

Sistema nervoso

Maria Luisa da Silva

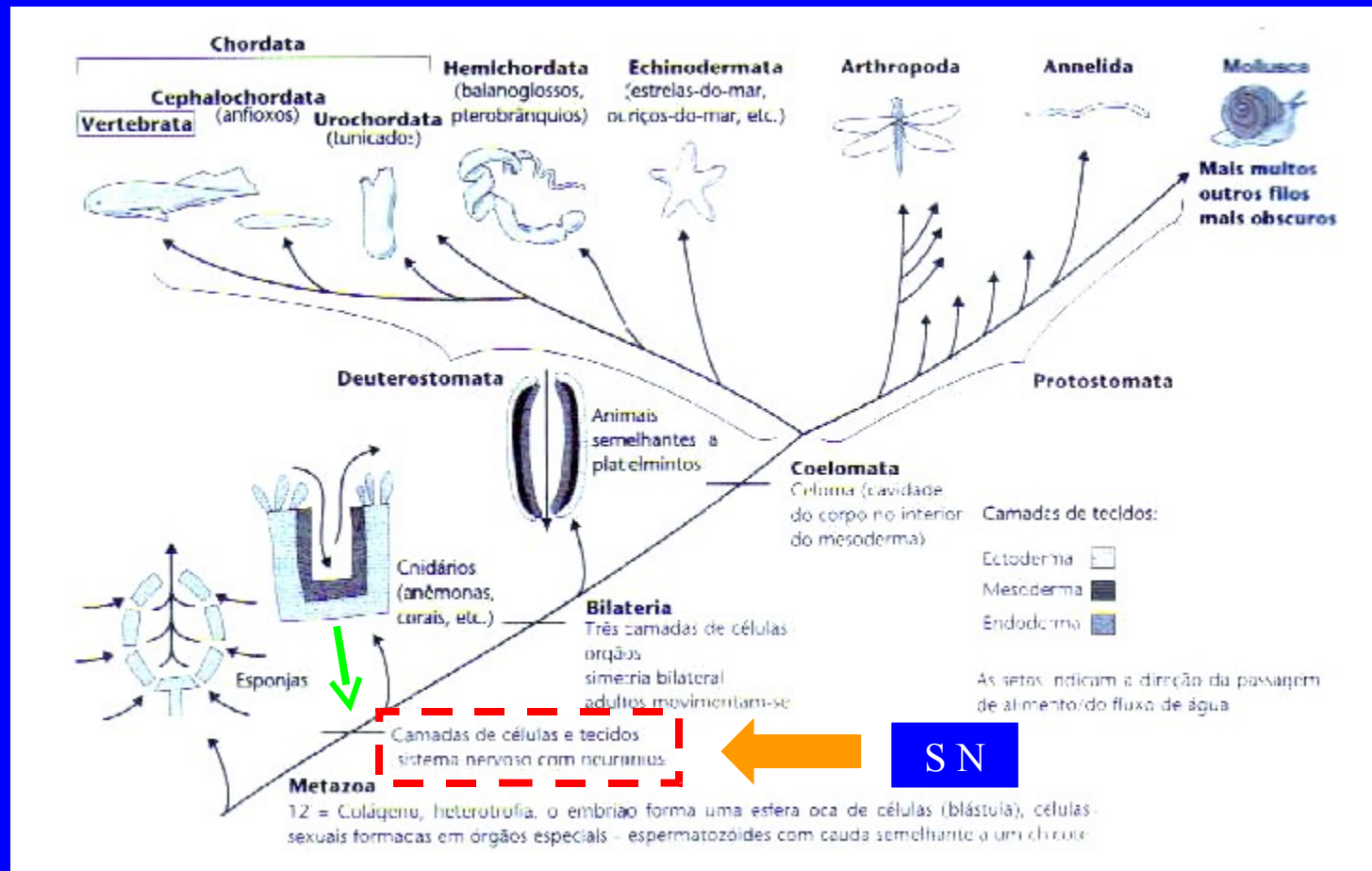
Malu

mluisa@ufpa.br

Sistema nervoso

- Informação correta sobre o ambiente é crucial para um animal ter um ótimo sucesso, realizando decisões sobre alimento, percebendo a presença de predadores e escolhendo seus parceiros sexuais.
- Ao longo da evolução dos cordados, o sistema nervoso central e seus componentes sensoriais mostraram um aumento progressivo e incremento de complexidade.

FILOGENIA DO REINO ANIMAL

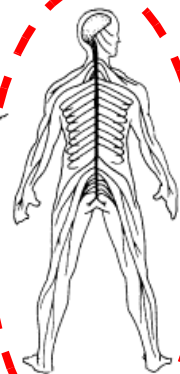
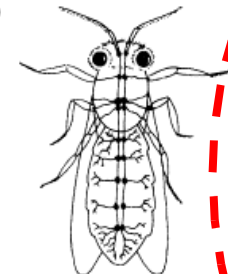
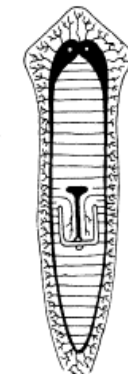
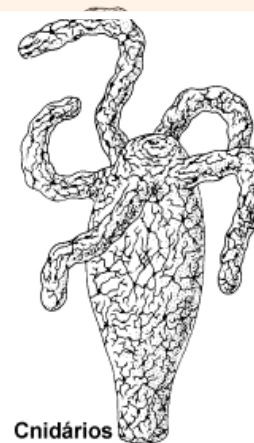
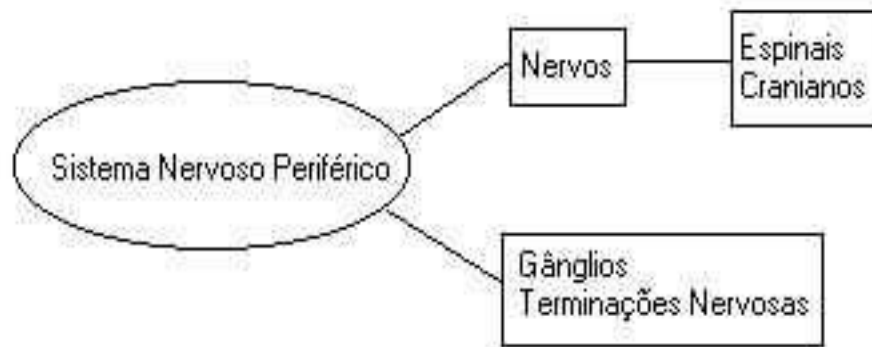
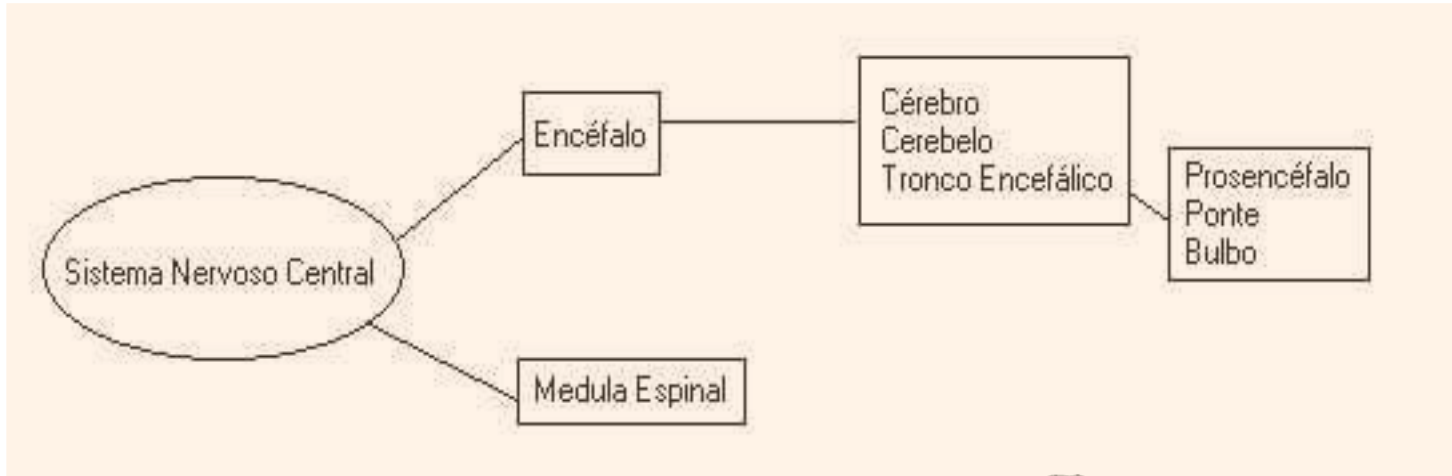


Pough,
2003

Sistema nervoso

- O desenvolvimento dos órgãos cefálicos e um encéfalo anterior, juntamente com o aumento no tamanho do corpo e a extensão dos músculos segmentares para o tronco teria permitido aos primeiros vertebrados atingir um nível de organização que possibilitou uma vida bem sucedida como filtradores livre-natantes em águas marinhas superficiais, seguindo-se à predação ativa à medida que o tamanho aumentava ainda mais e os sentidos tornavam-se mais aguçados.

ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NERVOSO



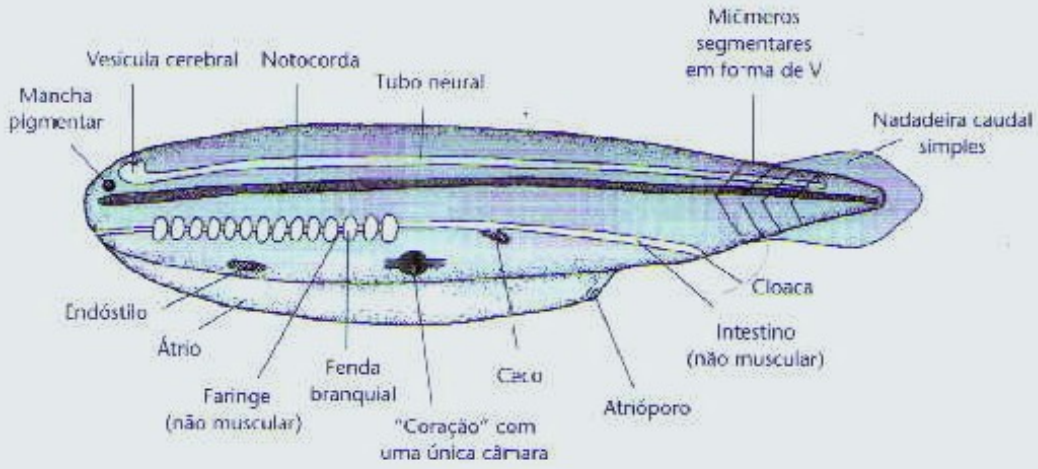
Sistema nervoso

- Função: regulação e integração das atividades do corpo através da condução por células individuais nervosas (os neurônios), que eventualmente provocam respostas em algum outro sistema
- Sistema nervoso central - encéfalo e a medula espinhal
- Sistema nervoso periférico - nervos craniais e espinhais

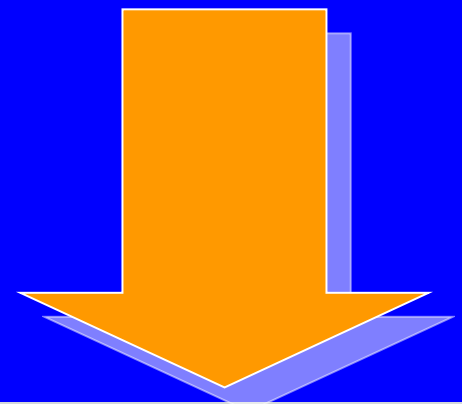
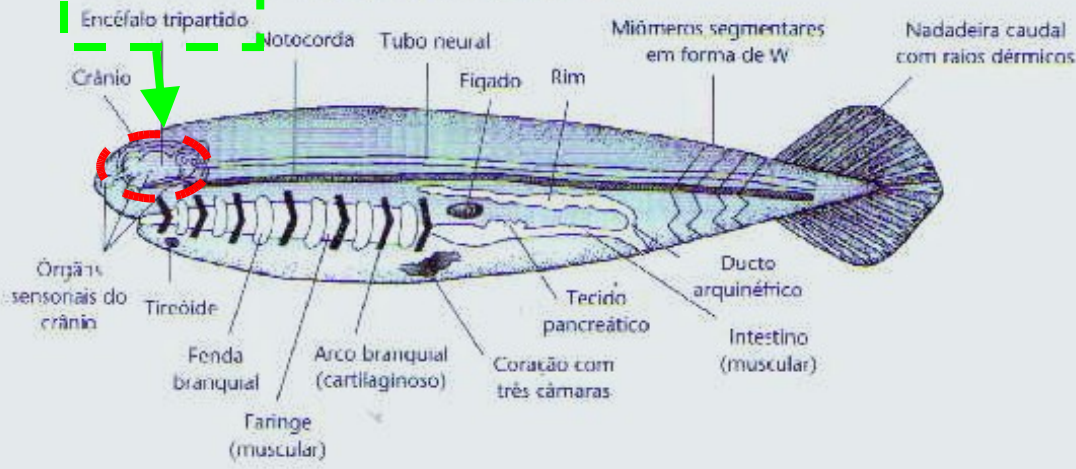
Sistema Nervoso Central

- O sistema nervoso central desenvolve-se a partir das paredes do tubo neural.
- O encéfalo é derivado de três vesículas primárias do tubo neural:
 - a mais rostral vai originar o prosencéfalo,
 - atrás desta aparece o mesencéfalo e
 - caudalmente forma-se o romboencéfalo, que
 - conecta-se ao tubo neural caudal que origina a medula espinal.

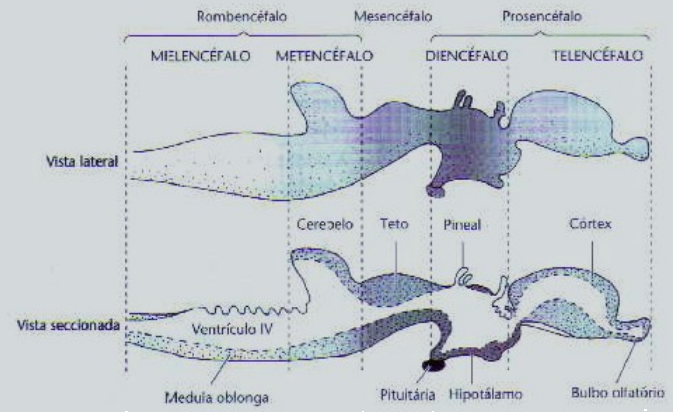
Cordado não-vertebrado semelhante ao anfióxico



Vertebrado primitivo hipotético



Encéfalo generalizado de vertebrado



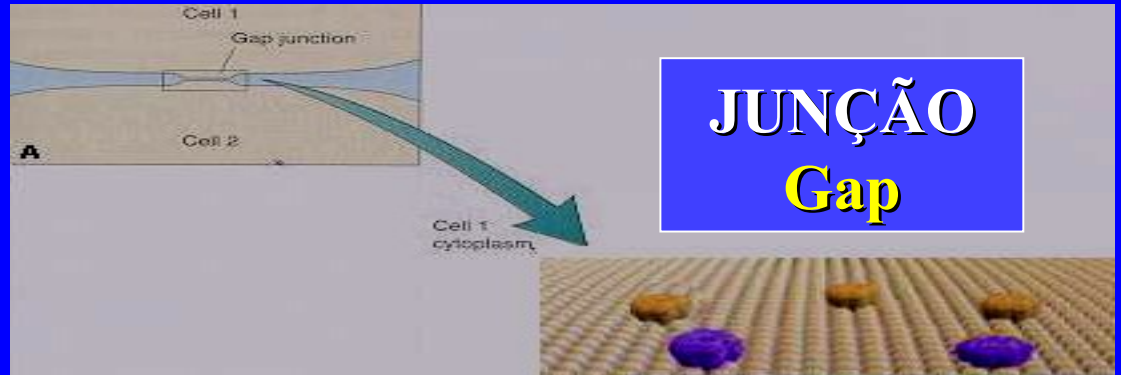
Romb.

Pros.

Mes..

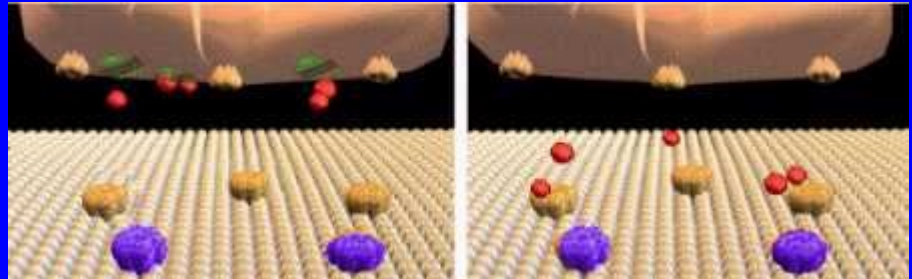
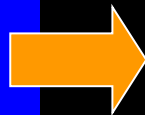
TRANSMISSÃO NERVOSA

SINAPSE
ELÉTRICA

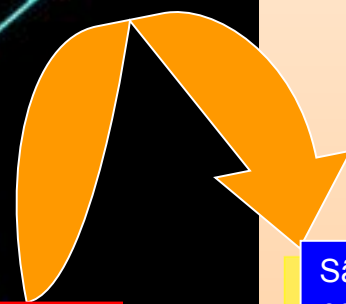
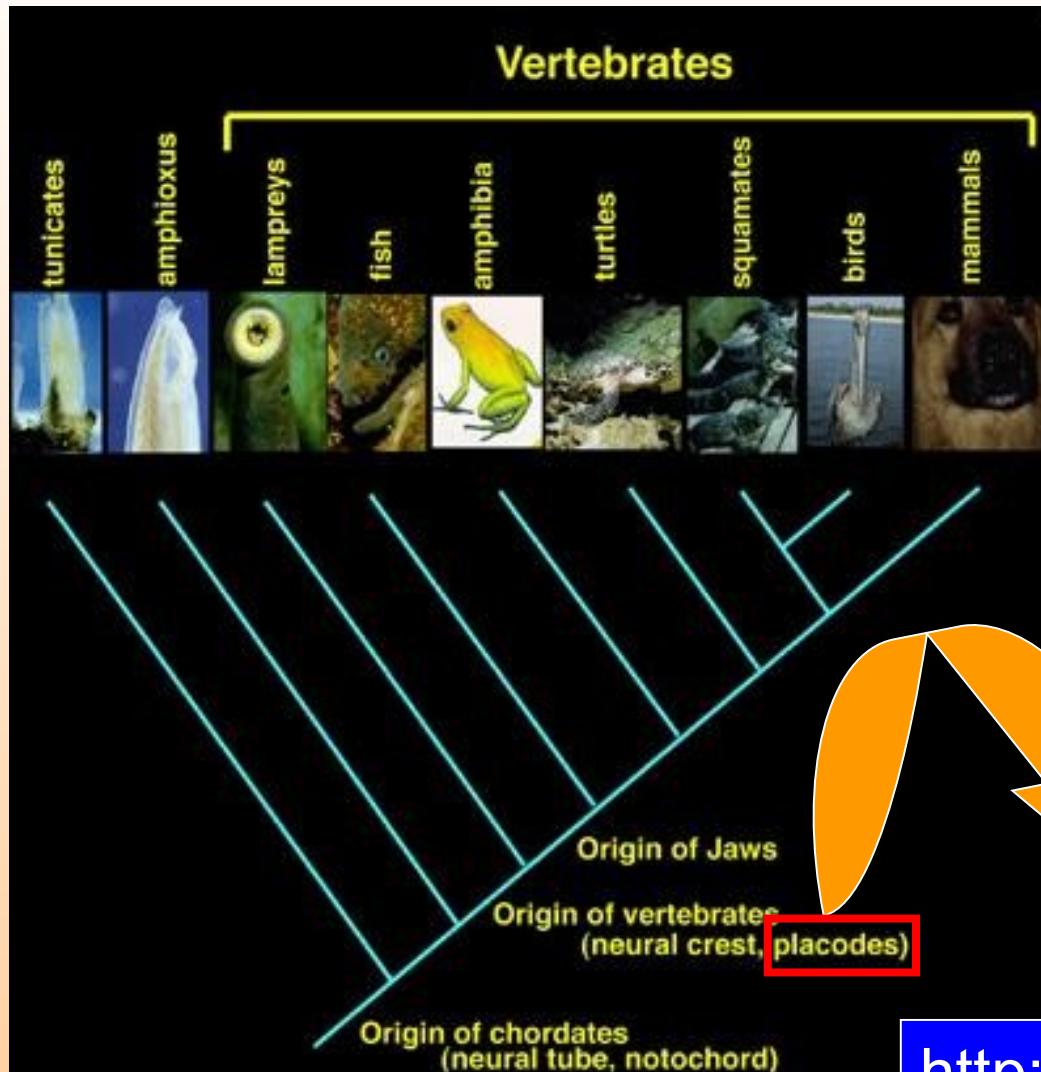


<http://www.cerebromente.org.br>

SINAPSE
QUÍMICA



 Synaptic vesicle   Receptors  Neurotransmitter

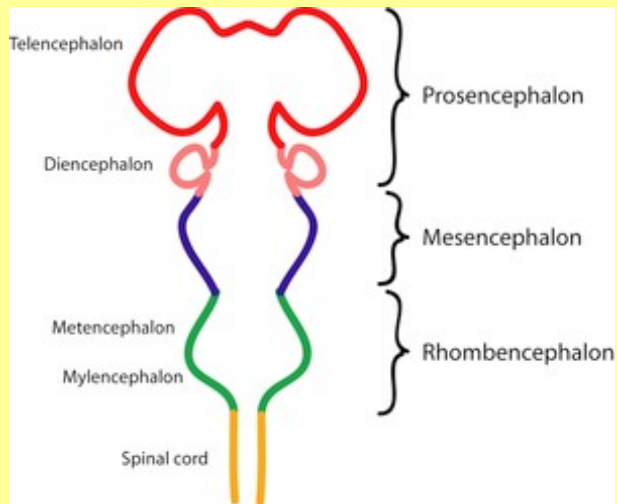
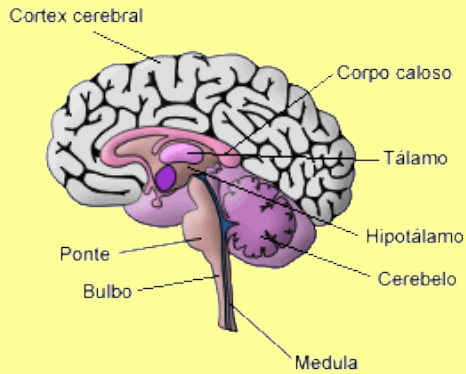


São formados pela crista neural e originam órgãos sensoriais

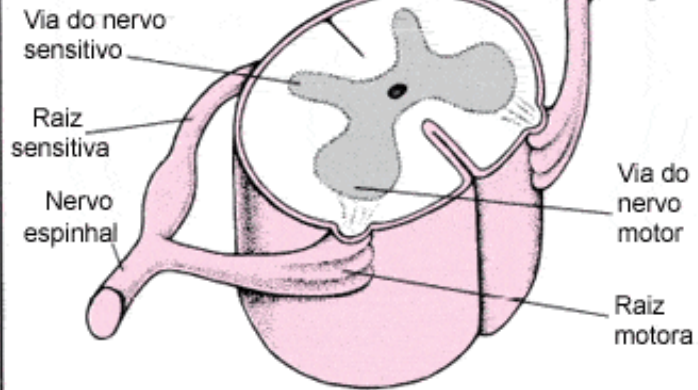
<http://users.ox.ac.uk/>

2 PARTES:

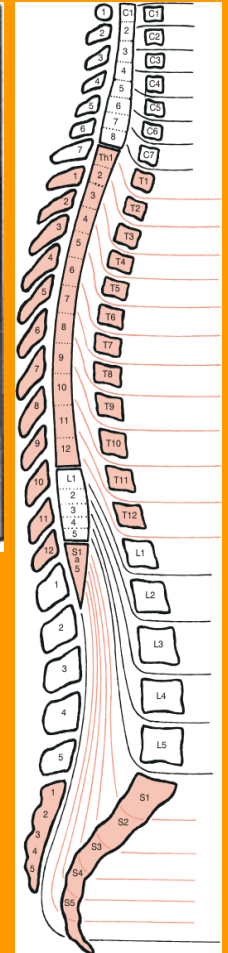
ENCÉFALO



Estrutura da Medula Espinhal

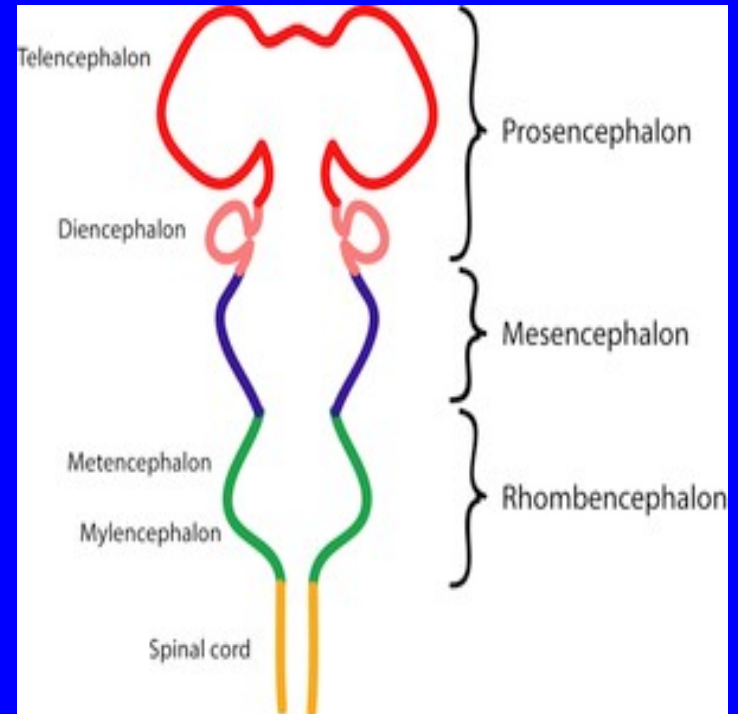


ME DULA ESPINHAL



ENCÉFALO

- Conjunto dos centros nervosos contidos na caixa craniana dos vertebrados.
- O encéfalo de todos os vertebrados é uma estrutura **tripartida**. Nas condições mais simples, o prosencéfalo está associado com o **olfato**, o mesencéfalo com a **visão** e o rombencéfalo com o equilíbrio e detecção de vibrações (Pough, 2003).
- O encéfalo do anfioxo parece ser pouco mais do que um entumescimento na extremidade anterior do tubo neural, mas estudos recentes mostram que é homólogo ao encéfalo de todos os vertebrados, com exceção da parte rostral do prosencéfalo – o telencéfalo (Zimmer, 2000)



Prosencéfalo: compreende o cérebro e o diencefalo, que se localizam na parte mais alta e dianteira do crânio

Mesencéfalo: é a parte do tronco encefálico que fica entre a medula oblonga e o diencefalo

Rombencéfalo: fica na parte posterior e mais baixa do crânio. Inclui a medula oblonga e o cerebelo

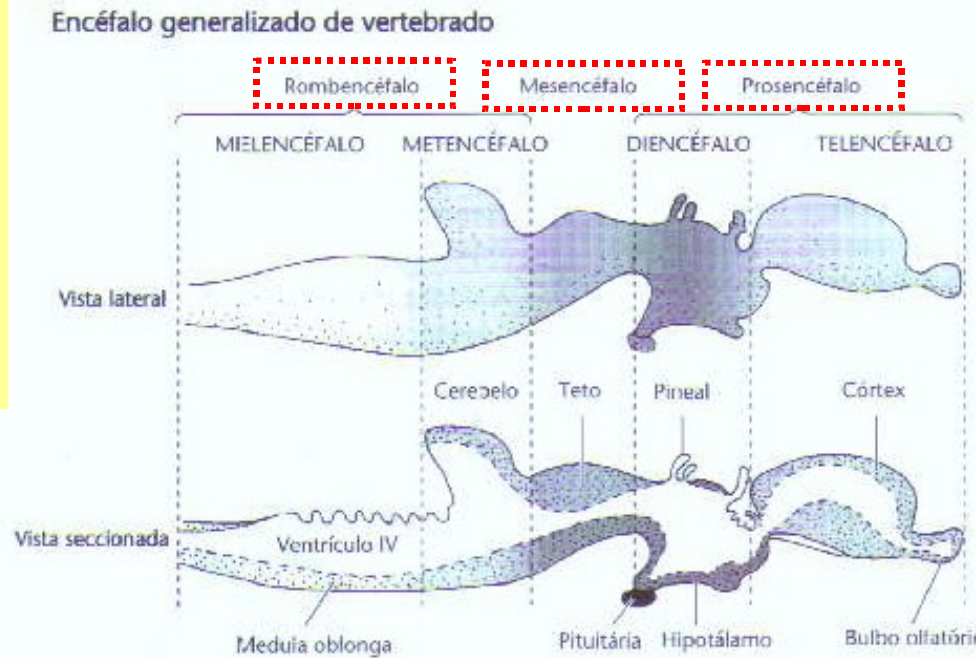
Na parte caudal, diferenciam-se duas regiões a partir do **rombencéfalo** embrionário:

- O **mielencéfalo**, ou **medula oblonga** controla funções como a respiração e atua como uma estação de relés para célula receptoras da orelha interna

- A porção rostral do rombencéfalo, o **metencéfalo**, forma o **cerebelo**

O **mesencéfalo** desenvolve-se em conjunto com os olhos e recebe impulsos do nervo óptico, embora nos mamíferos o prosencéfalo tenha assumido grande parte desta tarefa da visão

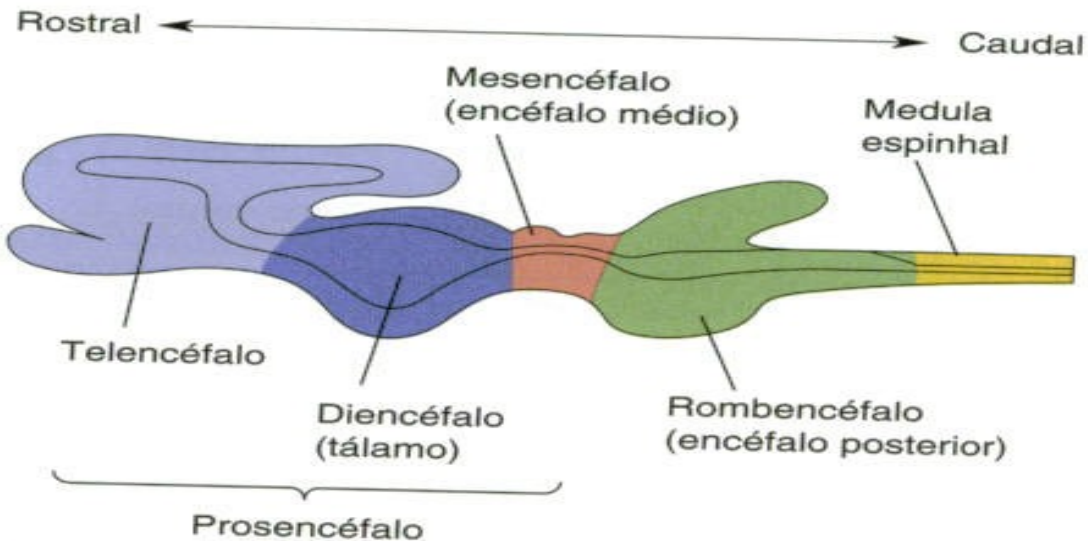
O **prosencefalo** tem duas partes: diencéfalo e telencéfalo. A região caudal é o diencéfalo que atua como uma importante estação de relés de áreas sensoriais. A **glândula pituitária ou hipófise**, é uma evaginação ventral do diencéfalo. O assoalho do diencéfalo (o **hipotálamo**) e a **hipófise** constituem o centro primário para a **coordenação e integração neuro-hormonal**.



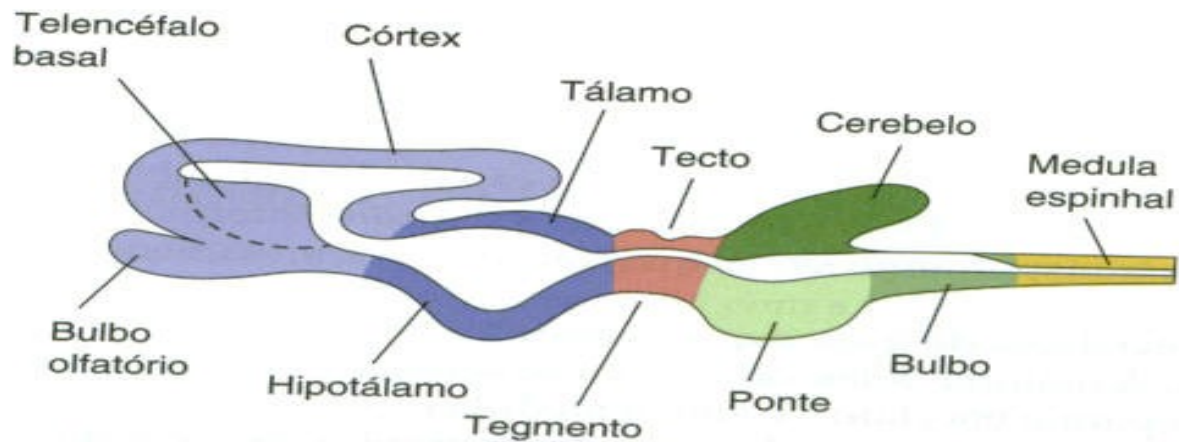
Regula as atividades motoras, sejam estas reflexas como a manutenção da postura, ou diretas como os movimentos de fuga

O **órgão pineal**, é uma **evaginação dorsal** do diencéfalo. Sua função original era a de um **fotorreceptor** mediano. Muitos tetrápodes primitivos tinham uma abertura no tegumento, sobre a pineal, para admitir luz e esta condição ainda é vista hoje no réptil primitivo *Sphenodon* (o tuatara).

Sistema Nervoso Central



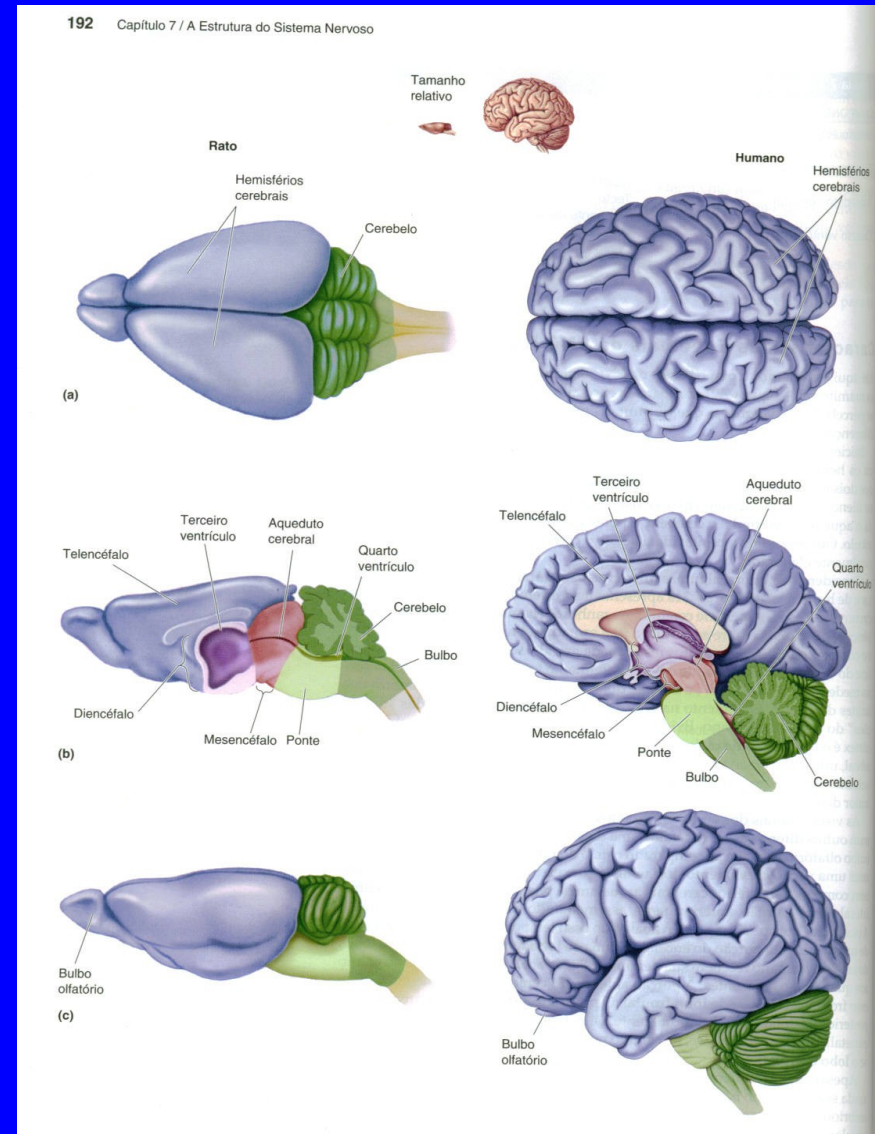
(a)



(b)

Sistema Nervoso Central

- O cérebro pode ainda ser dividido em tronco encefálico, o cerebelo e o cérebro.
- O eixo central do encéfalo constitui o **tronco encefálico**, que é mais semelhante à medula, o menos variável durante a ontogênese e recebe todos os pares de nervos cranianos exceto o terminal e olfativo e controla as funções vegetativas do corpo
- O **cerebelo e ponte** são derivados do metencéfalo no adulto e contribuem com a coordenação das funções motoras.
- O **cérebro** é derivado do telencéfalo nos adultos. Os corpos celulares dos neurônios estão acumulados na superfície, formando o córtex desenvolvido, principalmente nos mamíferos.



TELENCÉFALO

- A região mais rostral do prosencéfalo adulto, o telencéfalo desenvolve-se em associação com as cápsulas olfatórias e coordena a entrada de impulsos de outras modalidades sensoriais.
- Em diferentes grupos de vertebrados o telencéfalo torna-se maior de várias maneiras – na condição na qual também é conhecido como **cérebro ou hemisférios cerebrais**.
- Os tetrápodes desenvolvem uma área chamada **neocórtex ou neopálio**: nos mamíferos, esta região torna-se o local primário da **integração sensorial e controle nervoso**.
- Os **peixes ósseos** também evoluíram um telencéfalo maior e mais complexo. Tubarões e, talvez surpreendentemente, as feiticeiras também desenvolveram independentemente prosencéfalos relativamente grandes, embora esta seja primariamente uma característica de tetrápodes (Pough, 2003)

Nervos Cranianos

Os nervos cranianos estão divididos em 3 categorias:

- existem 7 na série dorsal (sensoriais somáticos, viscerais e motores viscerais)
- 4 na série ventral (fibras motoras somáticas)
- 6 na série especial (sensoriais relacionados ao nariz, olho ouvido e sistema da linha lateral)

Nervos cranianos

- Os vertebrados têm nervos que saem diretamente do encéfalo, chamados de **nervos cranianos** (10 pares na condição dos vertebrados primitivos, 12 nos amniotas). Alguns destes nervos, tais como os que suprem o nariz (nervo olfatório, I) ou os olhos (o nervo óptico, II), não são nervos verdadeiros mas evaginações do encéfalo. Fibras motoras dos nervos cranianos V, VII, IX e X inervam os músculos branquiométricos e aquelas dos nervos III, IV e VI inervam os músculos que movimentam o globo ocular (Pough, 2003)

- O **nervo vago** (nervo craniano X) ramifica-se por todas as partes do tronco, exceto para a parte mais caudal, levando o suprimento de nervos parasimpáticos até vários órgãos. A fratura do pescoço gera paralisia dos músculos esqueléticos abaixo do pescoço, mas ainda continuam as funções viscerais (trato digestório, coração, etc.) porque o nervo vago é independente da medula espinhal (Pough, 2003)

Nervos Cranianos

- A maioria dos anamniotas possuem 10 nervos cranianos
- Crossopterígeos e todos os tetrápodos modernos exceto anfíbios possuem 12 nervos cranianos

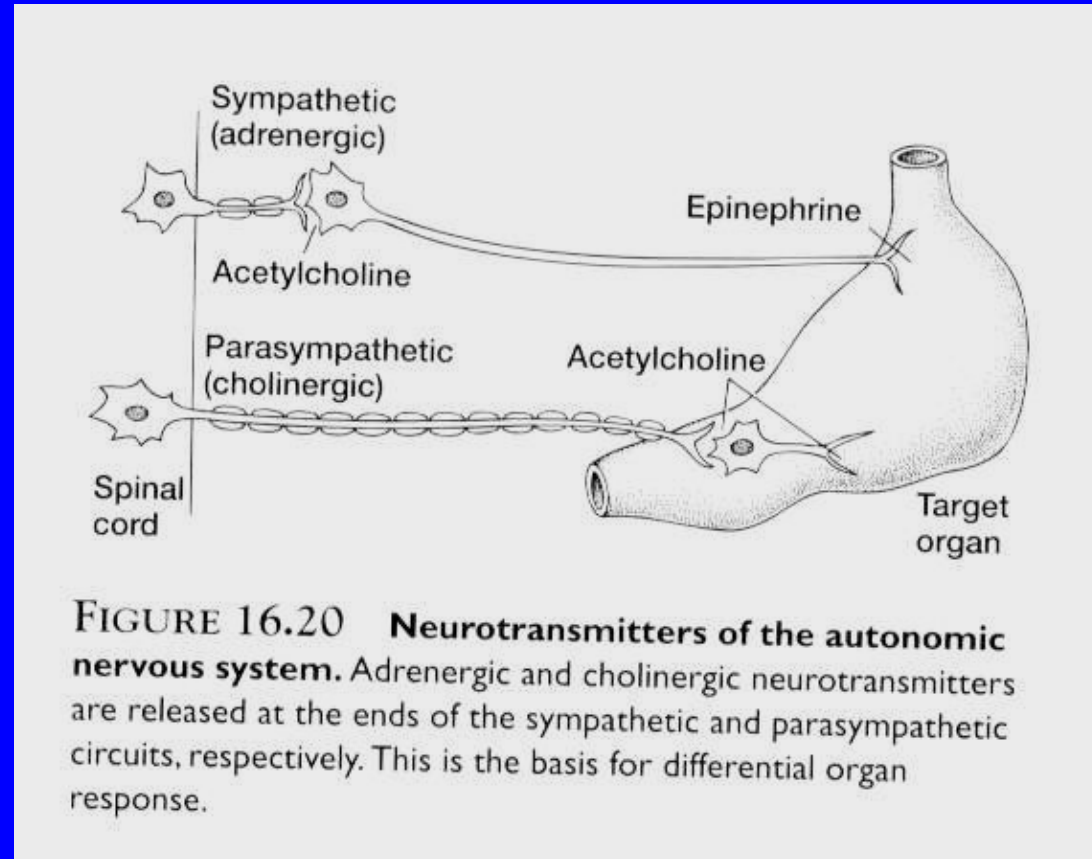
TABLE 16.1

Cranial Nerve		SOMATIC SENSORY		VISCERAL SENSORY		VISCERAL MOTOR		SOMATIC MOTOR	
		Special	General	General	Special	Special	General	General	Special
0	Terminal		X	X					
I	Olfactory	X							
II	Optic	X							
III	Oculomotor						(X)	X	
IV	Trochlear							X	
V ₁	Trigeminal		X						
V _{2,3}	Trigeminal proper		X			X			X
VI	Abducens								
VII	Facial		(X)	X	X	X	X		
VIII	Auditory	X							
IX	Glossopharyngeal		(X)	X	X	X	X		
X	Vagus		X	X		X	X		
XI	Spinal accessory					X			X
XII	Hypoglossal								
	Lateral line	X							

Note: Parentheses indicate variable or negligible function in the category indicated.

Sistema Nervoso Autônomo

- Independente do sistema nervoso periférico.
- Divisão **simpática**, cujas fibras pós-ganglionares liberam noradrenalina e desencadeiam respostas de alerta, excitação, alarme e gasto de energia e inibem as funções vegetativas
- Divisão **parassimpática**, que possui um fluxo crânio-sacral e as fibras liberam acetilcolina e está relacionada a digestão e manutenção dos níveis de açúcar no sangue.



Sistema Nervoso Autônomo

478

Genes, Emoções e Instintos

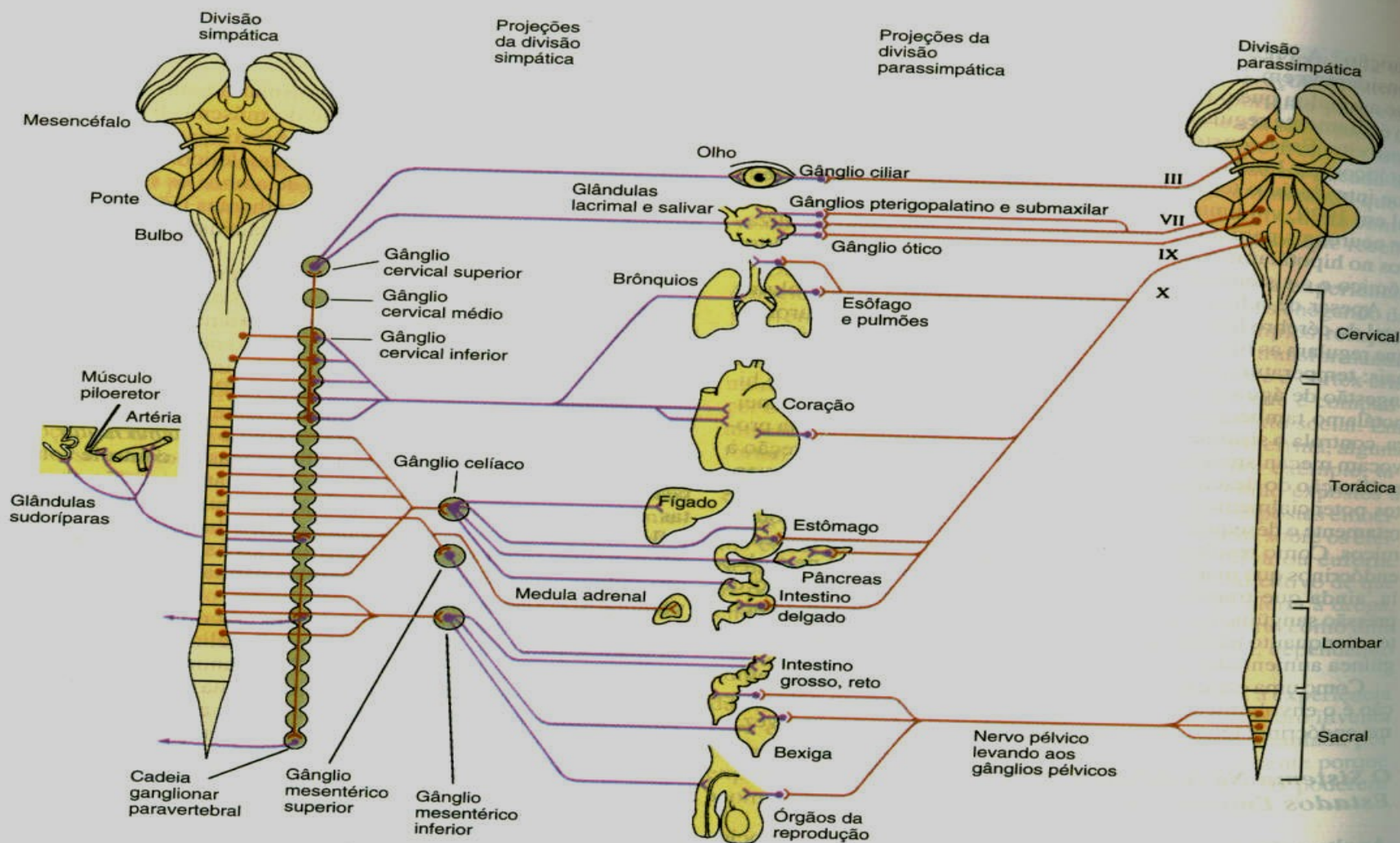
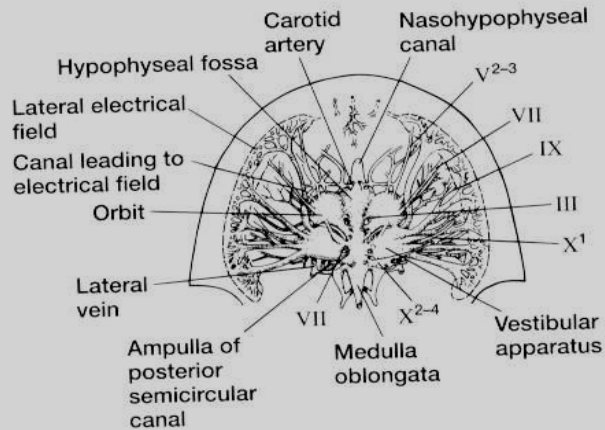


Fig. 32.2 O sistema nervoso autônomo tem as divisões simpática e parassimpática. Os neurônios pré-ganglionares da divisão simpática se estendem desde o primeiro segmento torácico espinhal até os segmentos lombares inferiores. Os neurônios pré-ganglionares parassimpáticos estão localizados dentro do tronco cerebral e nos segmentos S2 a S4 da medula espinhal. Esta figura também ilustra a inervação coordenada de alvos selecionados por essas duas divisões do sistema nervoso autônomo e a inervação de alvos na pele por neurônios pós-ganglionares simpáticos nos gânglios da cadeia paravertebral (a inervação surge em todos os níveis mas apenas duas projeções são mostradas para simplificação).

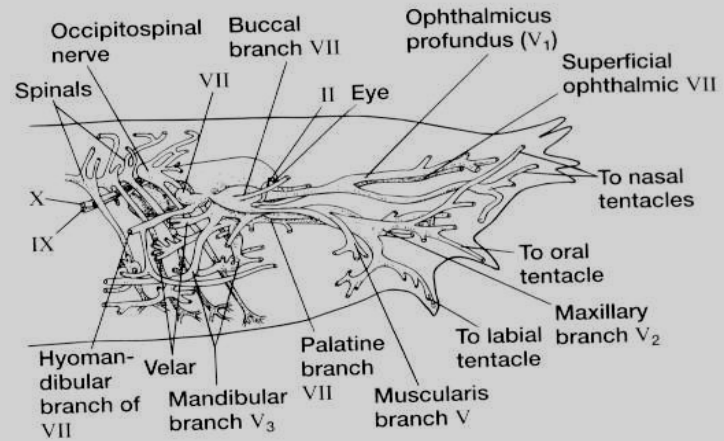
Nervos Cranianos

- Os ciclostomados possuem fibras autônomas no nervo vago, mas o restante do sistema é rudimentar.
- Elasmobrânquios possuem o nervo terminal, que está associado ao epitélio nasal e parece mediar respostas a feromônios sexuais, nervo que está ausente nos ciclostomados, aves e alguns mamíferos incluindo o homem.
- Peixes ósseos, as cadeias ganglionares simpáticas bem desenvolvidas estendem-se até a cabeça
- anfíbios, cordões unem os gânglios anteriores da cadeia aos gânglios autônomos da cabeça.

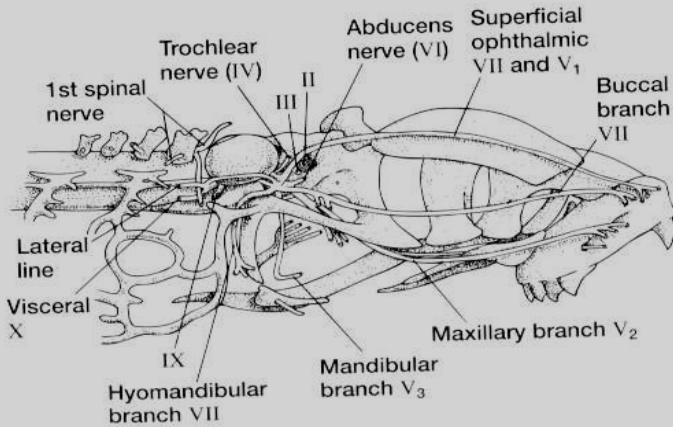
Nervos Cranianos



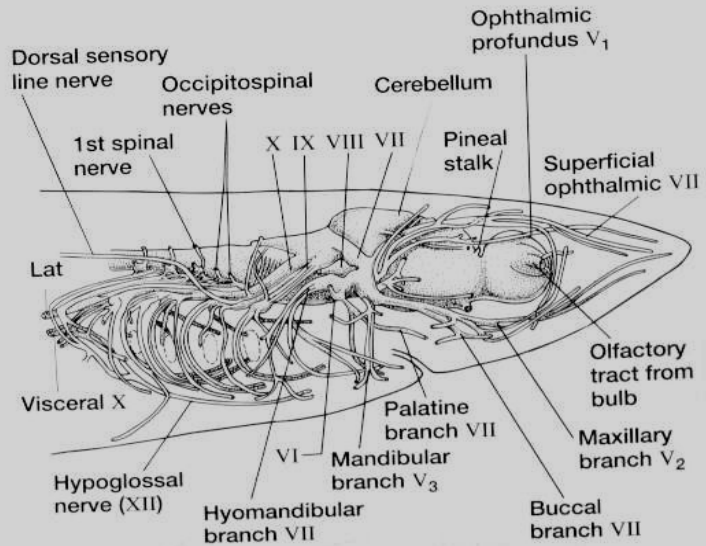
(a) Ostracoderm



(b) Hagfish



(c) Lamprey



(d) Shark

Nervos Cranianos

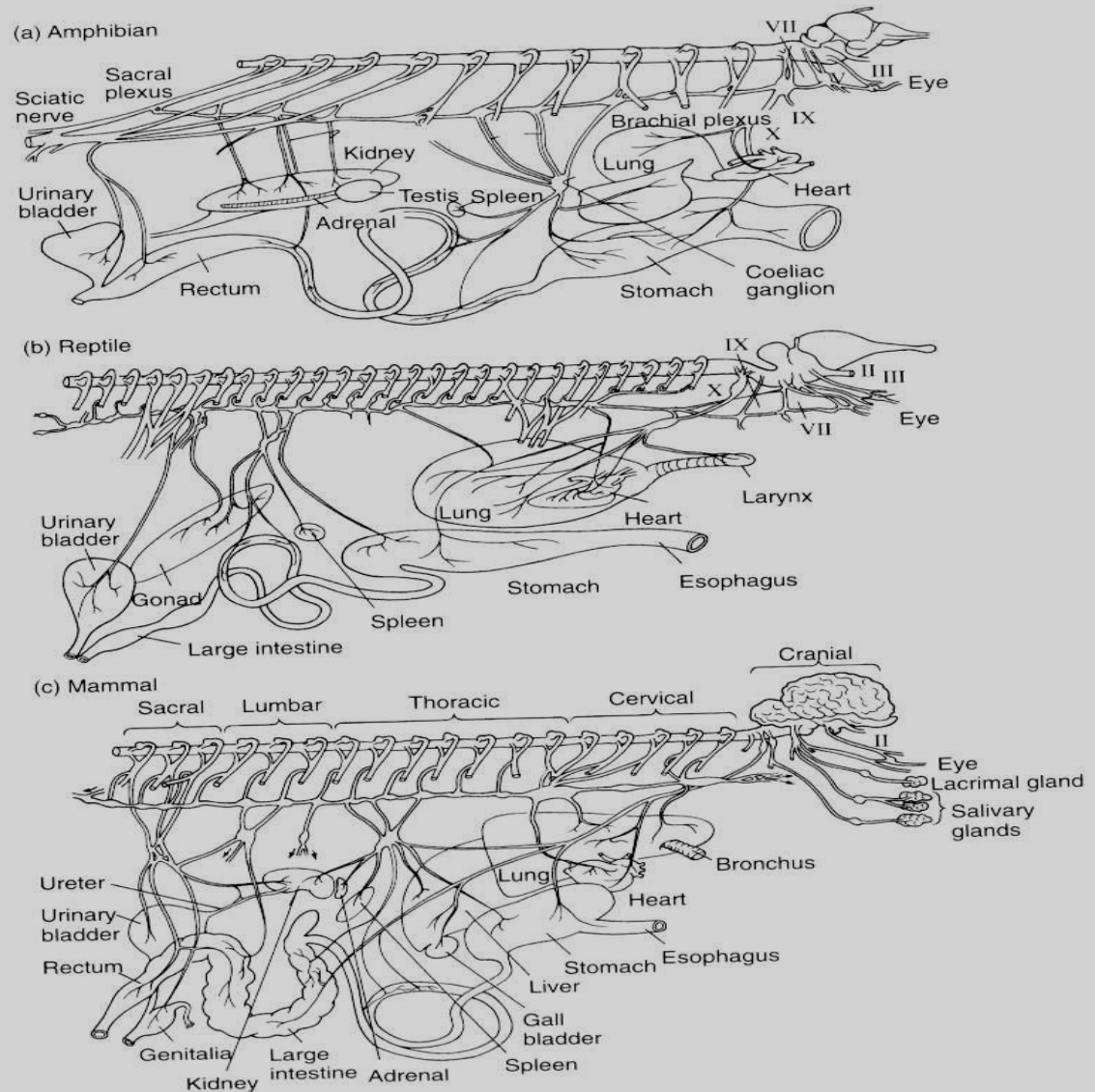
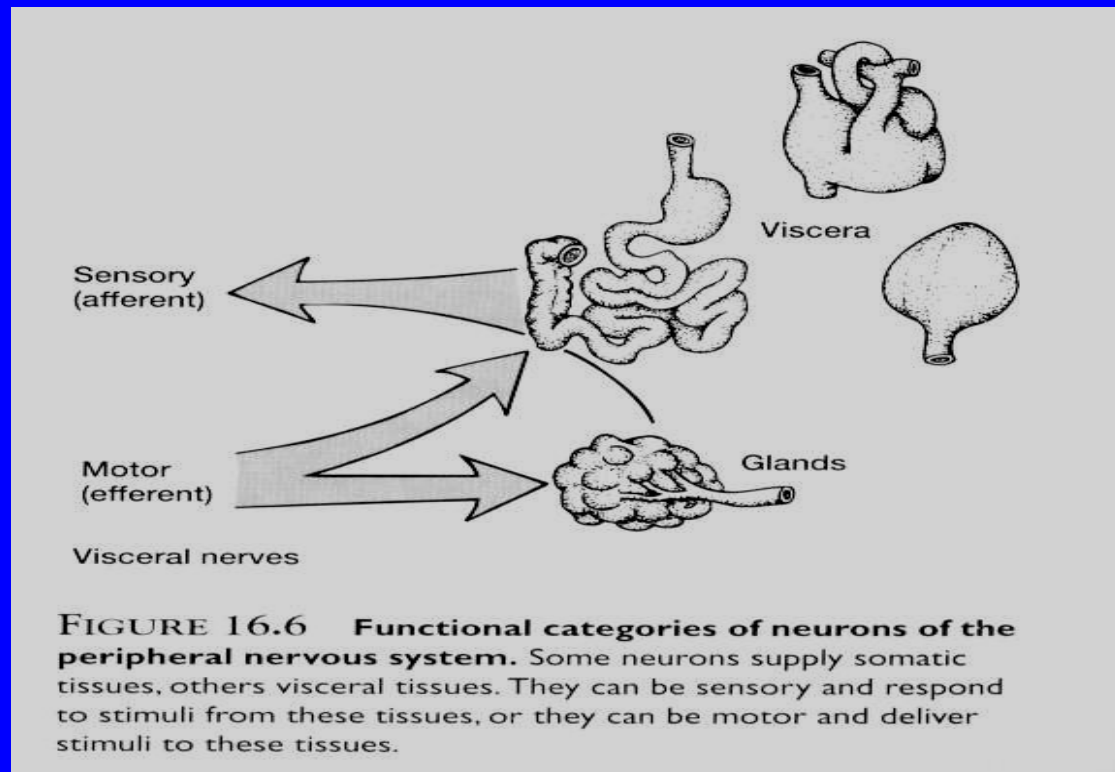


FIGURE 16.23 Autonomic nervous system of various tetrapods. (a) Amphibian (anuran). (b) Reptile (lizard). (c) Mammal (placental).

Redrawn from S. Nilsson, 1983. "Autonomic nerve function in the vertebrates," in *Zoophysiology*, ed. by D. S. Farmer, Springer-Verlag, NY, based on Young 1933, and Nilsson 1976. Reprinted by permission.

Sistema nervoso

- As fibras **aferentes** ou sensoriais do sistema nervoso periférico transportam os impulsos dos órgãos receptores ao sistema nervoso central e as fibras **eferentes** ou motoras transportam os impulsos do sistema nervoso central aos órgãos executores.



Sistema Nervoso Central

Formação reticular ocorre em todos os vertebrados e localiza-se na parte central do tronco encefálico, do encéfalo médio até o bulbo. É uma massa difusa que recebe informações sensoriais de todas as partes do corpo e envia informações ao cérebro, medula e cerebelo, coordenando estímulos e atividade de músculos voluntários e involuntários.

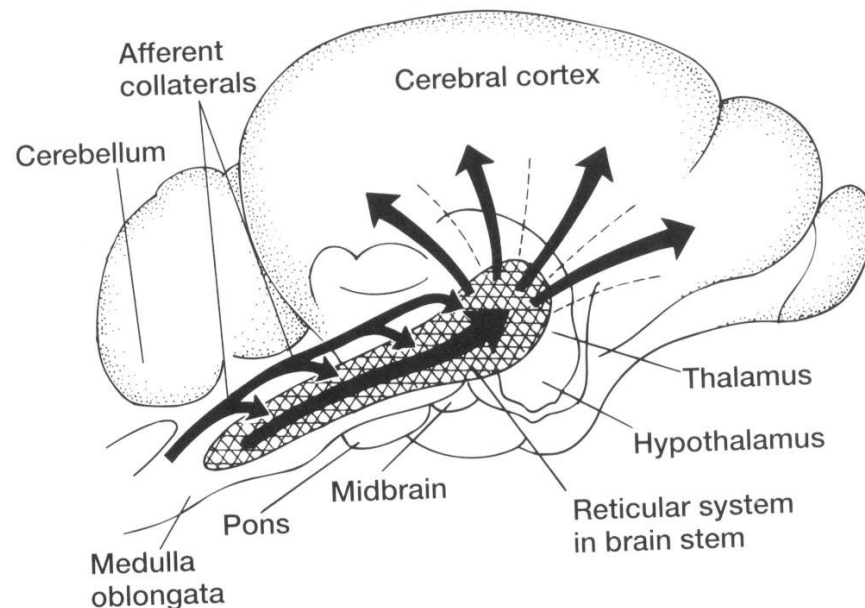
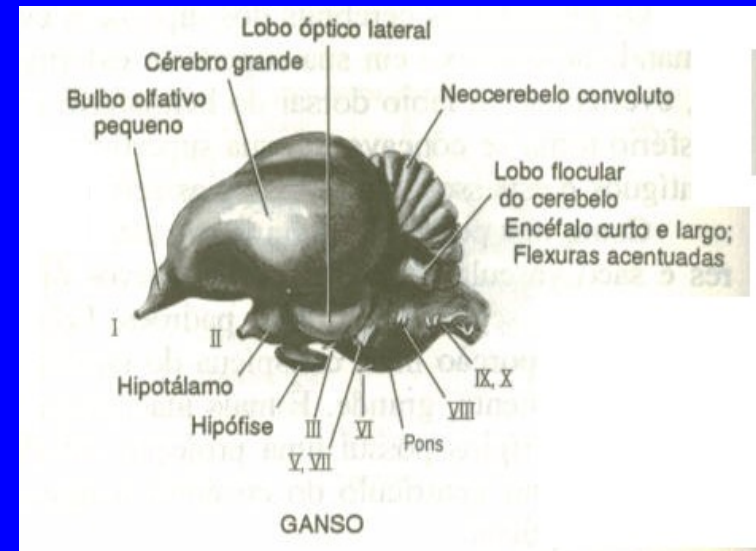
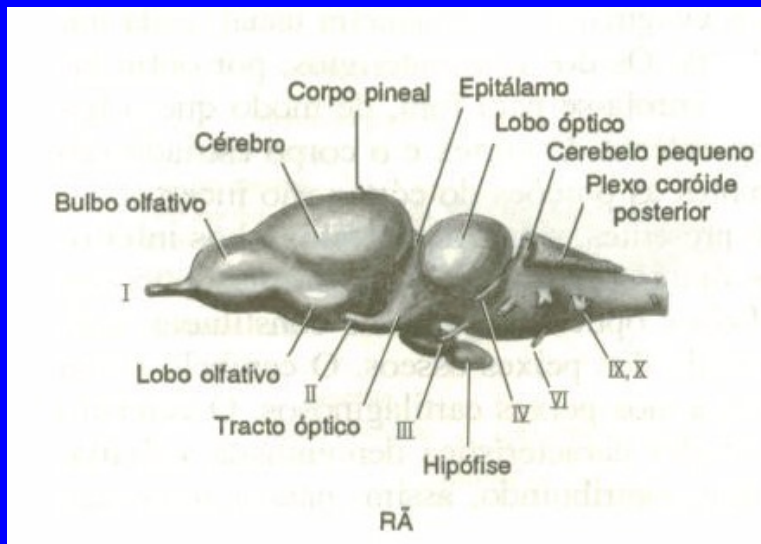
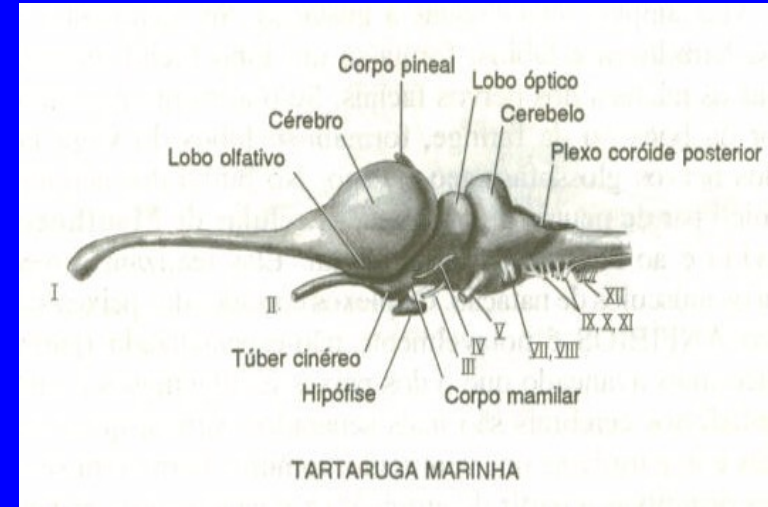


FIGURE 16.45 Reticular formation. The reticular formation lies in the medulla, midbrain, and thalamus and projects to the higher centers of the brain. When active, it seems to bring about general alertness. Sensory afferent pathways traveling to higher centers send branches, afferent collaterals, into the reticular system. Through the thalamus, the reticular system is then projected to the cerebral hemispheres, resulting in general arousal.

After T. E. Stize et al., 1951.

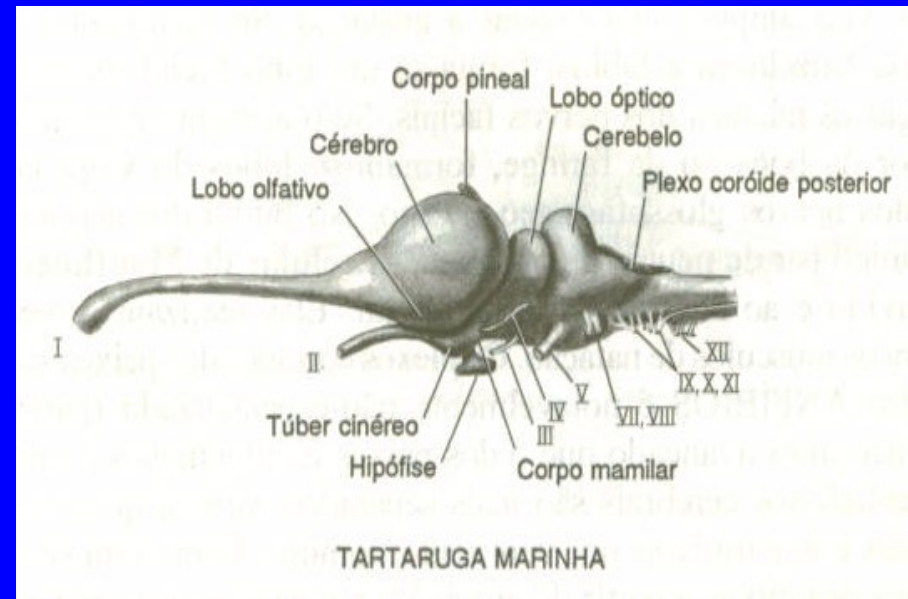
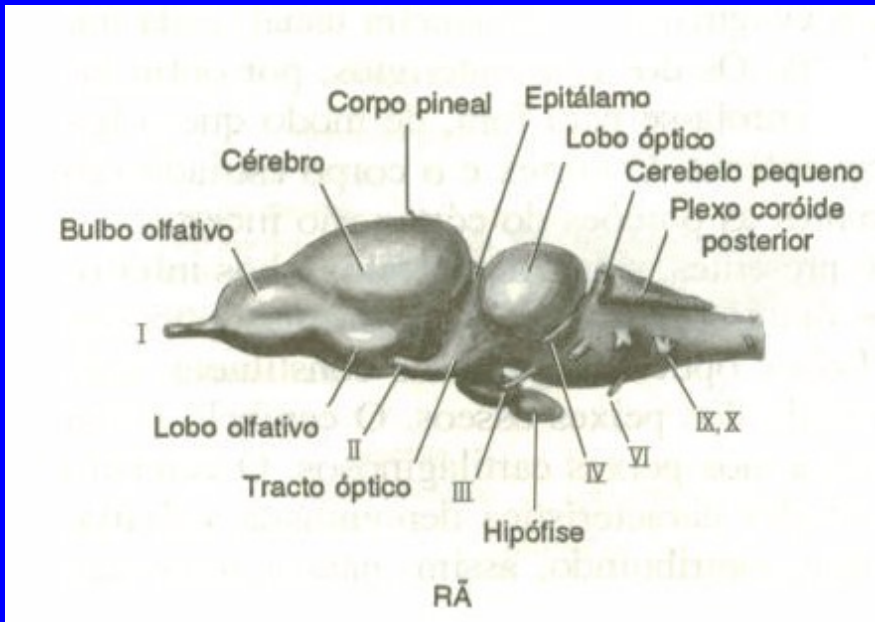
Sistema Nervoso Central

- Os **lobos ópticos** são responsáveis pela percepção da visão exceto em mamíferos, nos quais são denominados colículos anteriores e informam em que lugar do espaço está o objeto, enquanto o cérebro informa o que é este objeto.
- Cada hemisfério cerebral apresenta um bulbo olfativo na extremidade anterior. O restante de cada hemisfério é subdividido em corpo estriado e córtex. O estriado é subdividido em outras partes e está relacionado ao sentido olfativo e somático geral.



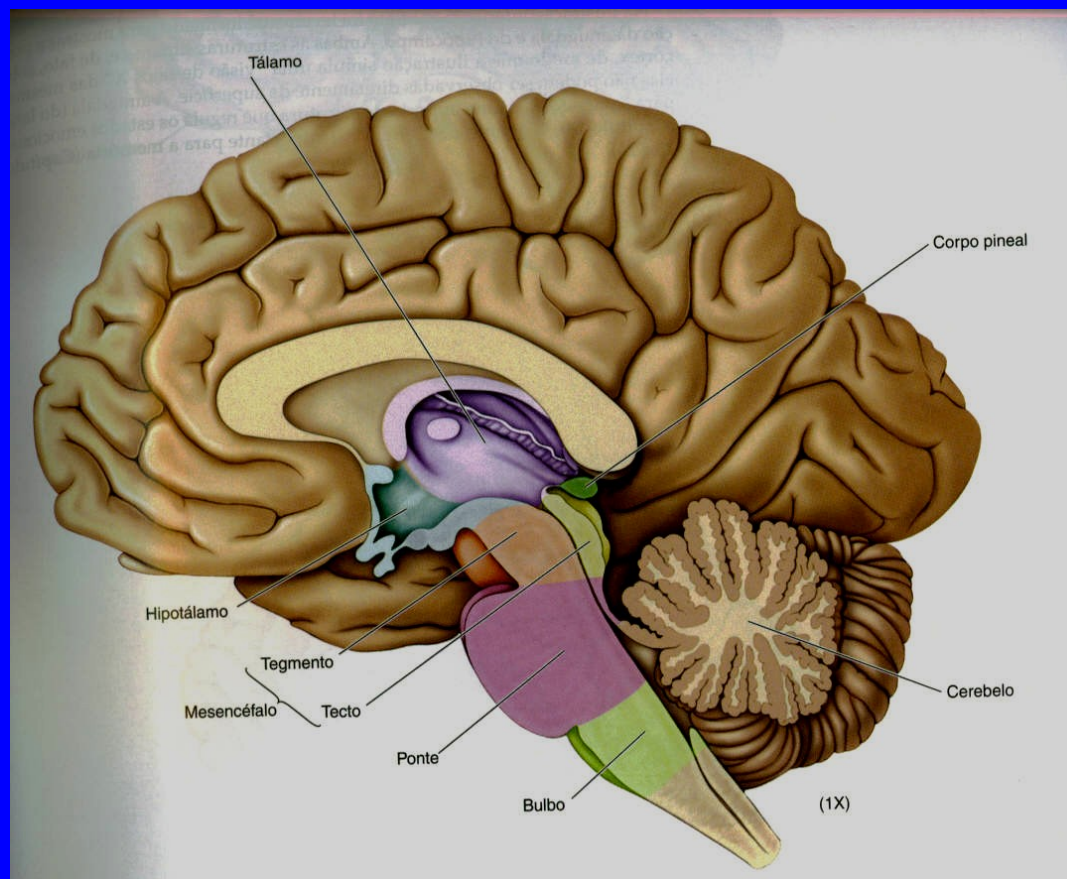
Sistema Nervoso Central

- A glândula pituitária ou hipófise, um importante órgão endócrino, é uma evaginação ventral do diencéfalo. Em conjunto com o hipotálamo, constituem o centro primário de coordenação e integração neuro hormonal.
- O órgão pineal ou epitálamo é uma glândula endócrina que se origina de uma evaginação dorsal do diencéfalo. Sua função original é de percepção luminosa.



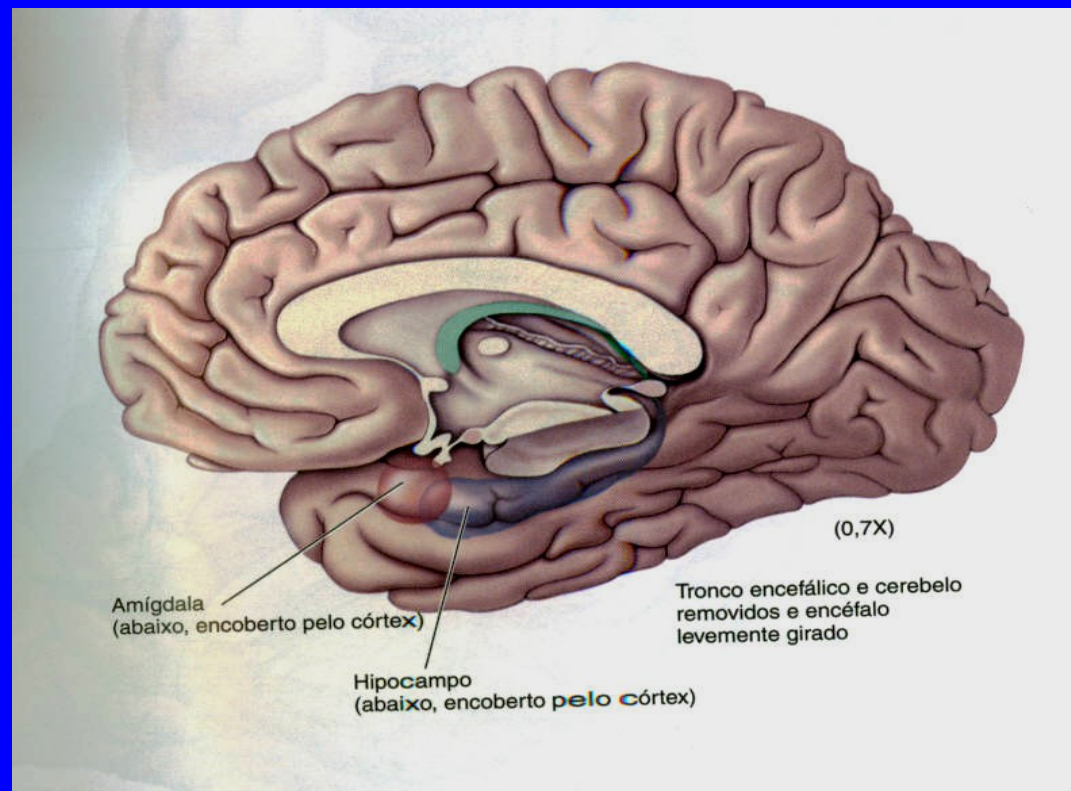
Estruturas do SNC

- O **tálamo** - projeta fibras sensoriais (exceto olfativas) na parte dorsal, as quais são particularmente desenvolvidas nos mamíferos e apresentam os núcleos geniculado lateral, relacionado com a via visual primária e o geniculado medial que forma parte da via auditiva. O tálamo funciona como um centro de relé para o cérebro, onde são moduladas funções corpóreas, incluindo sensações de dor e prazer.
- O **hipotálamo** é a parte ventral do diencefalo, contém cerca de 12 pares de núcleos relacionados às funções autônomas do corpo, como balanço hídrico, temperatura, apetite, digestão, pressão sanguínea, sono e vigília, comportamento sexual e emoções.



Estruturas do SNC

Junto com o hipotálamo, amígdala, habênula e corpos mamilares o **hipocampo** contribui com o sistema límbico, que funciona em aspectos do comportamento emocional e sexual, memória, aprendizado e motivação.



Estruturas do SNC

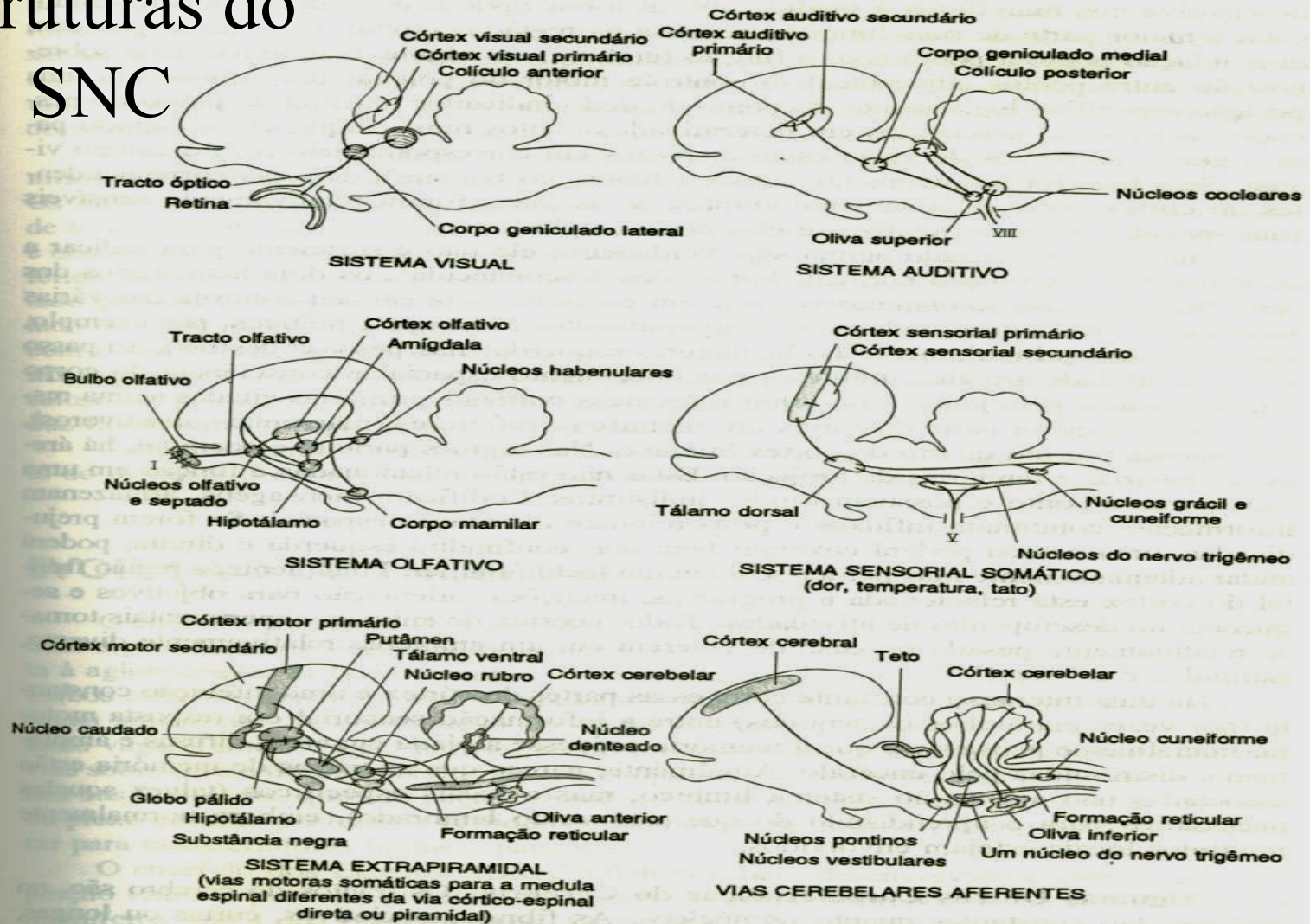


FIGURA 18-9 DIAGRAMAS DE ALGUNS DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DE ALGUNS SISTEMAS FUNCIONAIS DO ENCÉFALO DOS MAMÍFEROS.

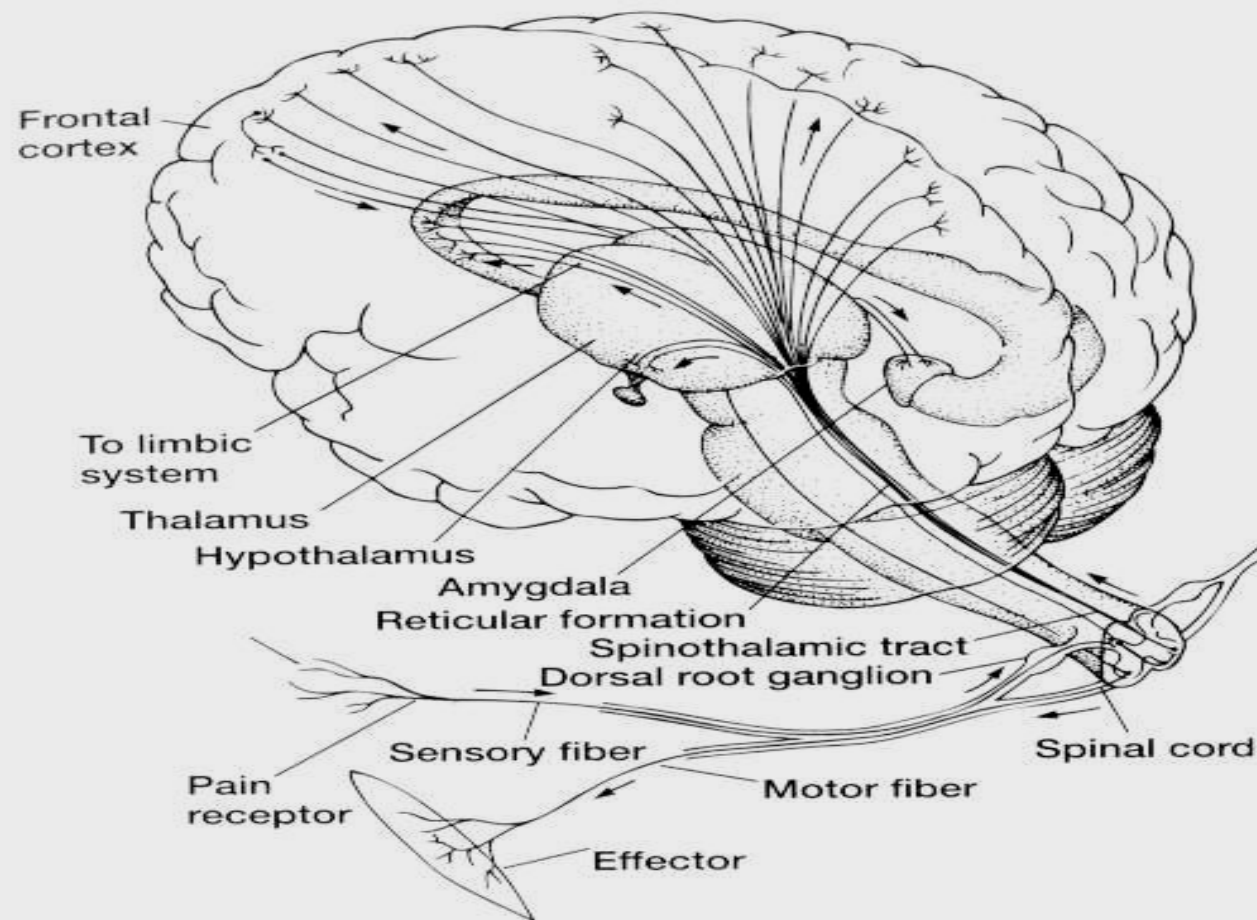
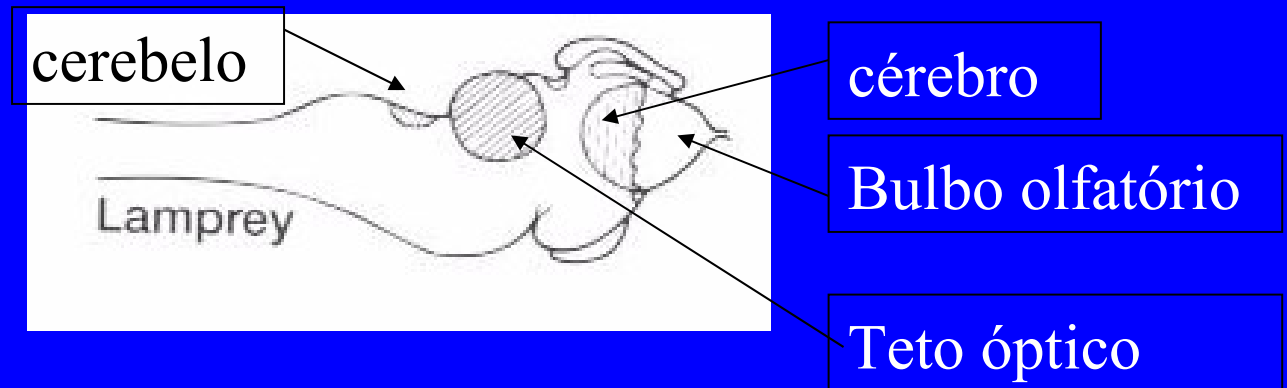


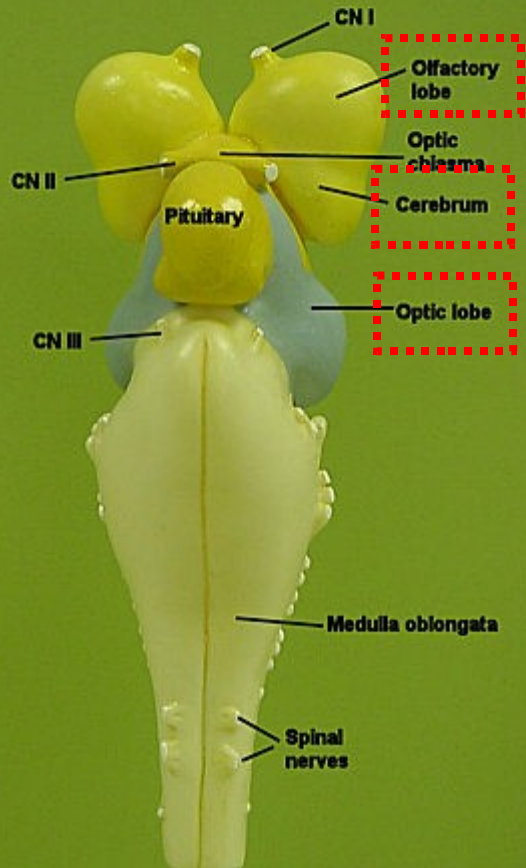
FIGURE 16.24 Sensory and motor circuits. Sensory receptors in the skin respond to stimuli by generating an electrical impulse that travels to the spinal cord and synapses in the thalamus. This impulse is relayed by other neurons to other areas of the brain, which produce a response that travels down the spinal cord to a motor neuron and out to an effector.

Ciclostomados

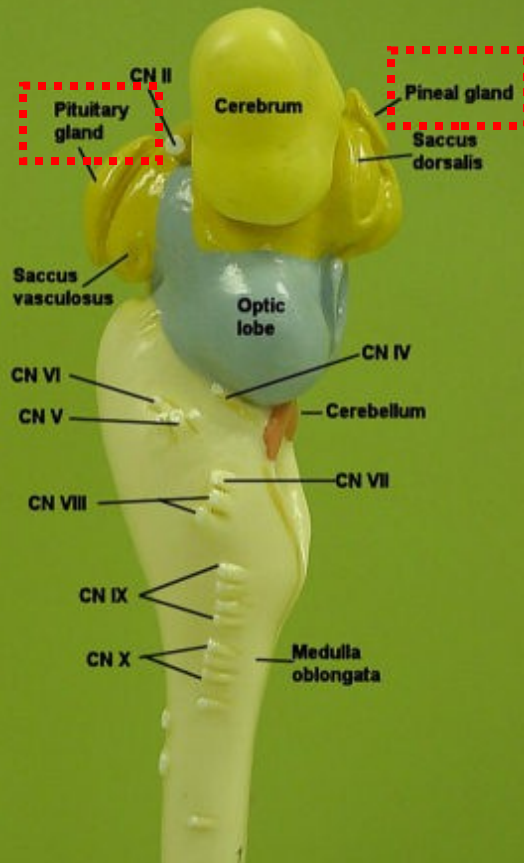
- Petromyzontoidea e Mixynoidea - primitivo, mas em alguns aspectos, é também especializado e degenerado.
- A parte anterior do encéfalo é encurtada em resposta à aglomeração da boca terminal e câmara nasal dorsal.
- Os grandes bulbos olfativos separam-se dos espessos hemisférios cerebrais apenas por uma constrição superficial.
- Tanto o órgão parietal como o corpo pineal são visíveis sobre o teto do diencéfalo. Os lobos ópticos são evidentes nas lampréias e pequenos nas feiticeiras, que são cegas.
- O bulbo é relativamente grande e sustenta um grande plexo coróide posterior evertido.
- O cerebelo é rudimentar, como seria de se esperar para essas criaturas lentas e parasitas.



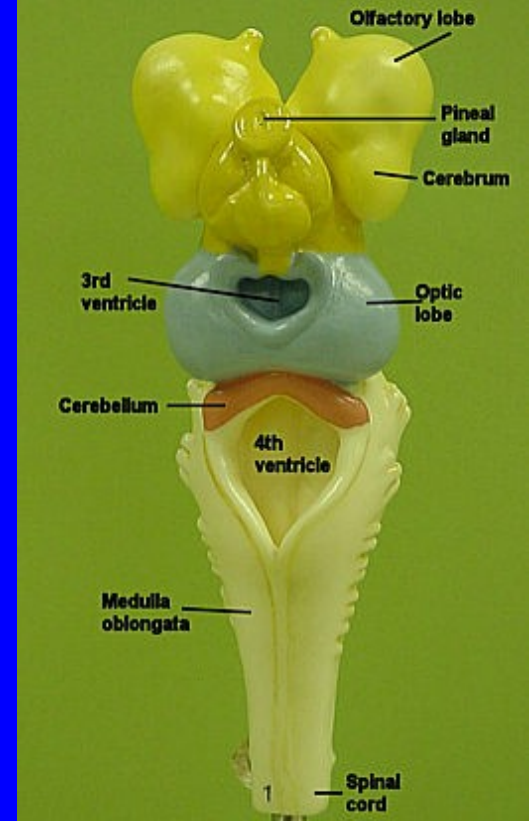
Lamprey Brain Ventral View



Lamprey Brain lateral view

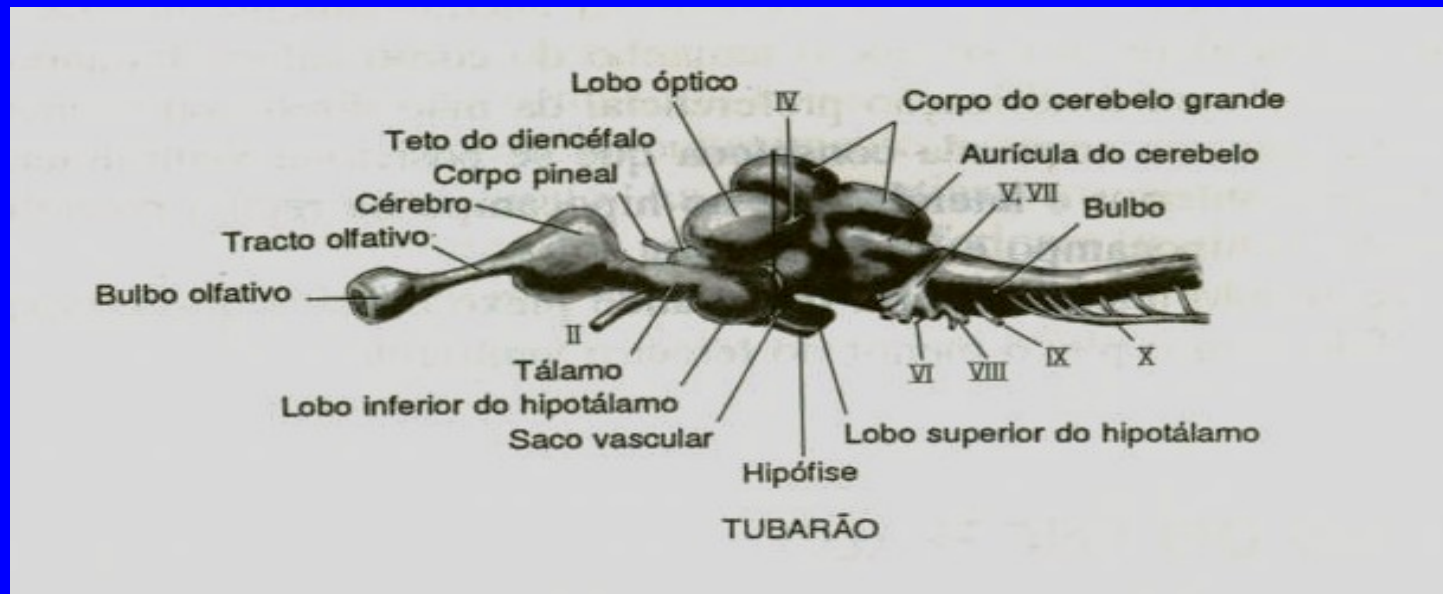


Lamprey Brain Dorsal View

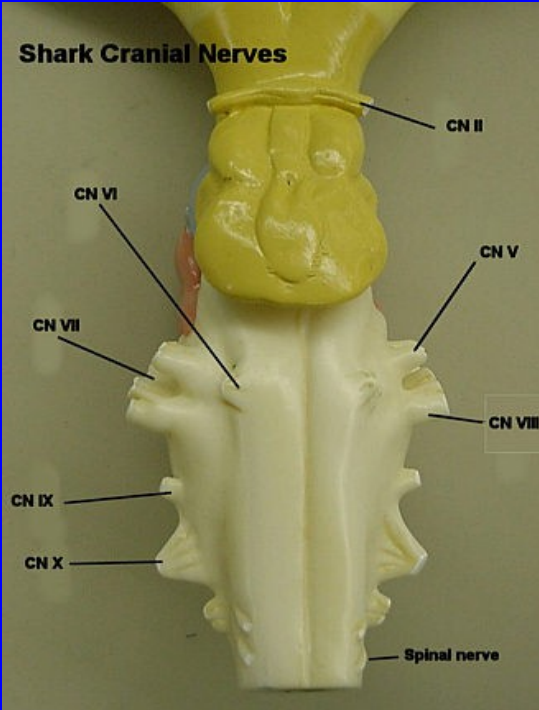


Chondrichthyes

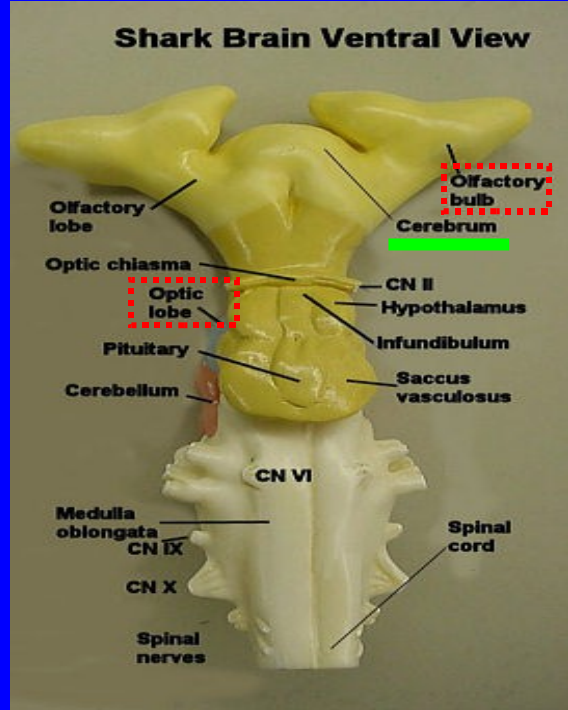
- Os elasmobrânquios possuem gânglios simpáticos ao longo do corpo. As fibras dos gânglios ligam-se tanto à medula espinhal quanto na musculatura lisa do sistema digestivo e circulatório.
- O encéfalo dos peixes cartilagosos é bem desenvolvido e grande, e a proporção entre o peso do encéfalo e o peso do corpo sobrepõe-se mais à das aves e mamíferos que à dos peixes ósseos. Os sistemas sensoriais destes peixes são refinados e diversificados.



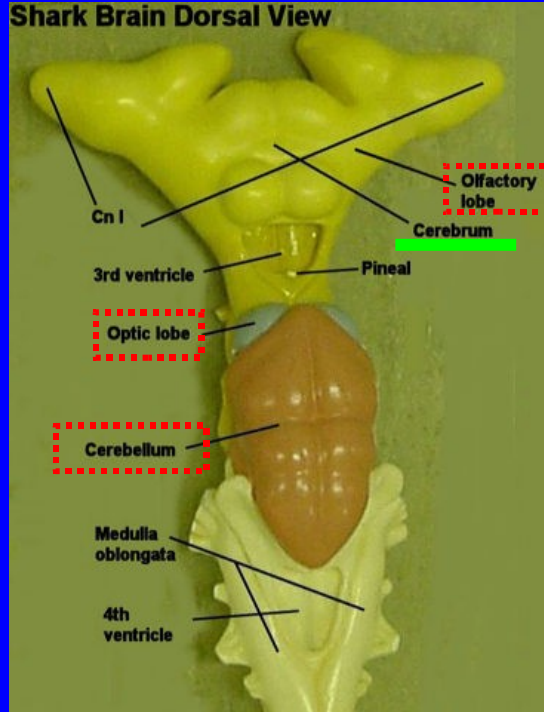
Shark Cranial Nerves



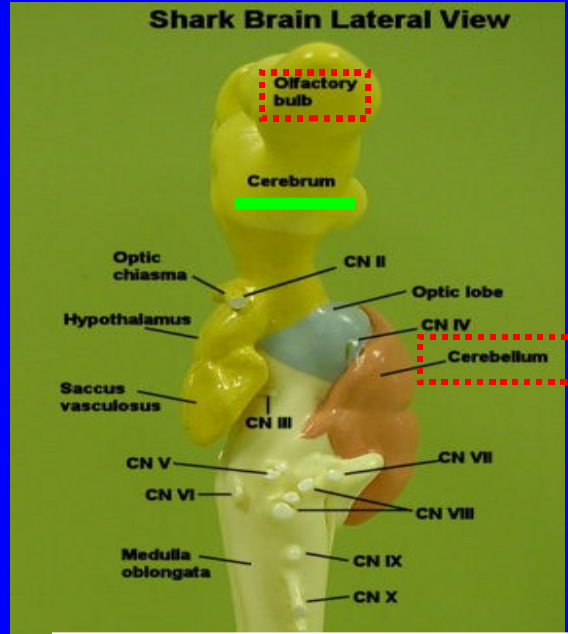
Shark Brain Ventral View



Shark Brain Dorsal View

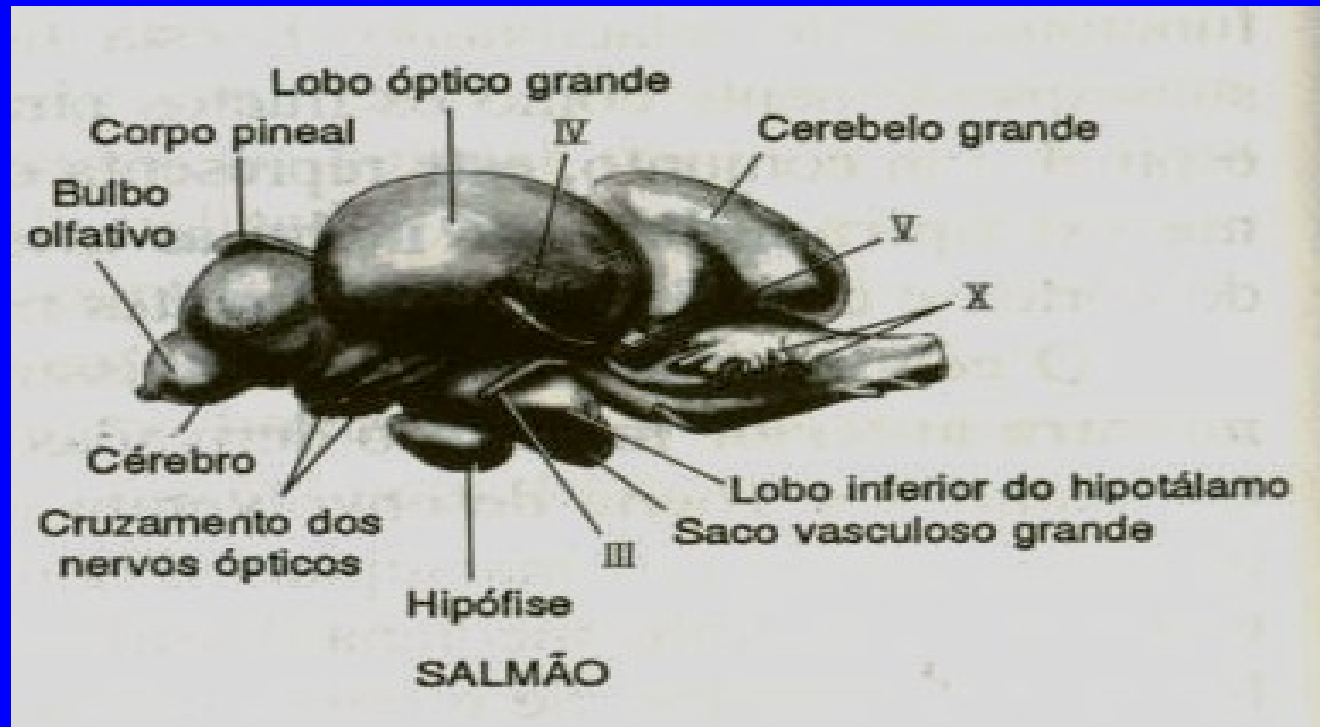


Shark Brain Lateral View



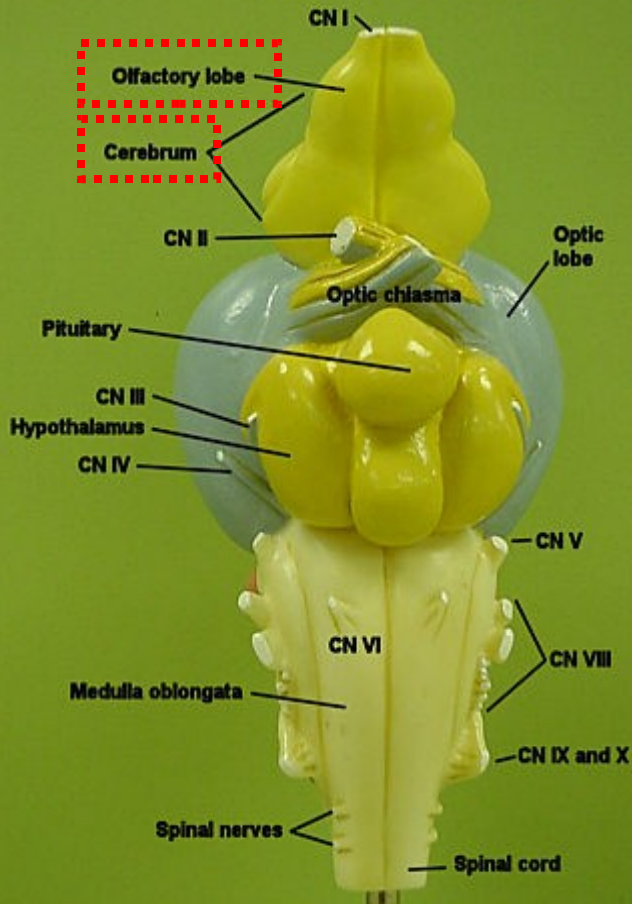
Osteichthyes

- Os encéfalos são diversificados nos peixes ósseos, os dos Dipnoi assemelham-se aos dos Elasmobranchii, ao passo que a arquitetura do encéfalo anterior dos Actinopterygii não é compartilhada por qualquer outro vertebrado. O encéfalo do representante atual dos Crossopterygii é intermediário.
- Os gânglios simpáticos dispõem-se em cadeias, estendendo-se para frente até o nervo trigêmeo.

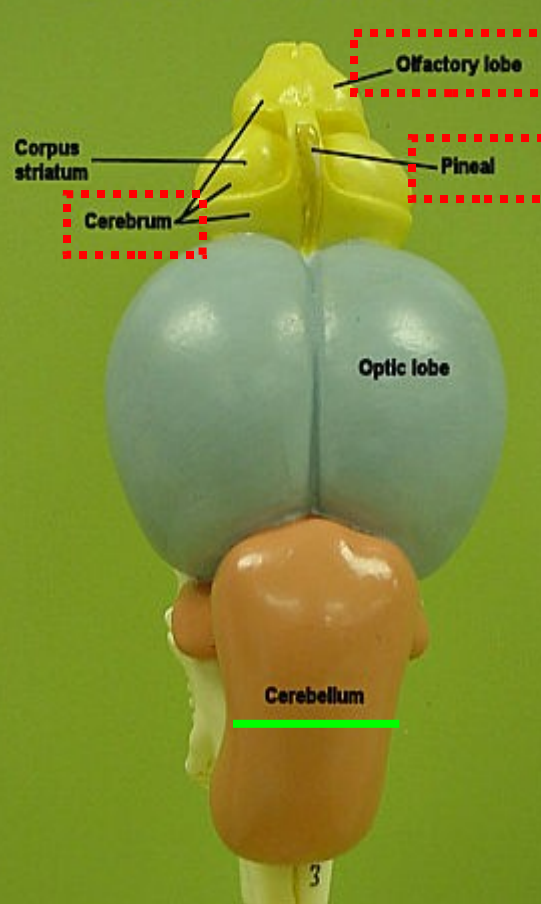


Osteichthyes

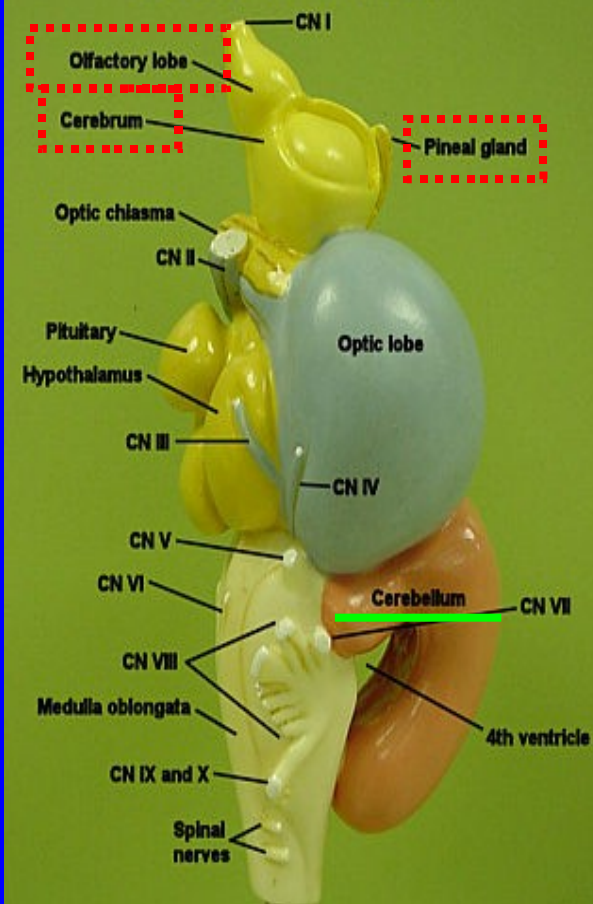
Trout Brain Ventral View



Trout Brain Dorsal View

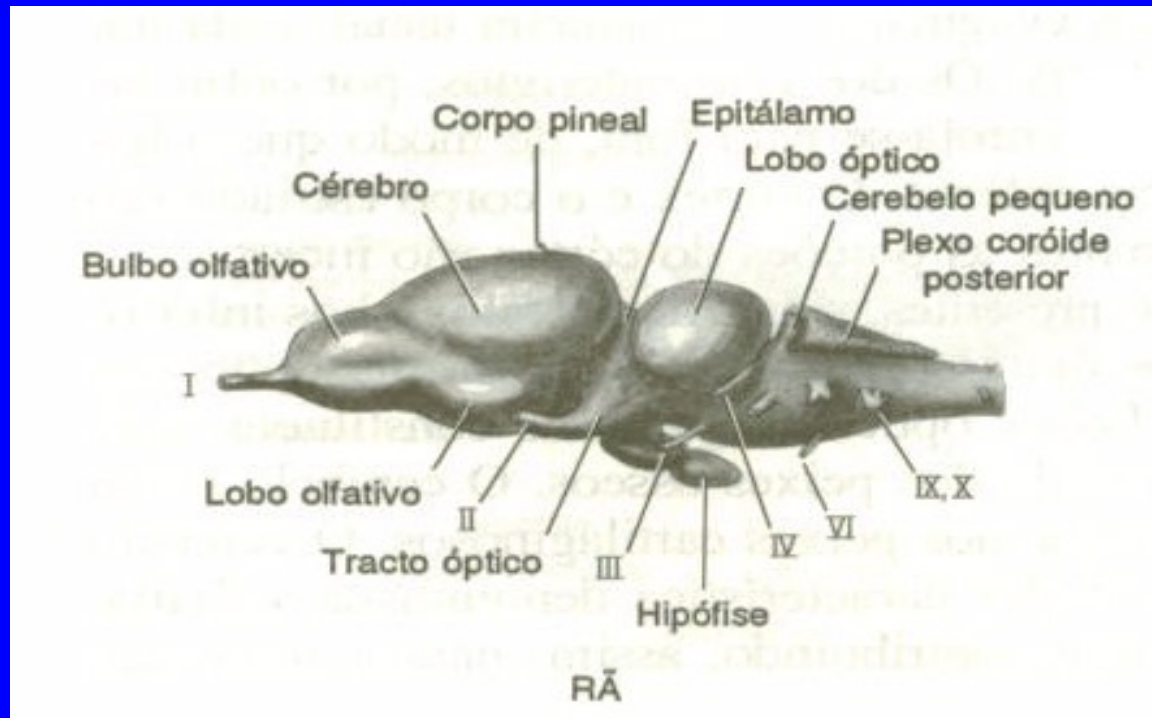
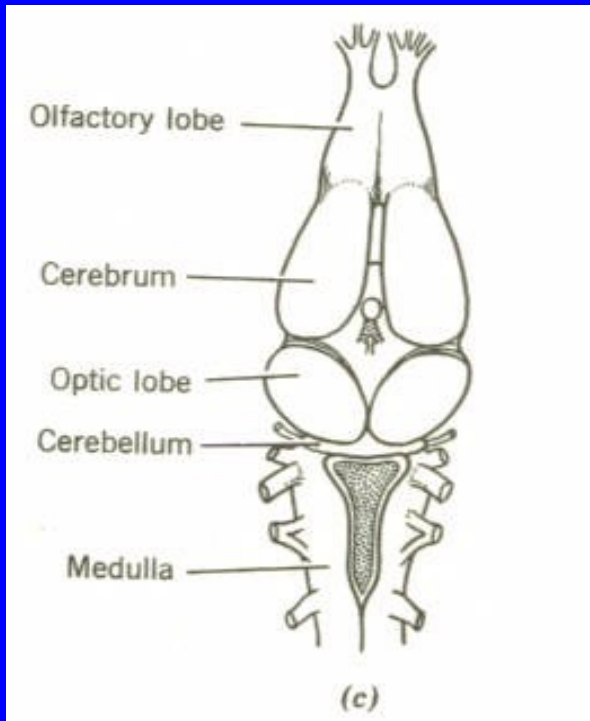


Trout Brain Lateral View

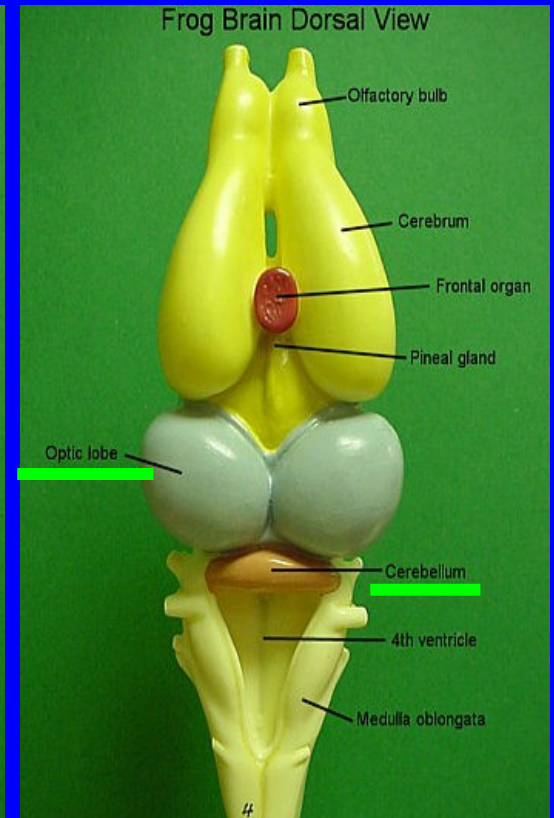
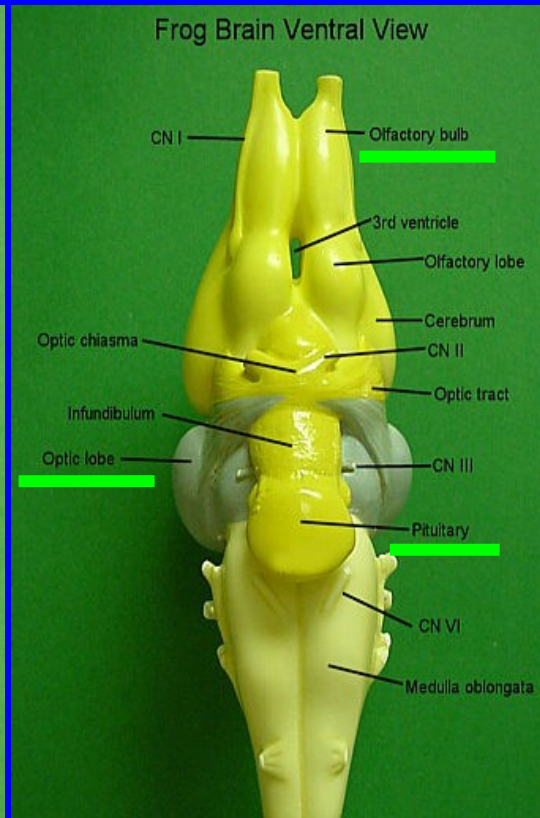
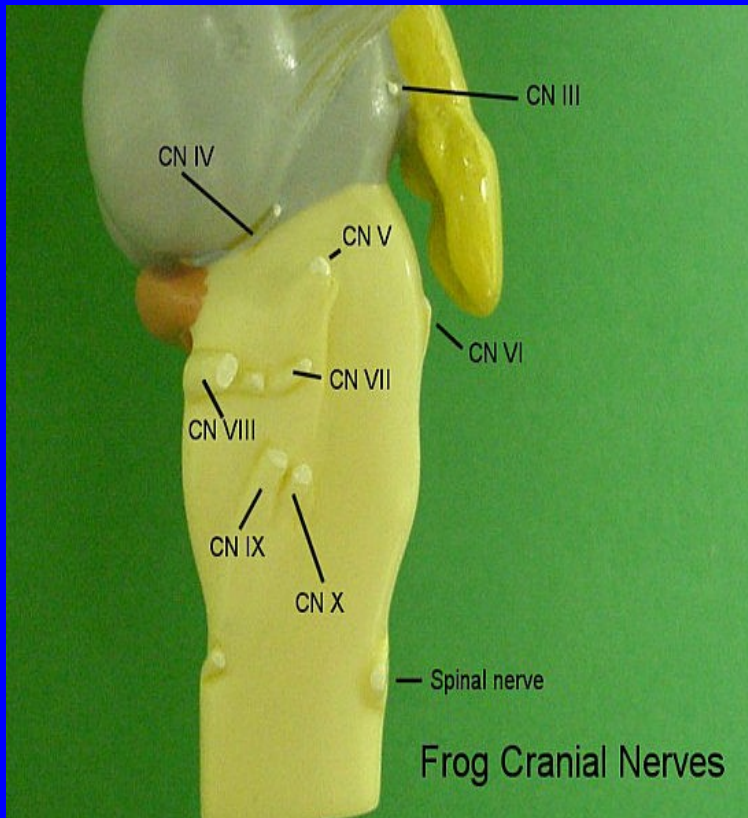


Amphibia

O encéfalo dos anfíbios é notavelmente não-especializado (particularmente nos Urodela) e pouco mais avançado que o dos peixes cartilaginosos e dipnóicos. Existe um centro de atividade encefálica na região dorsal do mesencéfalo onde as células cinzentas se encontram numa região chamada teto.



Amphibia

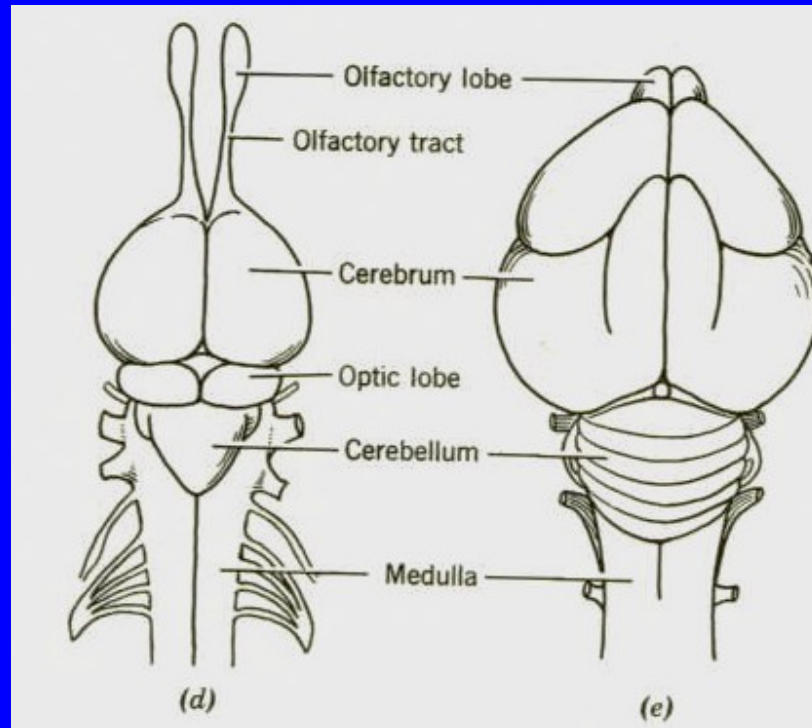


academic.emporia.edu/sievertl/verstruc/Lbrain.htm

Reptilia e Aves

- O encéfalo dos répteis é estreito, alongado e quase reto. Os tamanhos e posições relativas do córtex e corpo estriado indicam que houve duas tendências na evolução do encéfalo anterior dos répteis: uma linhagem (Testudines) na direção dos mamíferos e outra (Crocodylia) na direção das aves.
- Os encéfalos das aves são relativamente grandes, uniformes e peculiares. O órgão é curto e largo. Os bulbos e tractos olfativos são evidentes nos animais necrófagos mas, em geral, são menores que nos outros vertebrados. A olfação é pouco importante para a maioria das aves e os lobos olfativos são pequenos. A olfação é usada pelos urubus, kiwis e algumas espécies de aves marinhas (albatrozes).

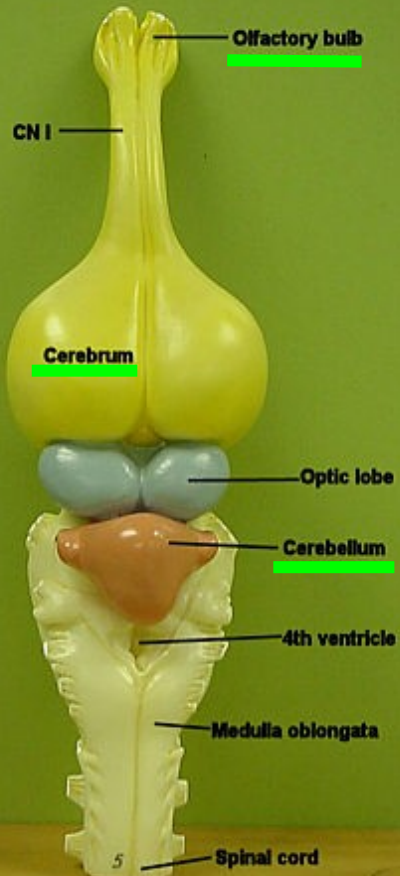
Crocodilo



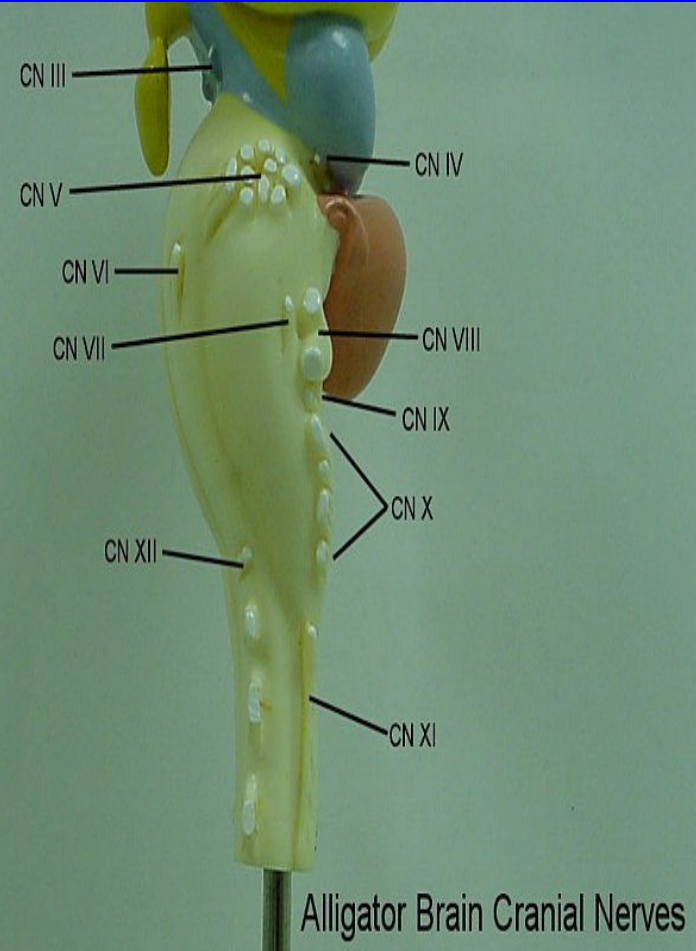
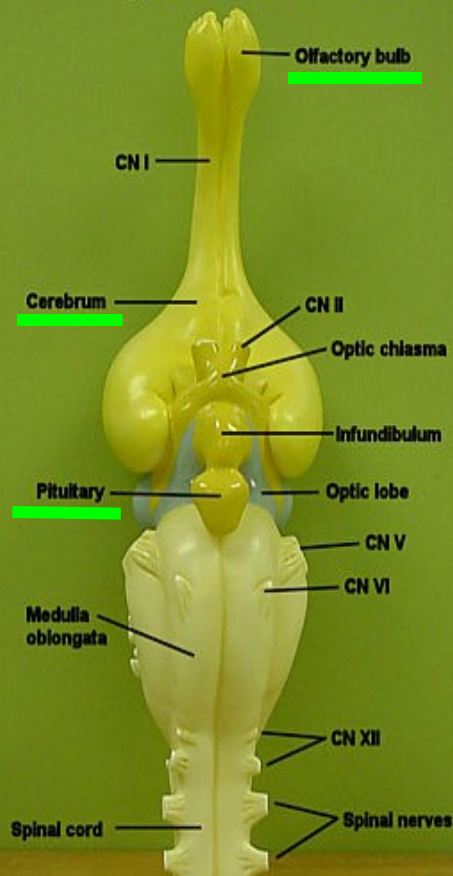
Ave

Reptilia

Alligator Brain Dorsal View



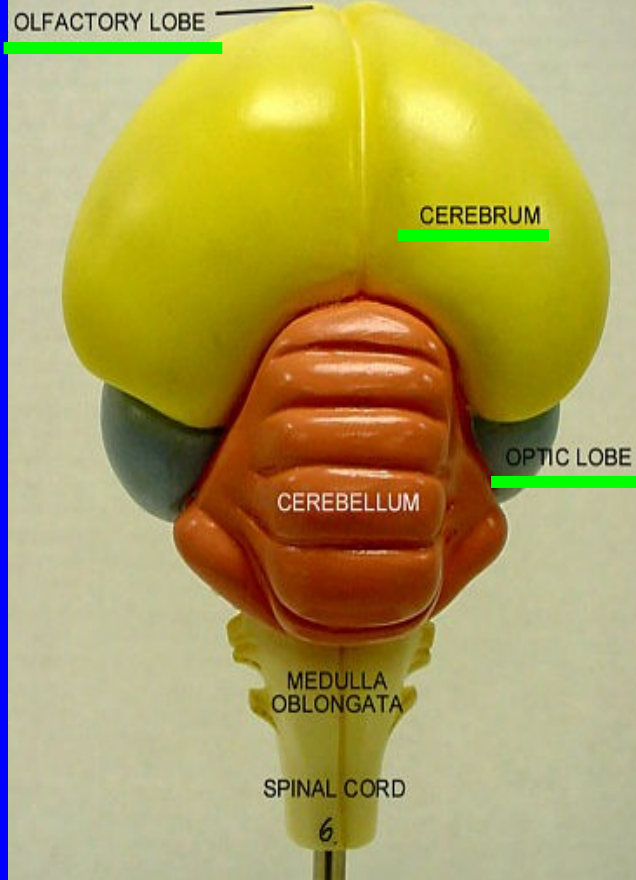
Alligator Brain Ventral View



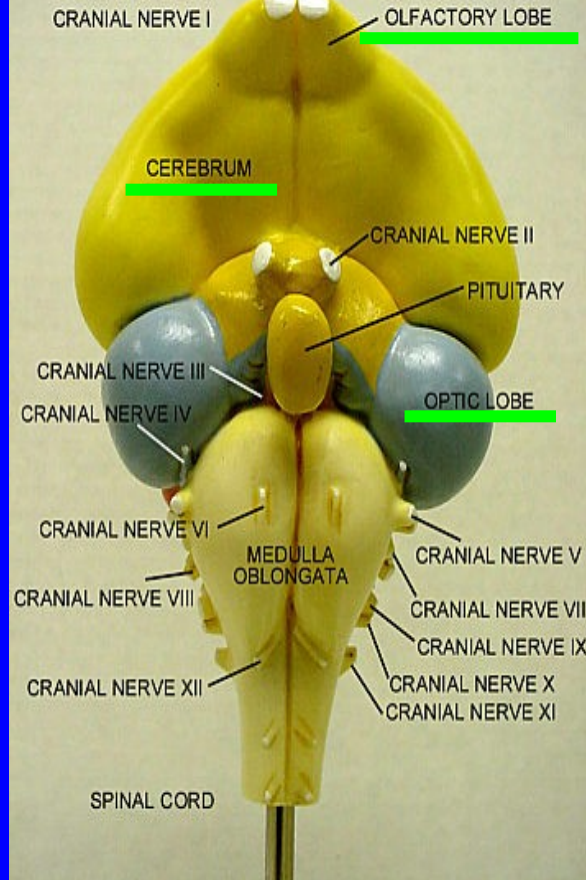
academic.emporia.edu/sievertl/verstruc/Lbrain.htm

Aves

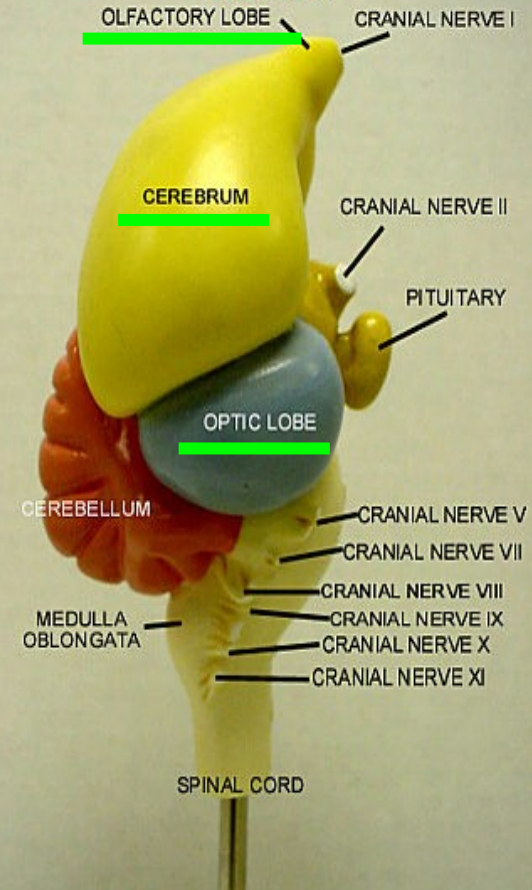
PIGEON BRAIN
Dorsal View



PIGEON BRAIN
Ventral View



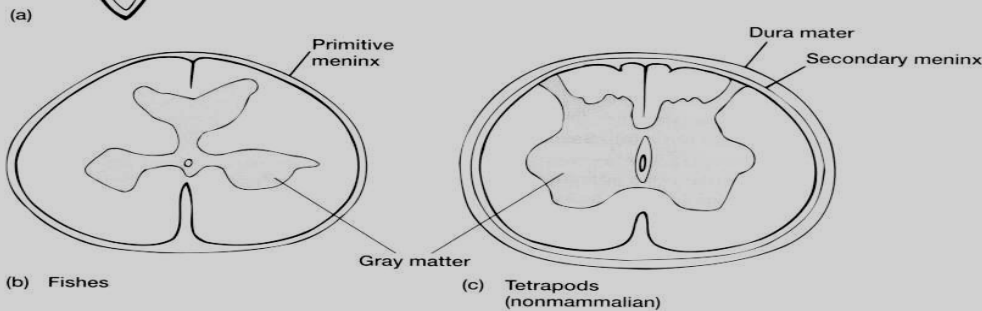
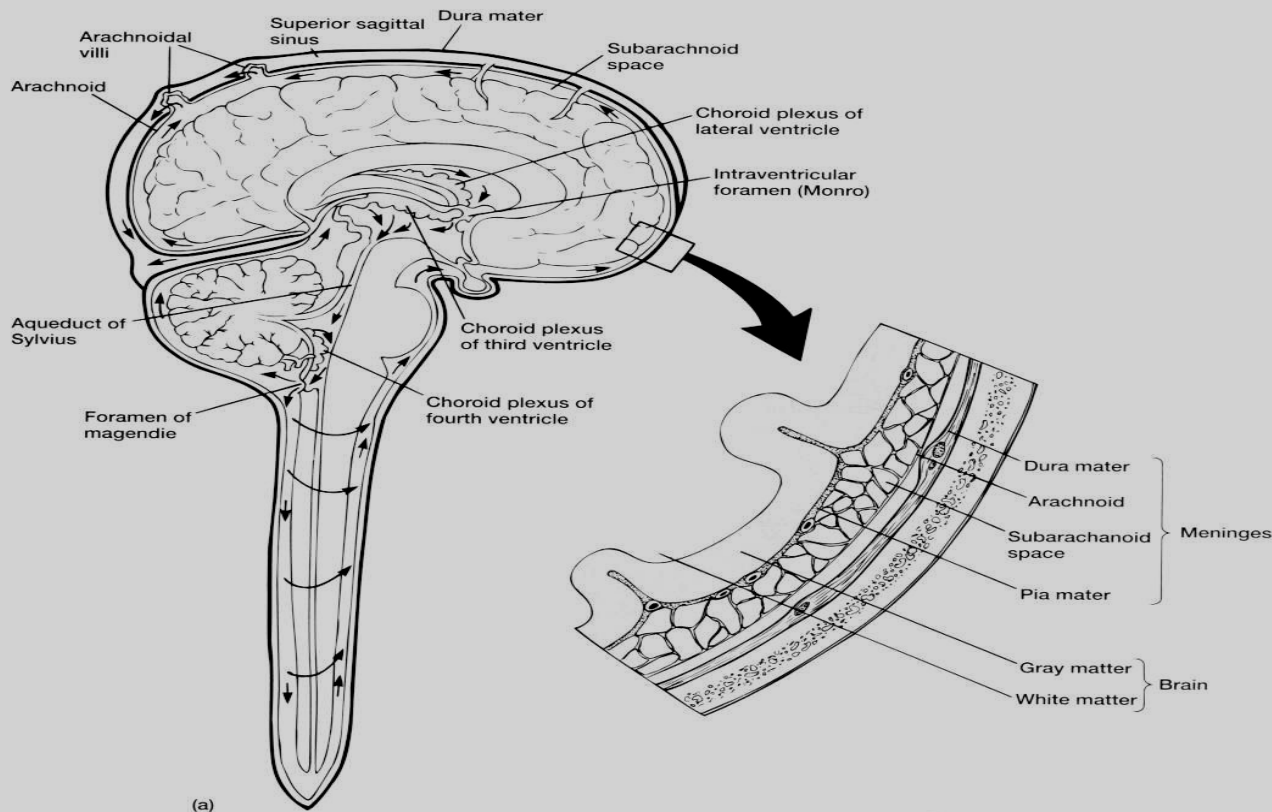
PIGEON BRAIN
Lateral view



Mammalia

- Os hemisférios cerebrais, originados do telencéfalo, possuem circunvoluções na superfície, de forma que há giros e sulcos.
- A camada externa do cérebro ou córtex é composta de matéria cinzenta. Os hemisférios cerebrais direito e esquerdo estão ligados entre si por uma comissura branca e larga, chamada corpo caloso.
- O diencéfalo consiste de um epitélamo dorsal, um tálamo lateral e um hipotálamo ventral.
- O sistema nervoso está protegido por 3 camadas ou meninges. Existem pares 12 nervos cranianos.
- Os bulbos e tratos olfativos dos mamíferos variam de imensos (Tubulidentata e Edentata) a muito pequenos (Primatas). Os lobos ópticos, agora denominados colículos anteriores, são pequenos porque o córtex cerebral adotou grande parte de sua função.

Meninges



A) Líquido céfalo-raquidiano e meninges: As setas mostram a circulação do líquido através do cérebro e coluna vertebral em mamíferos. B) em peixes há uma única camada, a meninge primitiva. C) nos outros tetrápodos exceto mamíferos há duas camadas: uma dura máter externa e uma meninge secundária

Mammalia

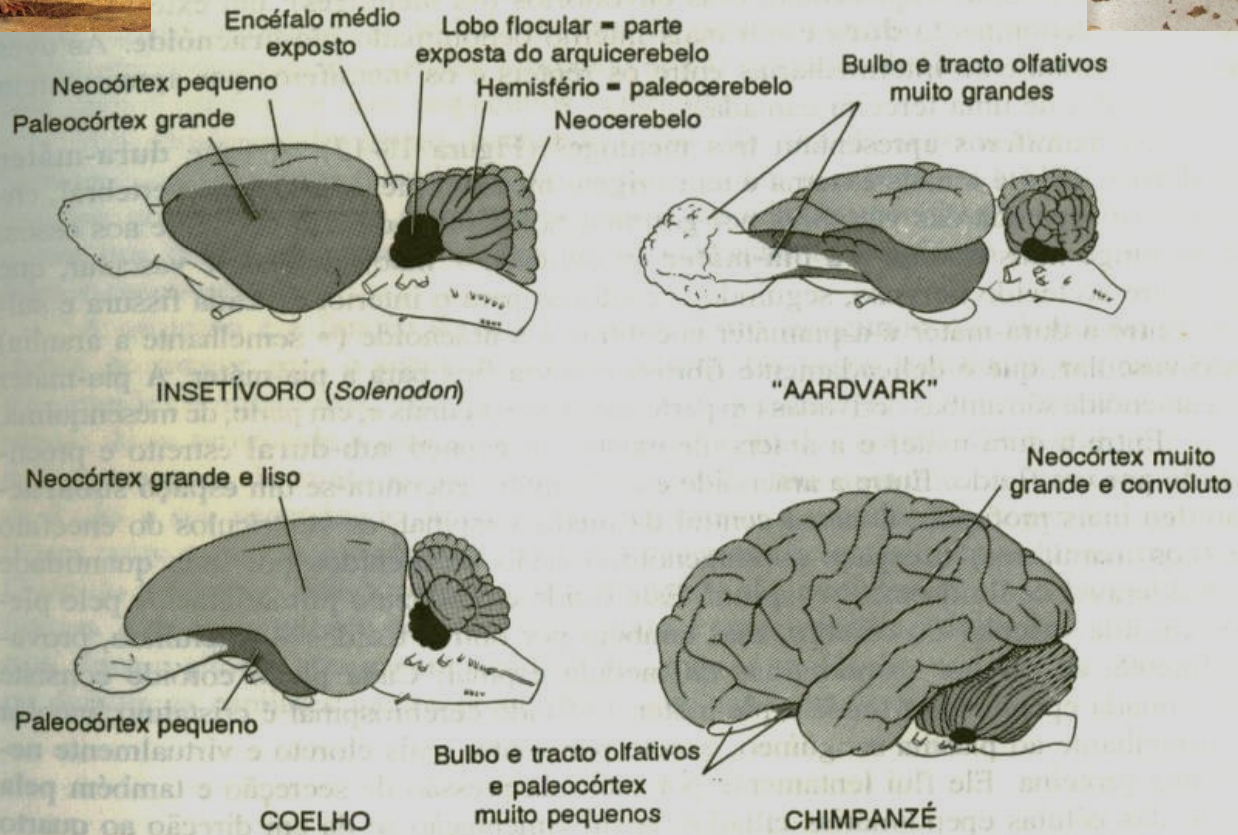
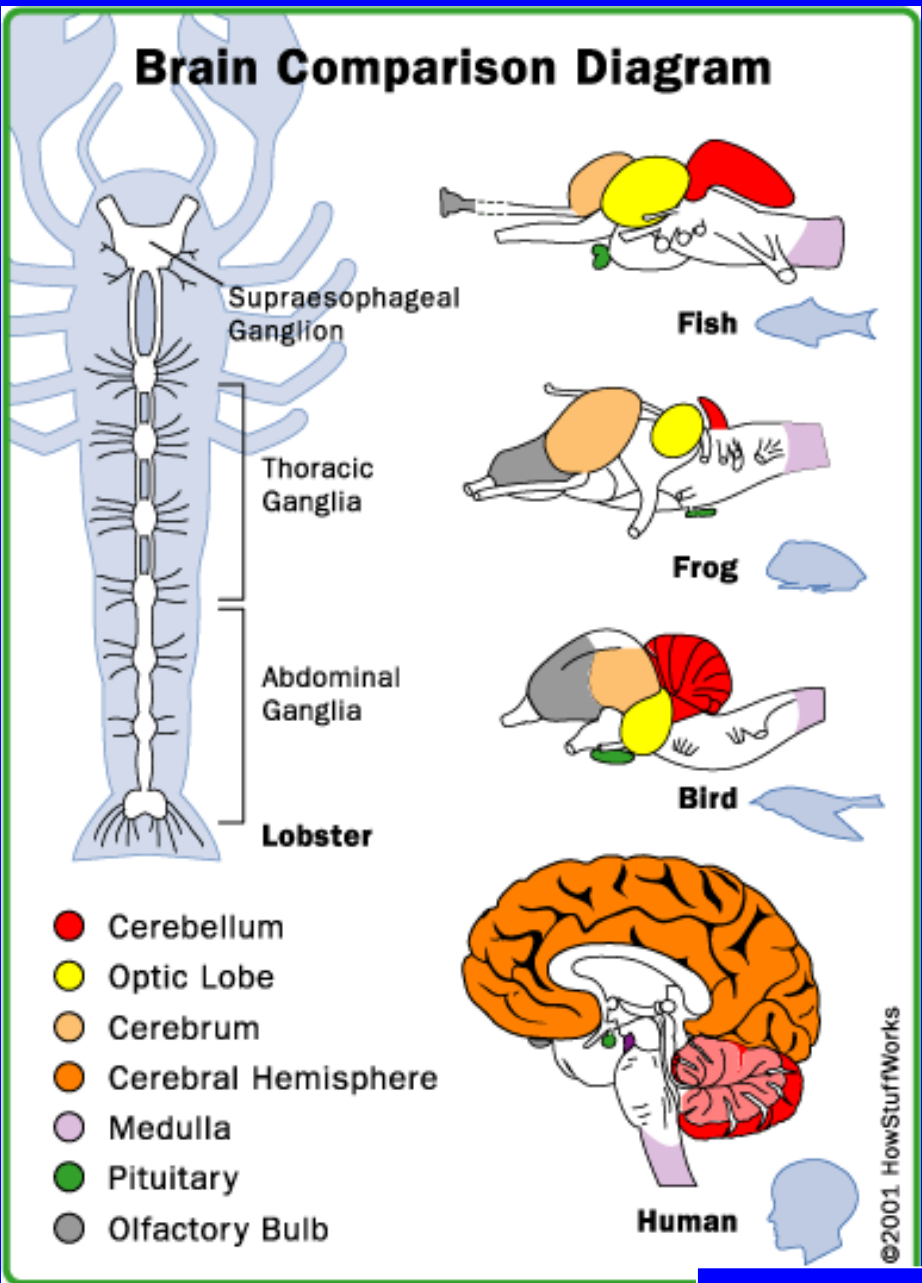
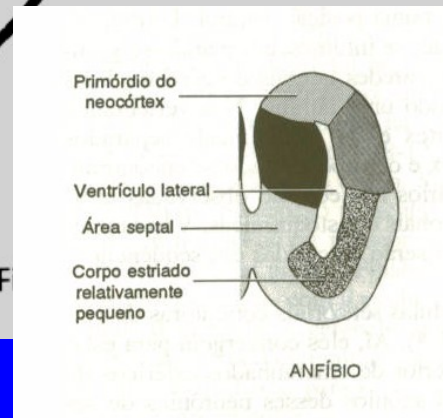
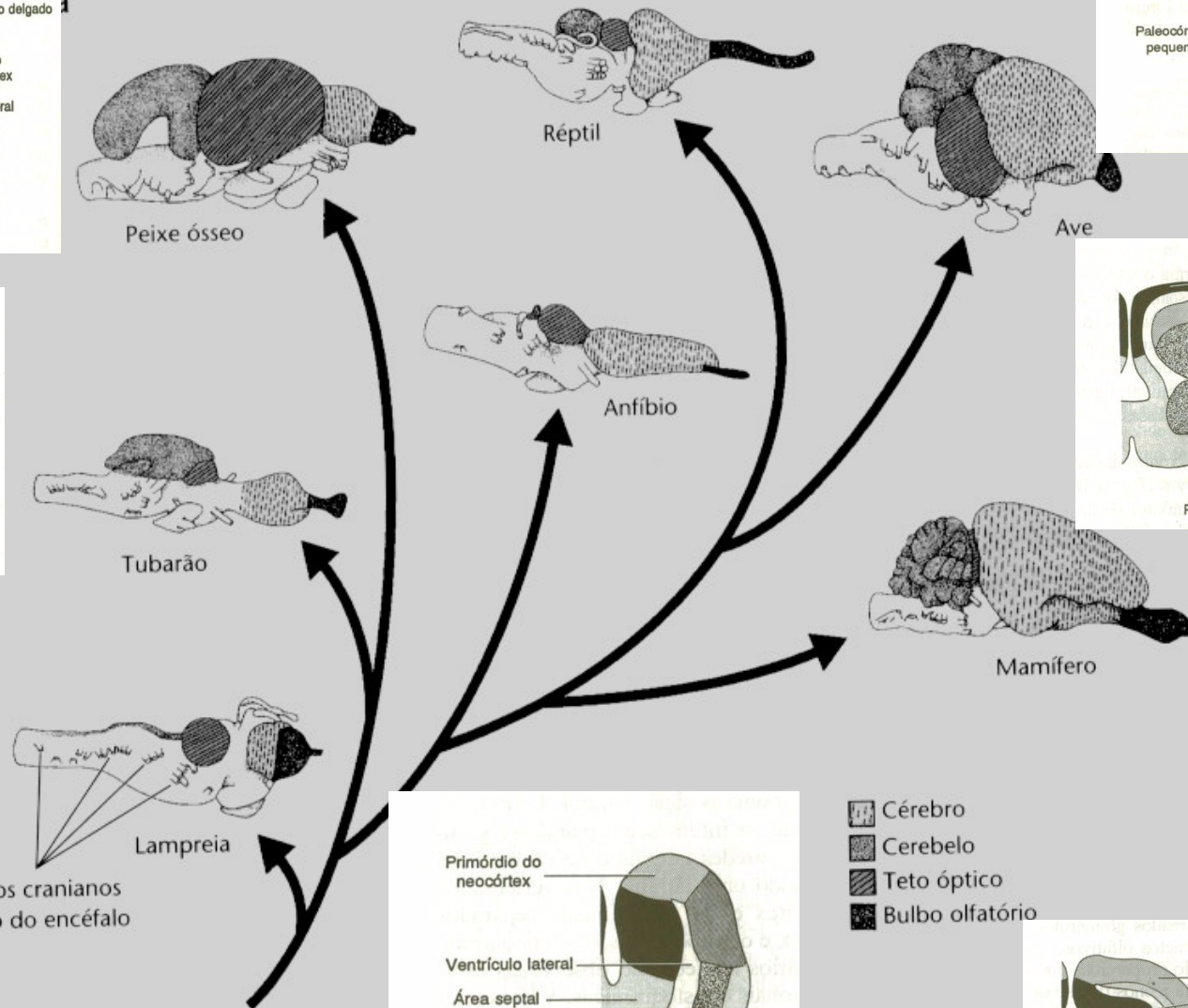
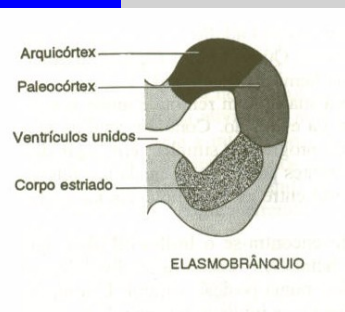
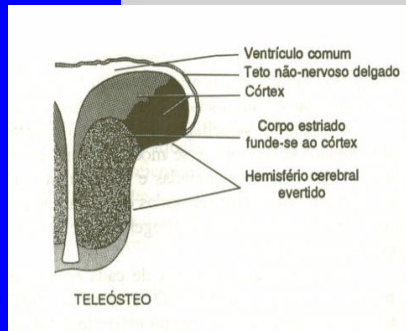


FIGURA 18-12 VARIAÇÃO NA ESTRUTURA DO ENCÉFALO DOS MAMÍFEROS.
(Os derivados do arquicórtex encontram-se encobertos em vista lateral.)

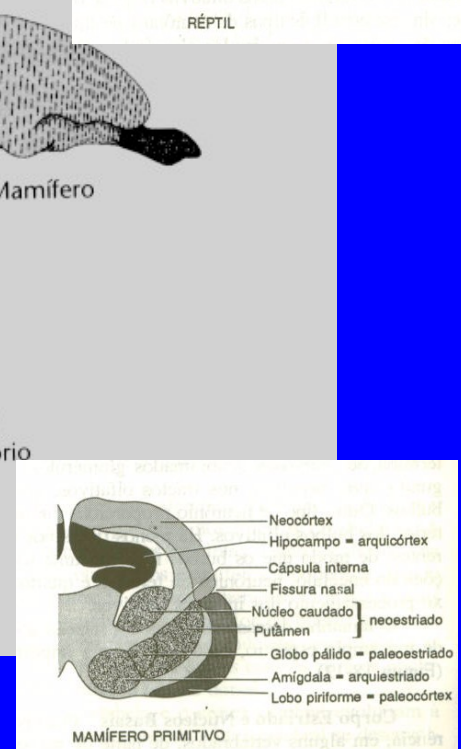
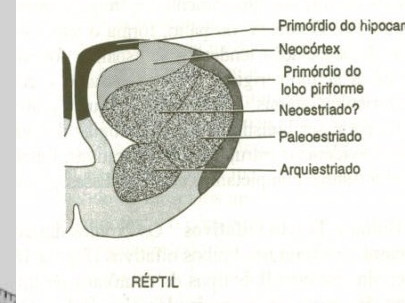
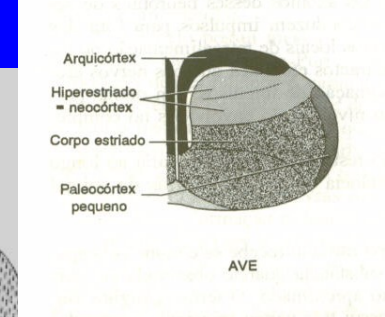
Brain Comparison Diagram



Evolução do cérebro



- Cérebro
- Cerebelo
- Teto óptico
- Bulbo olfatório



Estudo dirigido

2. Cite e explique pelo menos 3 técnicas diferentes de estudo do encéfalo.
3. Explicar a organização básica do cérebro de amniotas quanto ao desenvolvimento.
4. Diferenciar os encéfalos de répteis, aves e primatas quanto ao cerebelo, telencéfalo, ponte, lobo óptico e bulbo olfativo.
5. Diferenciar os encéfalos de peixes ósseos, cartilagosos e anuros quanto ao cerebelo, telencéfalo, ponte, lobo óptico e bulbo olfativo.
6. Diferenciar os encéfalos de peixes cartilagosos, répteis e aves quanto ao cerebelo, telencéfalo, ponte, lobo óptico e bulbo olfativo.
7. Diferenciar os encéfalos de mamíferos – Primates, Rodentia e Tubulidentata quanto ao cerebelo, telencéfalo, ponte, lobo óptico e bulbo olfativo.