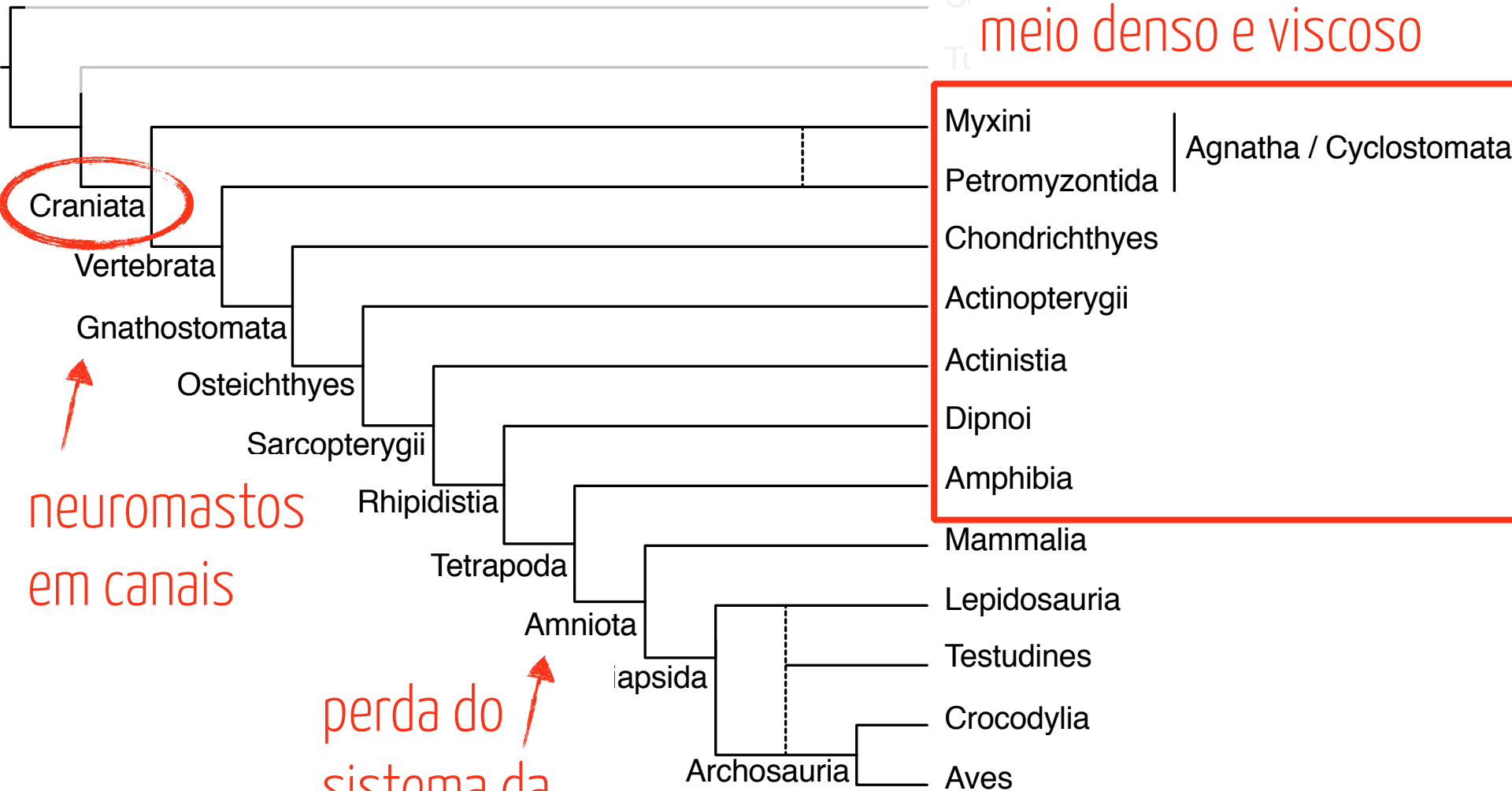
olho

Sistema da linha lateral

Filogenia de Chordata

tato a distância

meio denso e viscoso

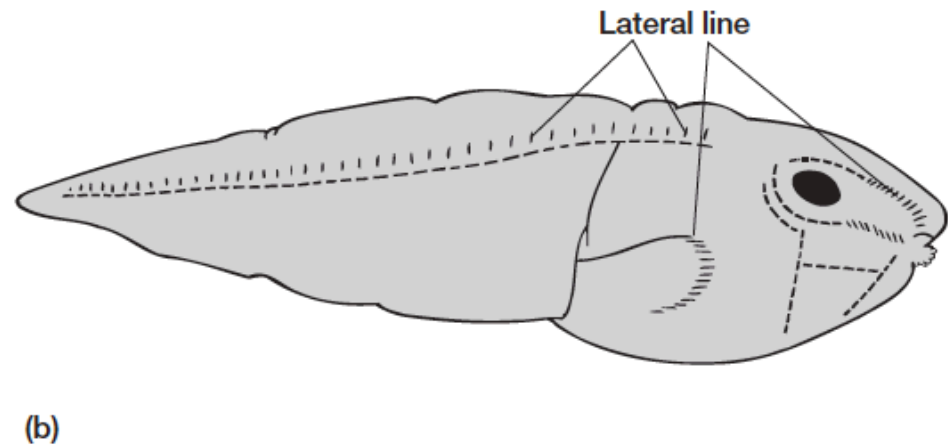
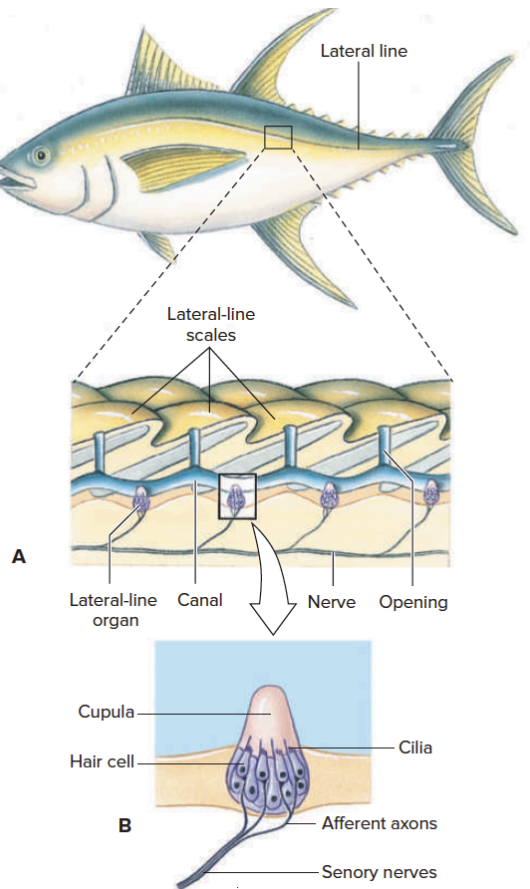


neuromastos
em canais

perda do
sistema da
linha lateral

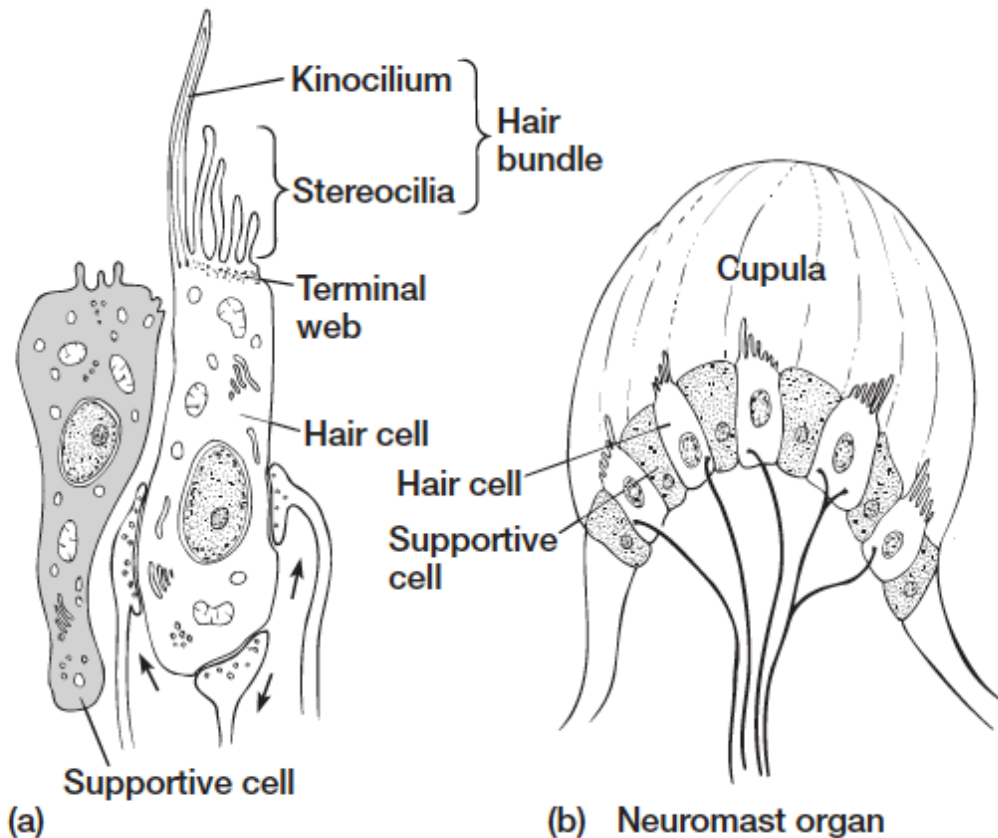
SISTEMA DA LINHA LATERAL

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



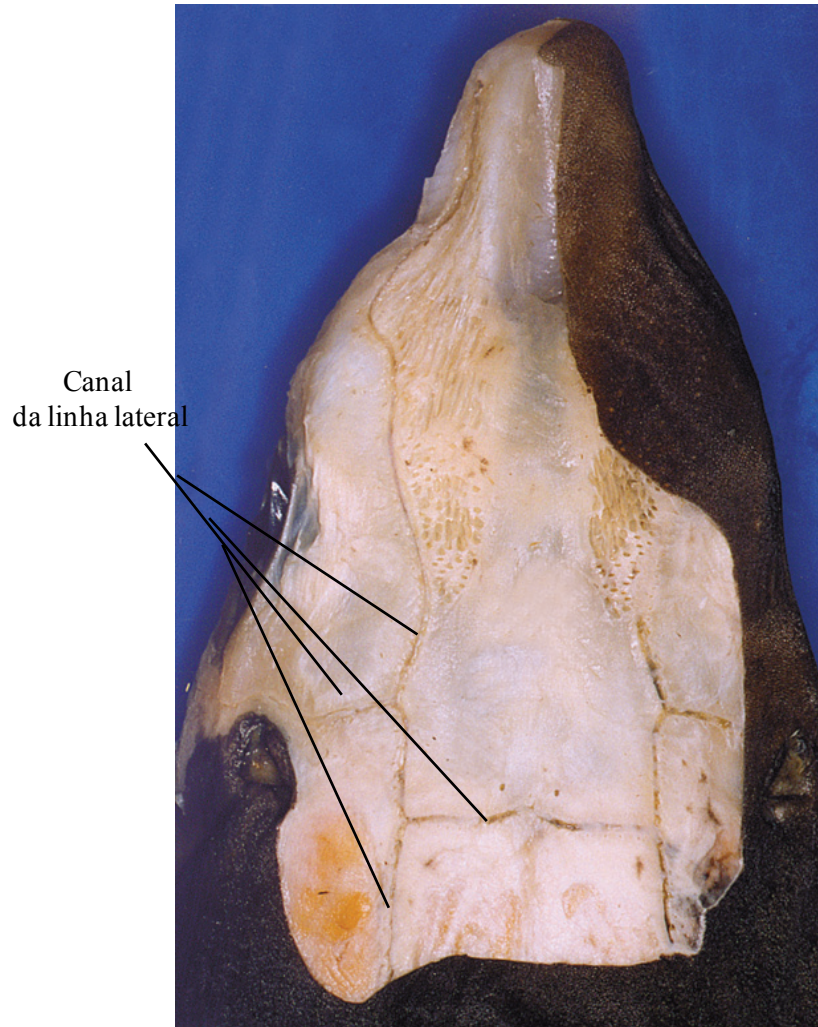
SISTEMA DA LINHA LATERAL: mecanorreceptores

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

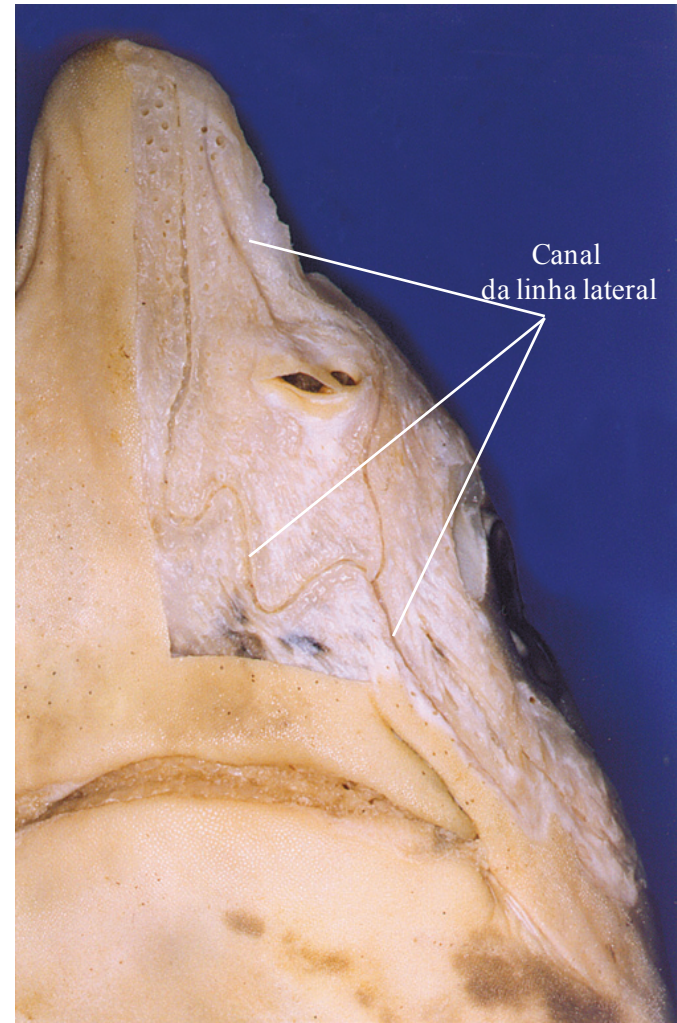


neuromasto =
órgão sensorial
dos sistemas
lateral/acústico/
vestibular

SISTEMA DA LINHA LATERAL



Dorsal



Ventral

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

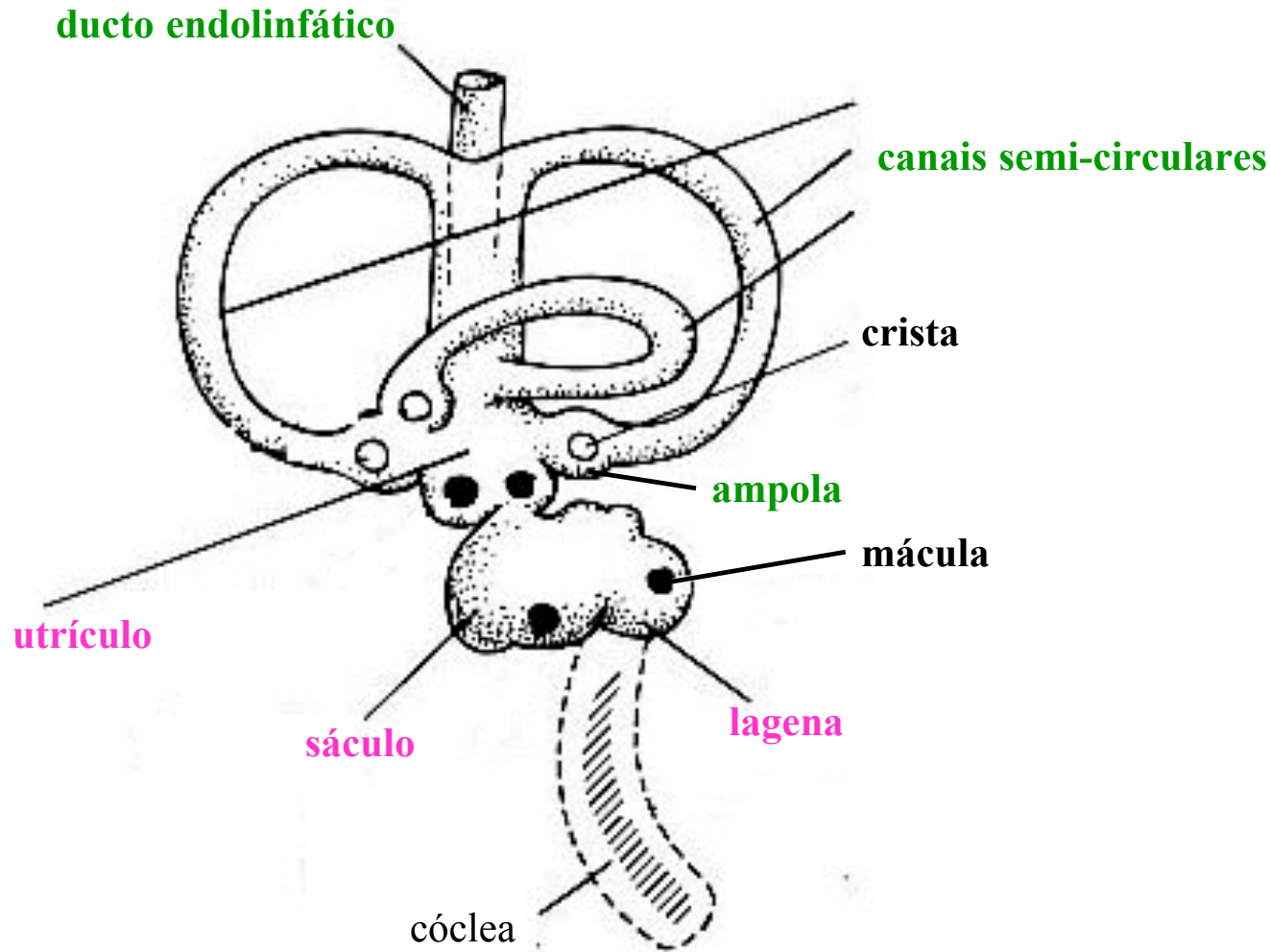
linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

Receptores eletromagnéticos

olho

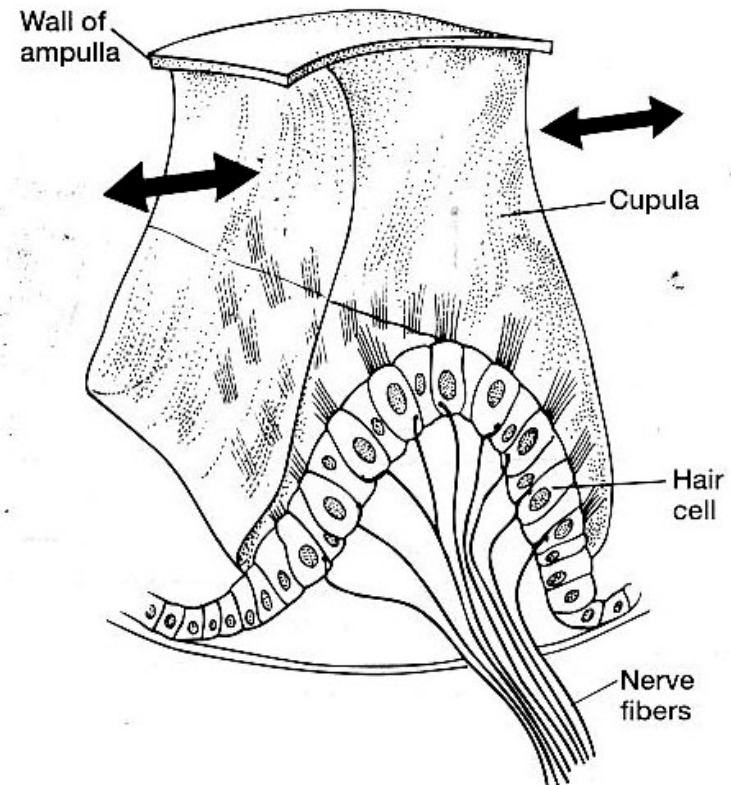
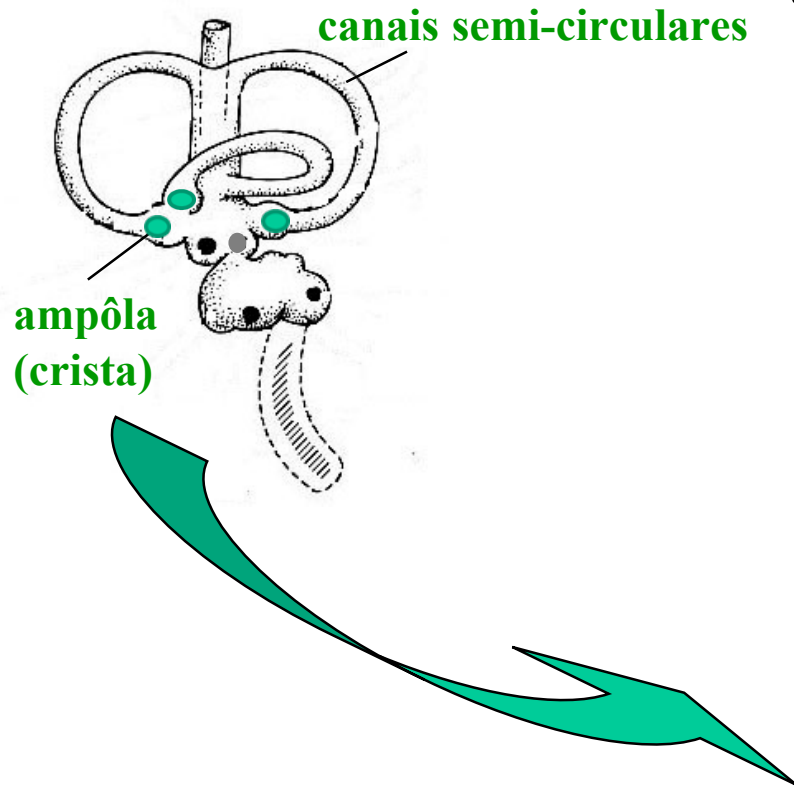
OUVIDO INTERNO: aparato vestibular



- preenchido por endolinfa e circundado por perilinfa

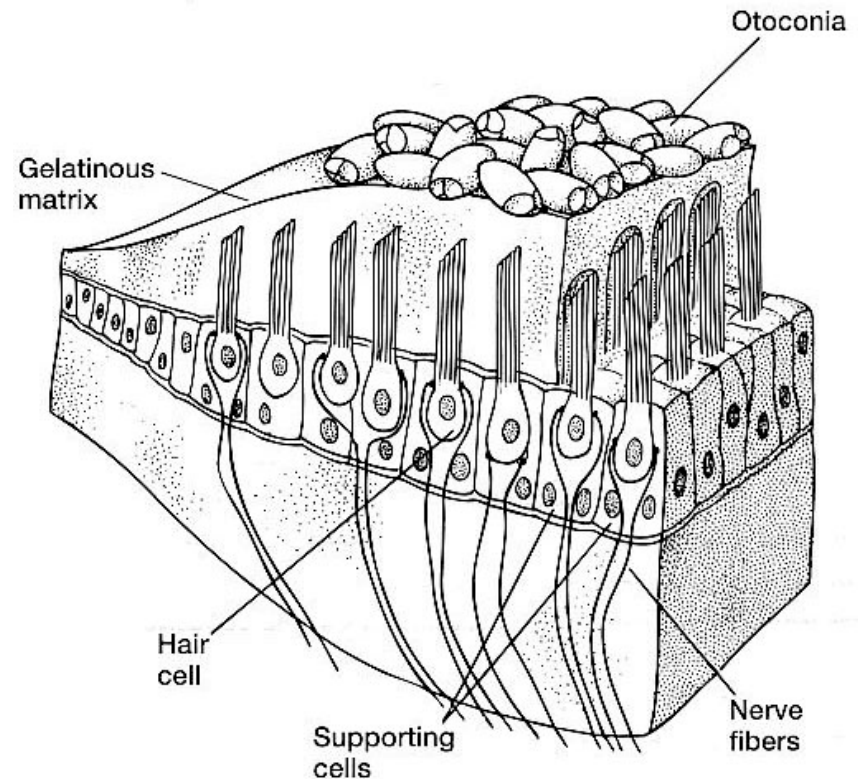
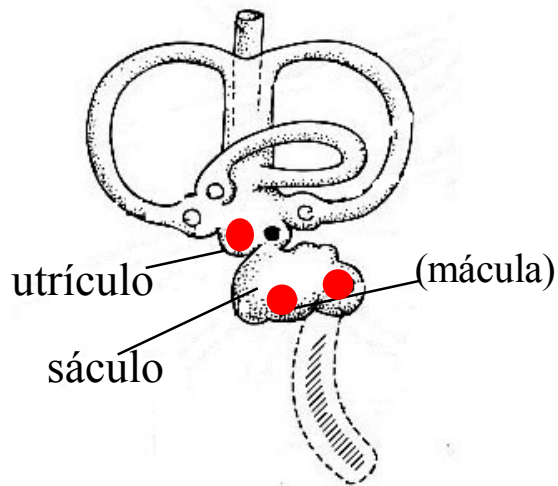
OUVIDO INTERNO: aparato vestibular

- 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

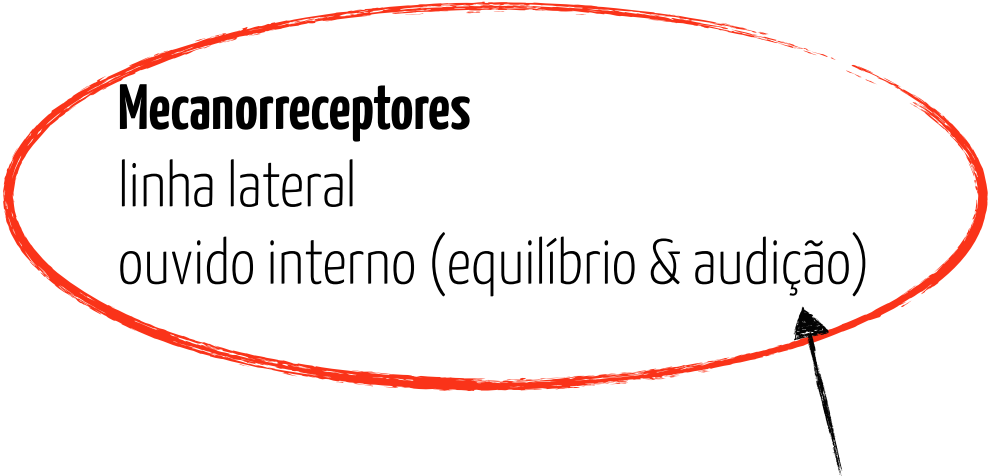
- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

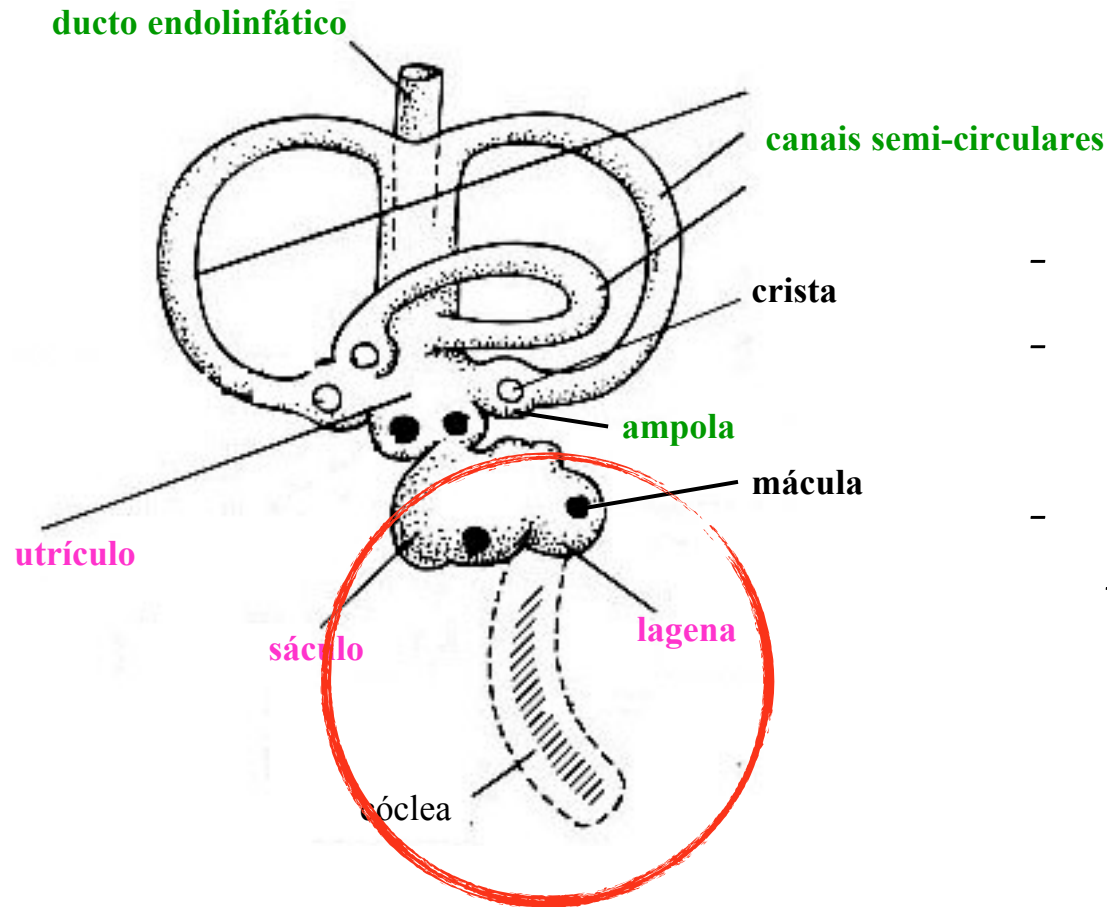


Eletorreceptores

Receptores eletromagnéticos

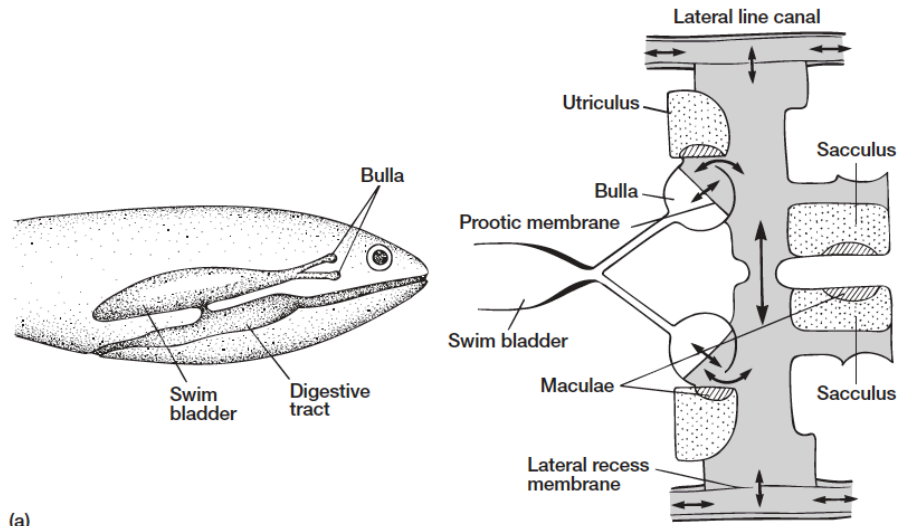
olho
complexo pineal

OUVIDO INTERNO: audição



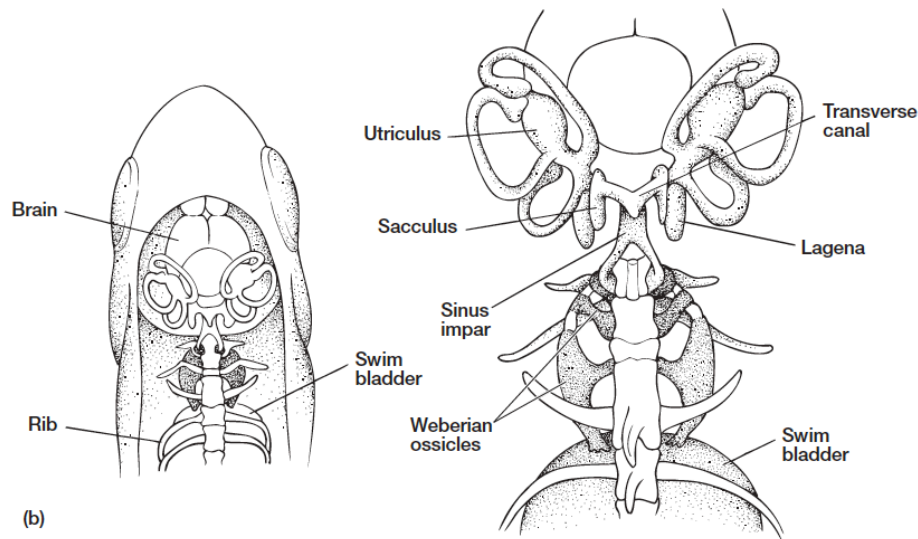
- Lagena envolvida na audição
- neuromastos especializados na audição
- Mammalia: lagena espiralada formando a cóclea

AUDIÇÃO: peixes

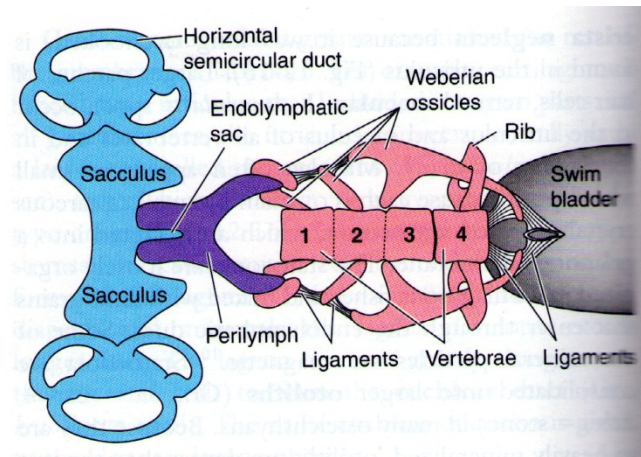


(a)

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

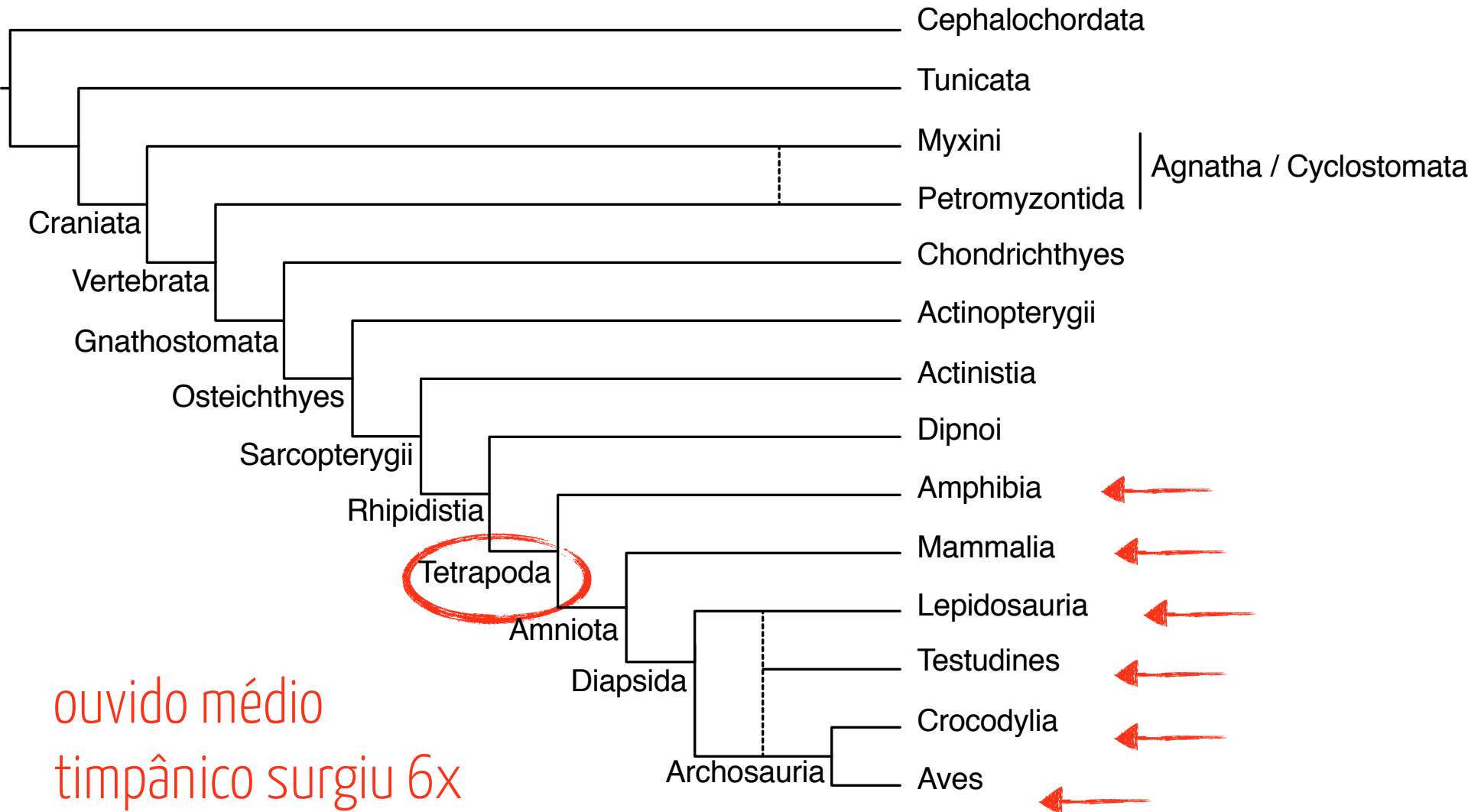


(b)



OUVIDO MÉDIO: filogenia

Filogenia de Chordata



ouvido médio
timpânico surgiu 6x
independentemente

ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato

gustação

Mecanorreceptores

linha lateral

ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores

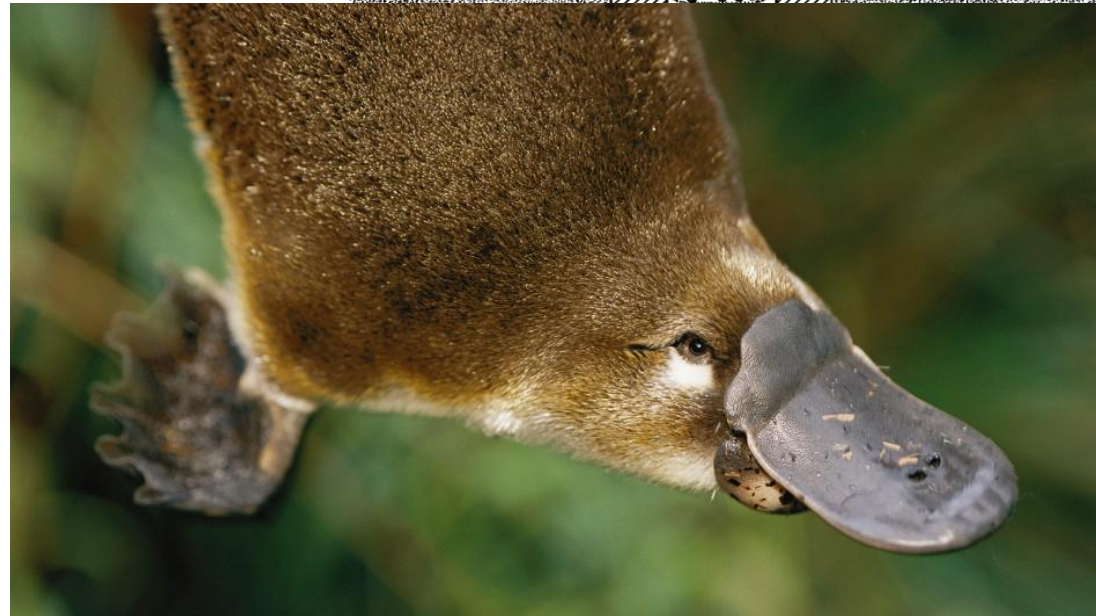
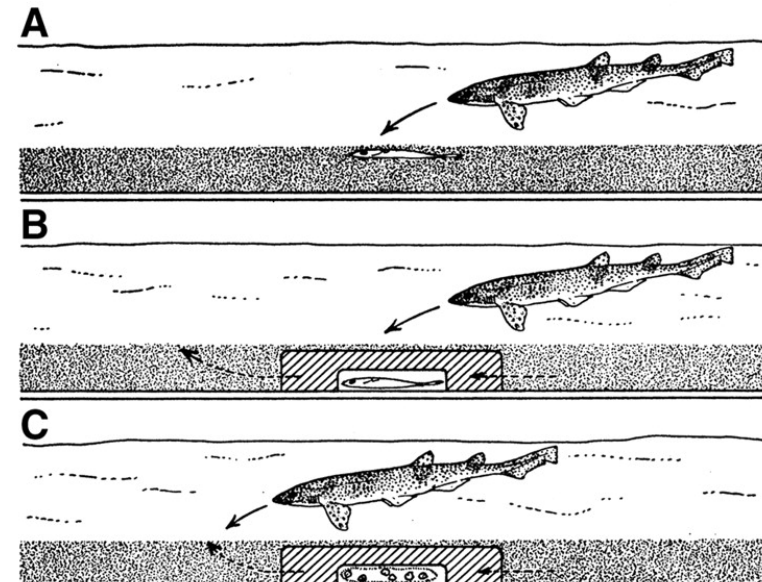
Receptores eletromagnéticos

olho

complexo pineal

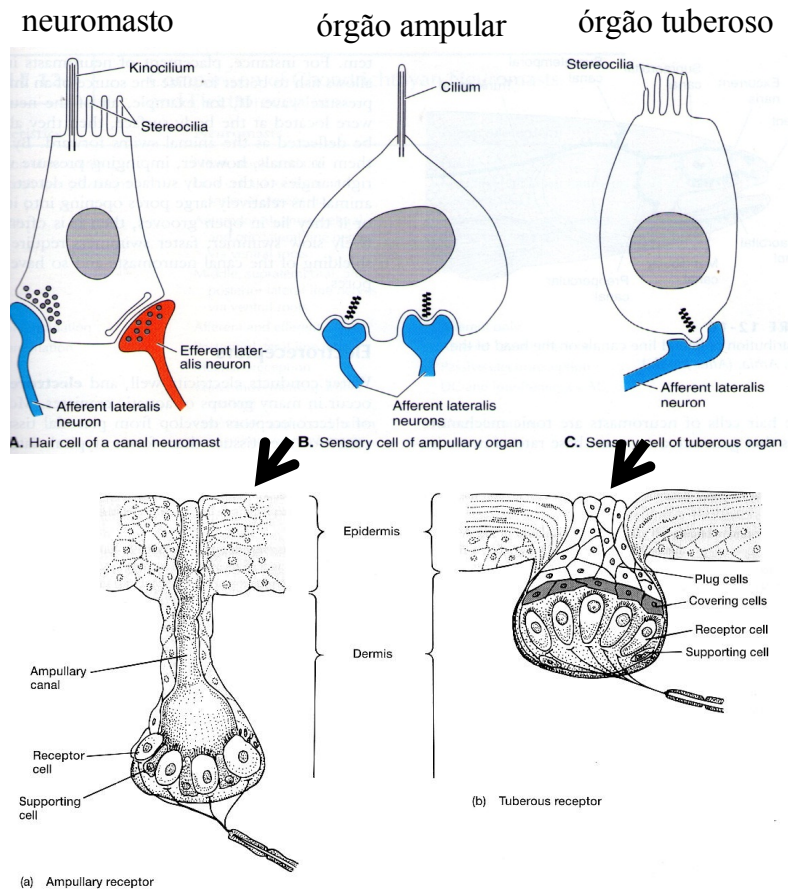
ELETORRECEPÇÃO

- 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)

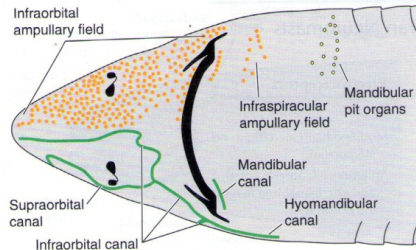


ex: Ampolas de Lorenzini (Chondrichthyes)
Baixa frequência

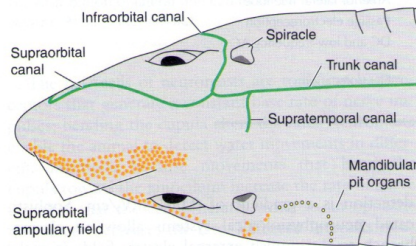
Eletrorreceptores presentes em alguns Teleostei (ex. Gymnotiformes, Mormyridae)
Alta frequência

ELETRORRECEPÇÃO: componentes

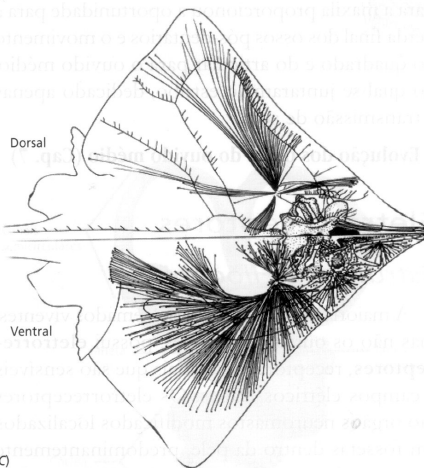
Elasmobranchii



A. Ventral view of a shark head

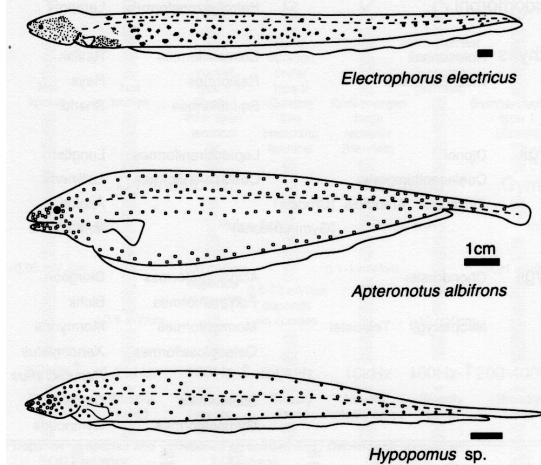
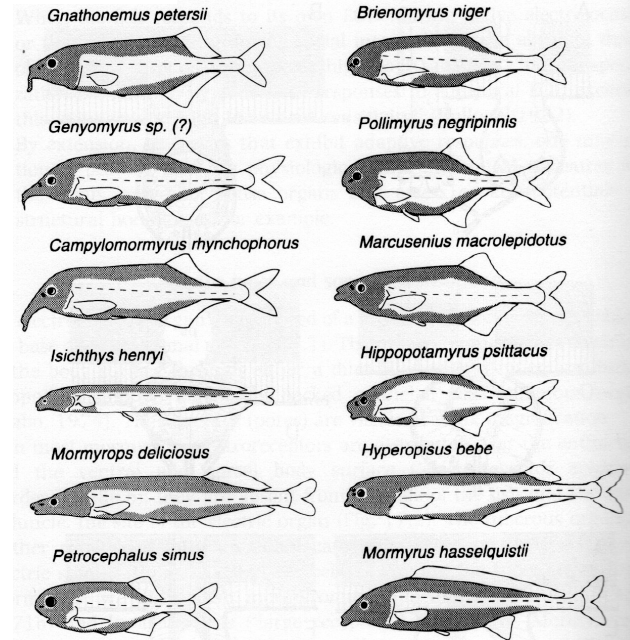


B. Dorsal view of a shark head



(C)

Teleostei



ÓRGÃOS SENSORIAIS ESPECIAIS

- localizados
- resposta específica a determinados estímulos

Quimiorreceptores

olfato
gustação

Mecanorreceptores

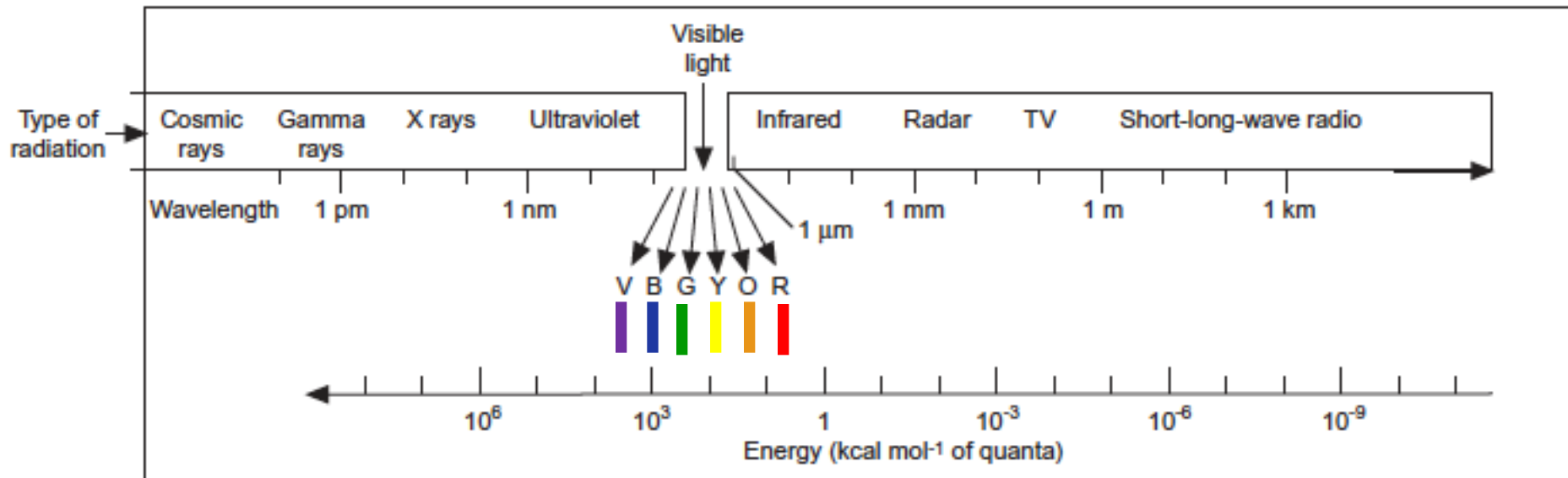
linha lateral
ouvido interno (equilíbrio & audição)

Eletrorreceptores



RECEPTORES DE RADIAÇÃO

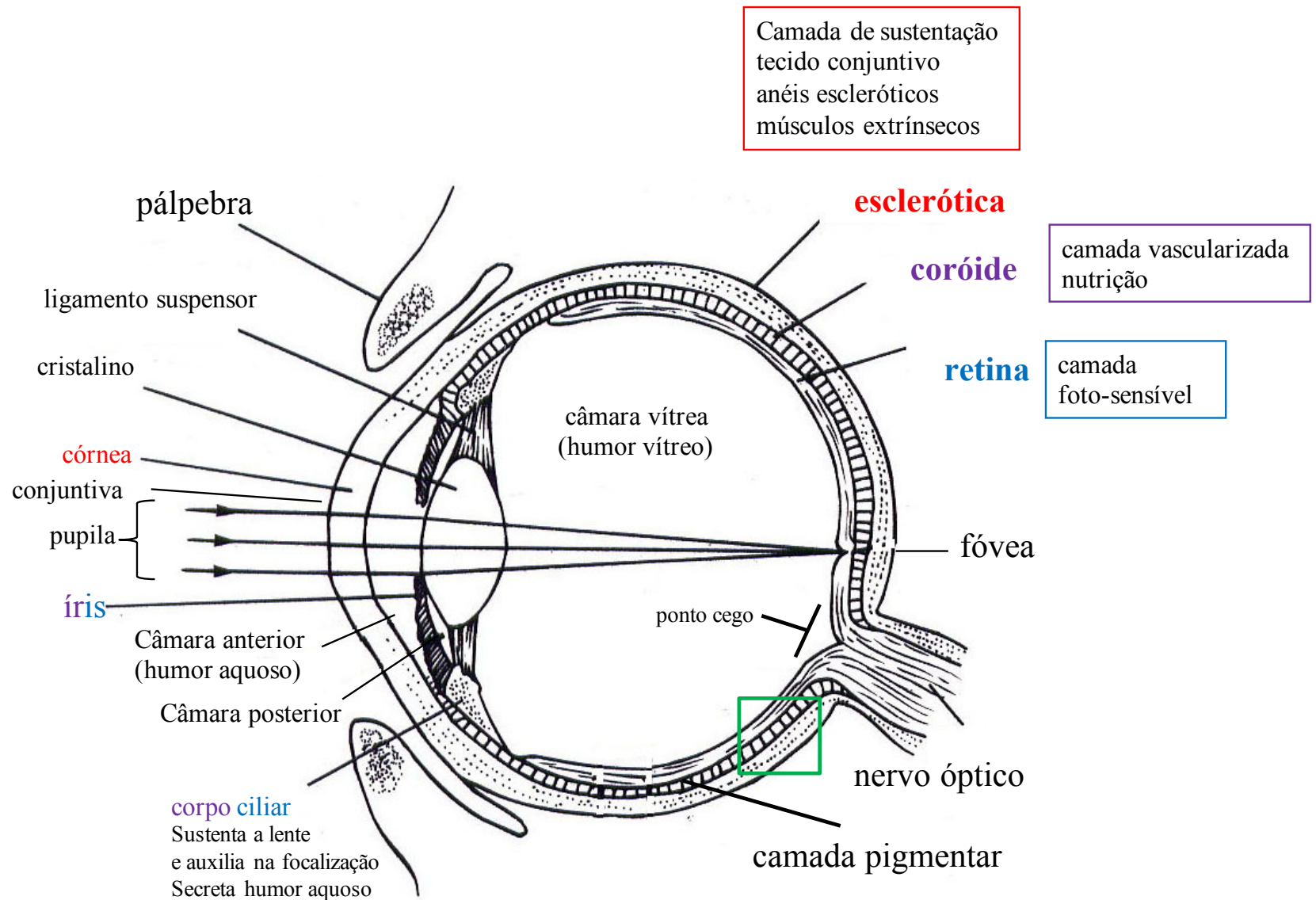
- espectro eletromagnético
- ondas de vários comprimentos
- luz visível (380-760 nm)



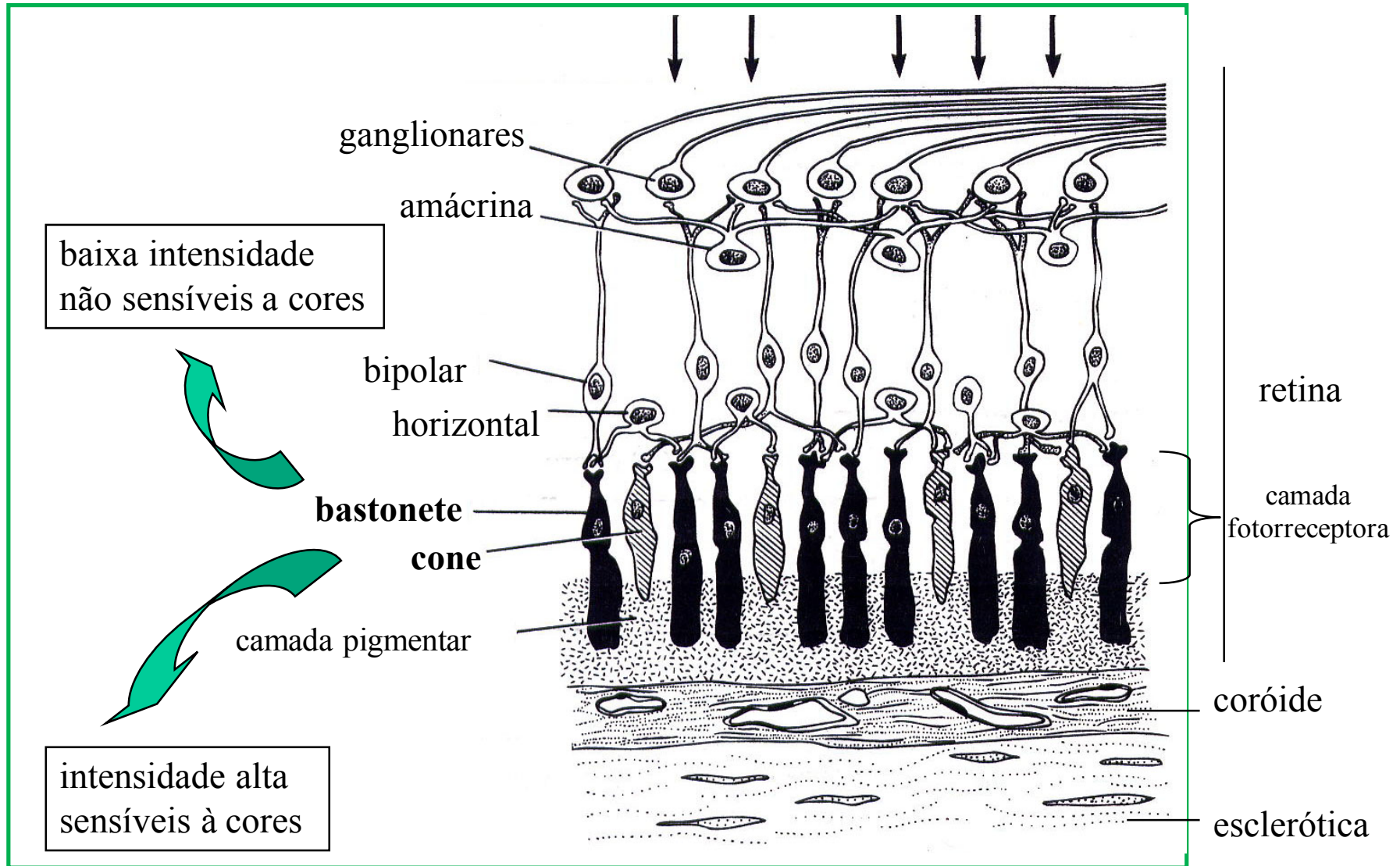
RECEPTORES DE RADIAÇÃO: olhos

- 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



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: componentes



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: função

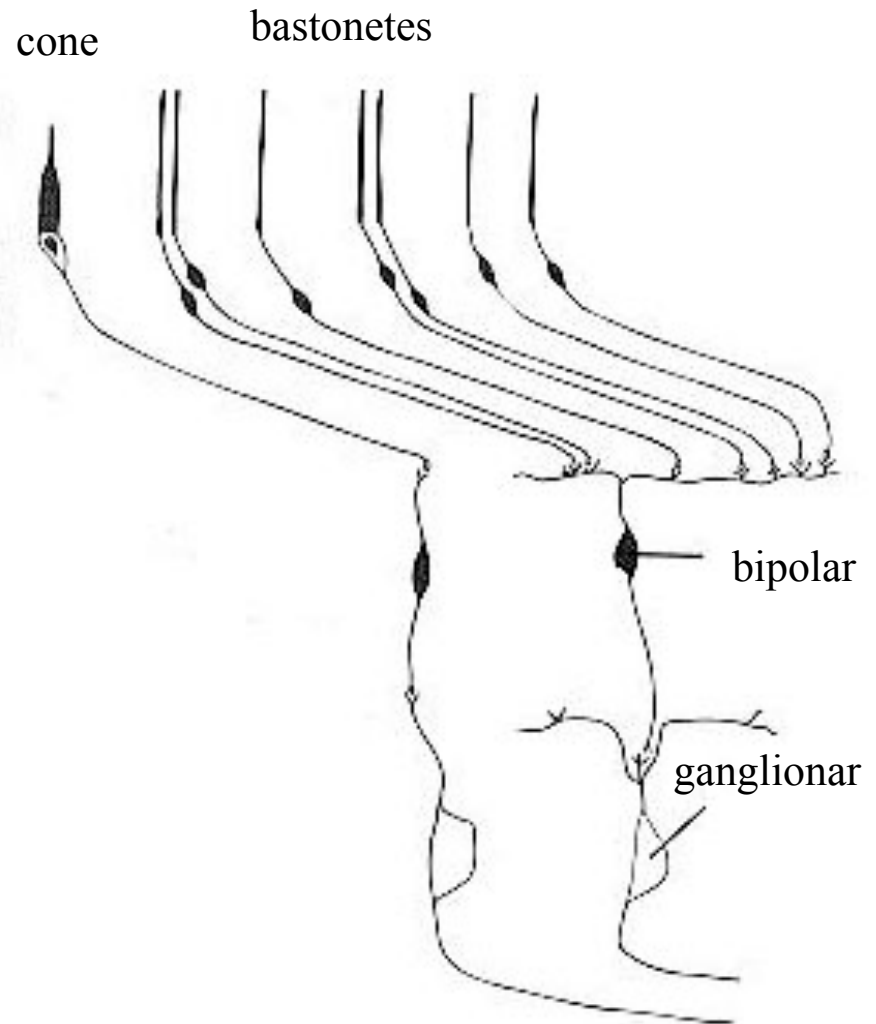
NOTURNO *versus* DIURNO

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)

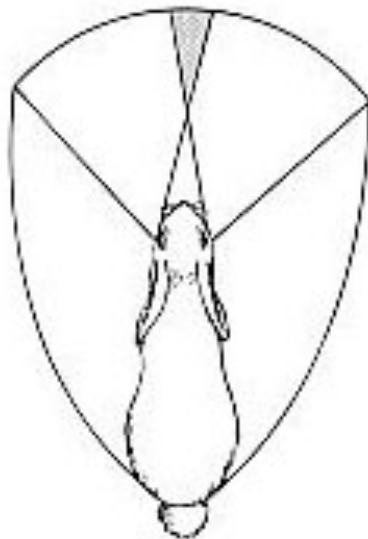


RECEPTORES DE RADIAÇÃO: função

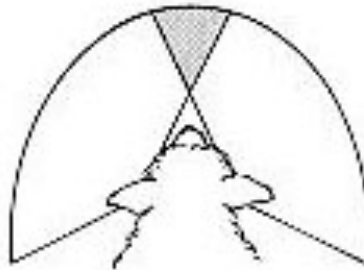
VISÃO MONOCULAR versus BINOCULAR

MONOCULAR

- olhos laterais
- campo visual amplo
- pouca sobreposição



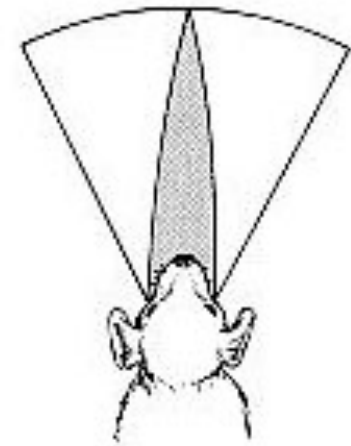
Hare



Sheep

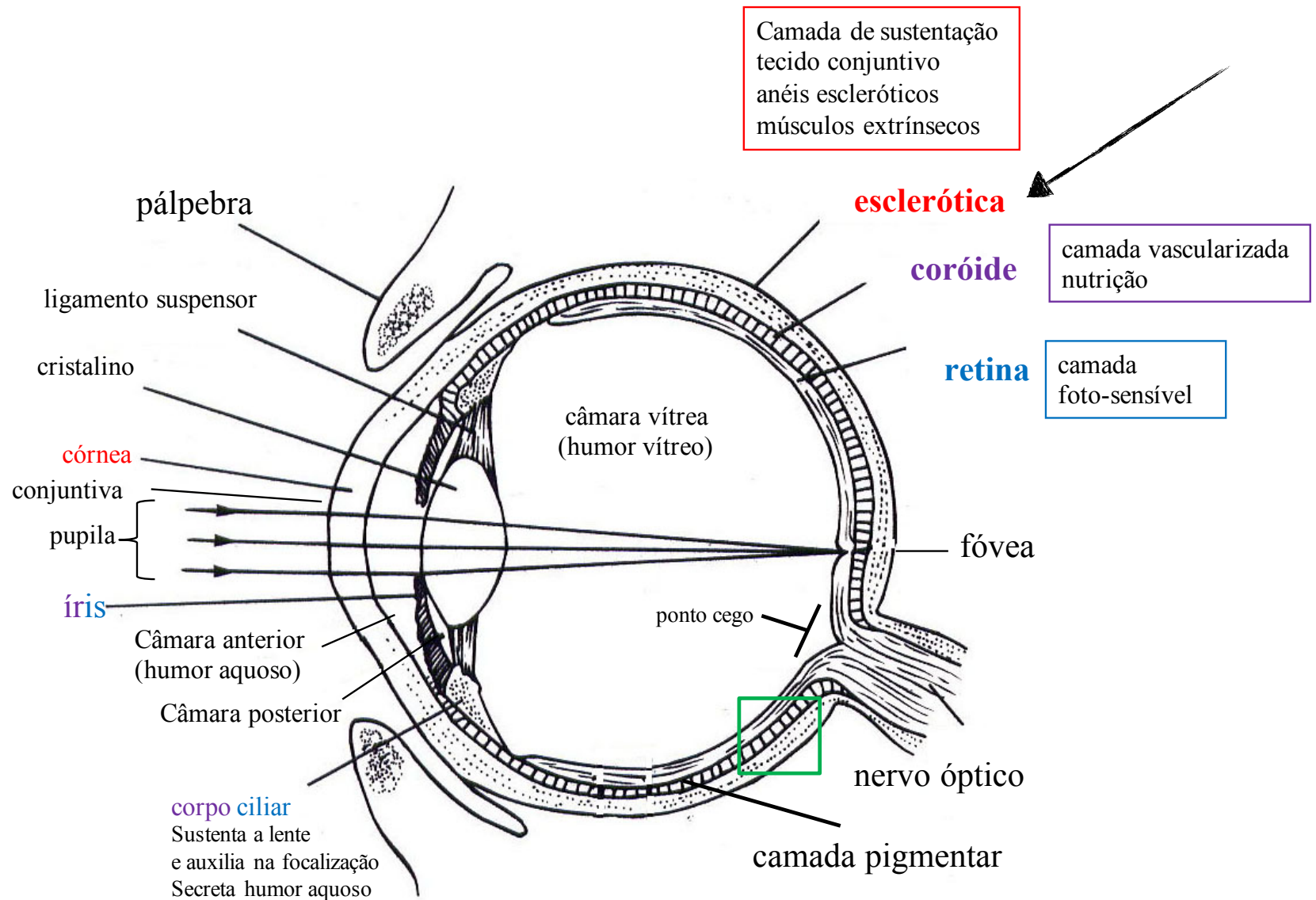
BINOCULAR

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



Dog

RECEPTORES DE RADIAÇÃO: componentes



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: músculos extrínsecos

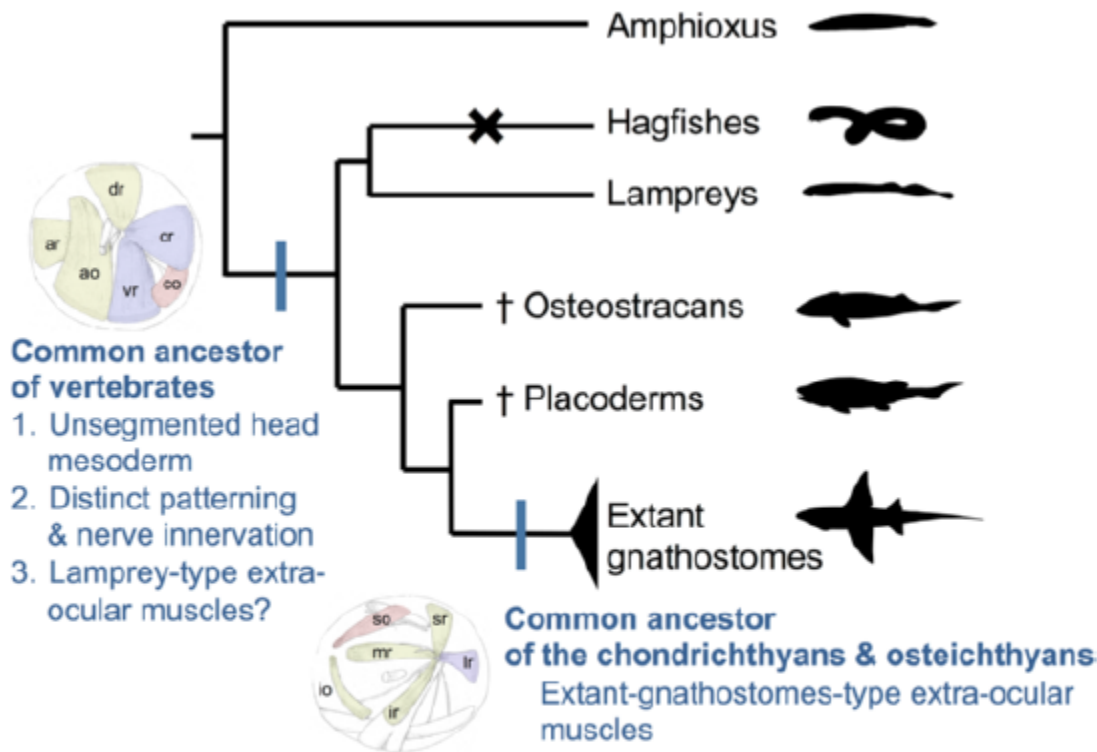
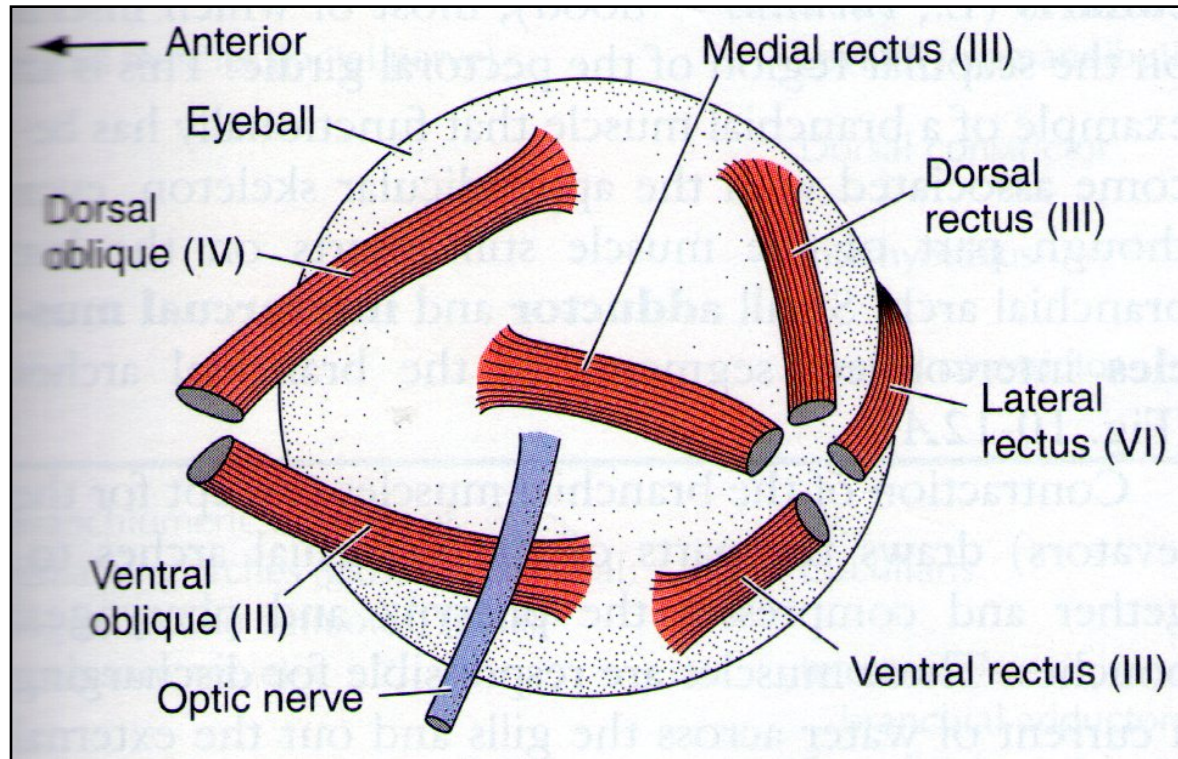


Fig. 12 Hypothetical scenario for the evolution of the EOMs. In the common ancestor of the vertebrates had unsegmented head mesoderm but there were three mesodermal portions with distinct genetic patterning and motor nerve innervation. These had lamprey-type EOMs, which was conserved in Osteostracans 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

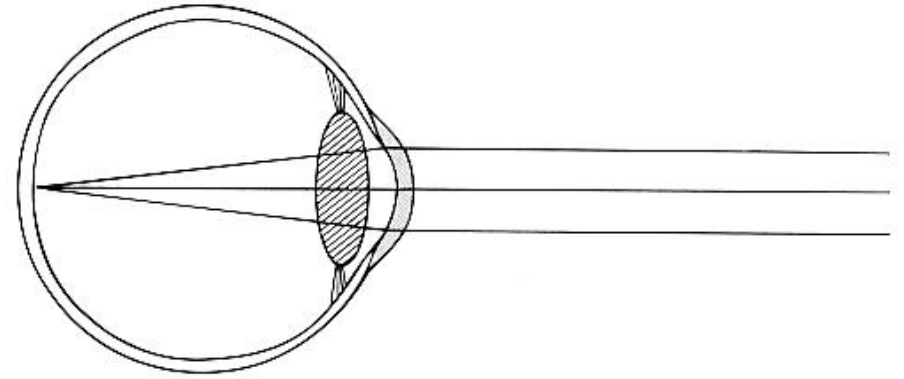
RECEPTORES DE RADIAÇÃO: músculos extrínsecos



RECEPTORES DE RADIAÇÃO: acomodação ar vs. água

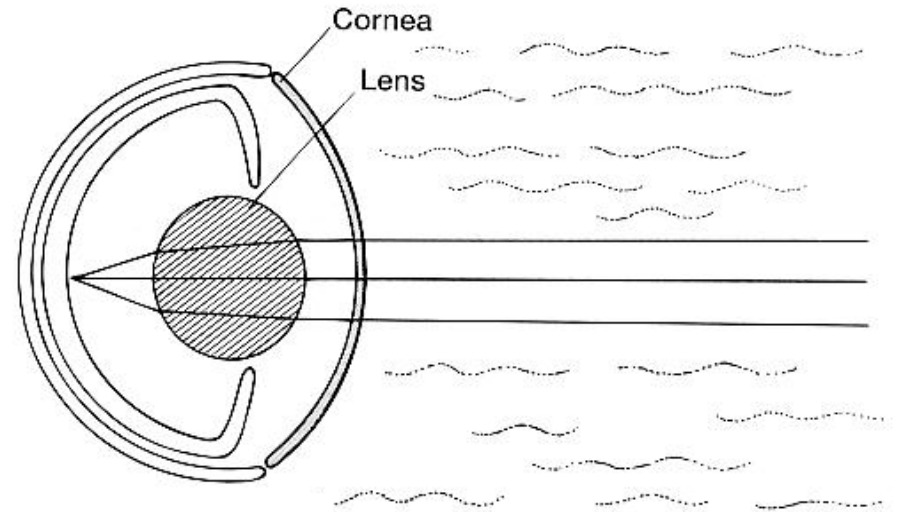
AR

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



ÁGUA

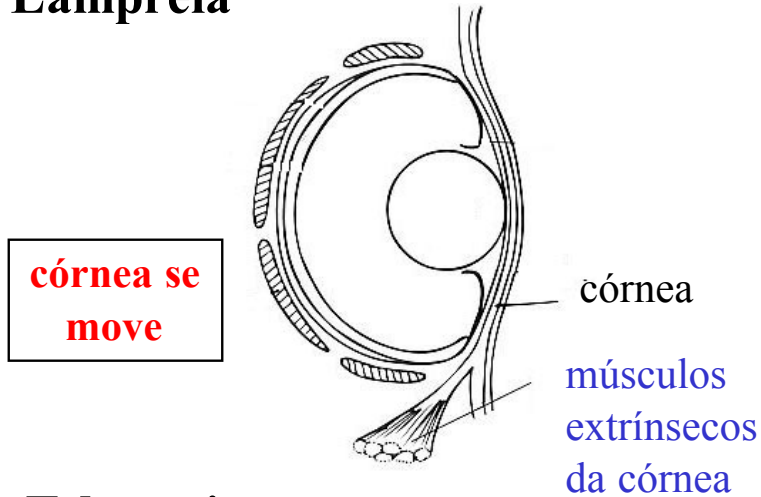
- índice de refração 1,33 (= córnea)
- córnea pouco importante para foco
- cristalino esférico, se move



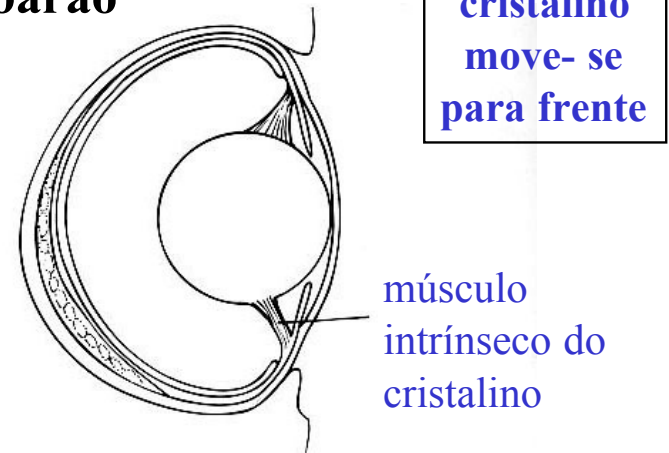
RECEPTORES DE RADIAÇÃO: acomodação

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

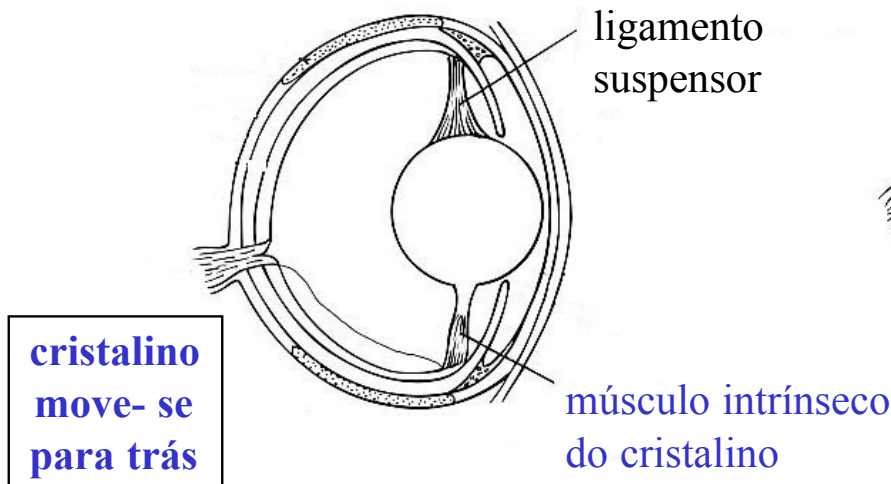
Lampréia



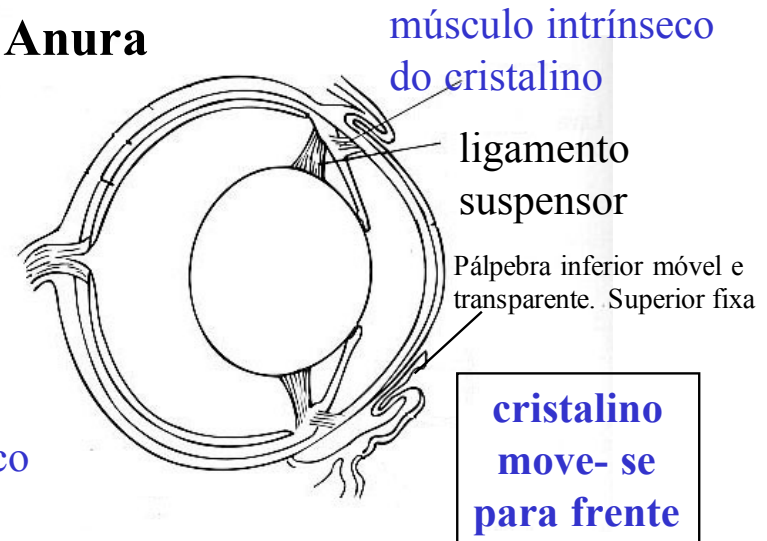
Tubarão



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

