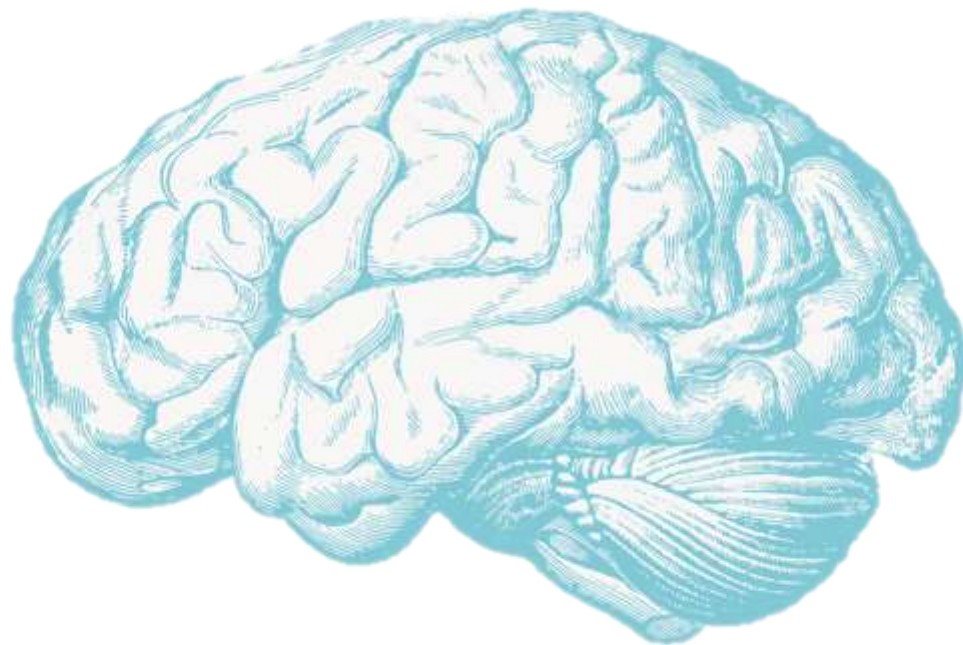


## 第四讲

# 脑与认知科学

神经科学生物基础（二）

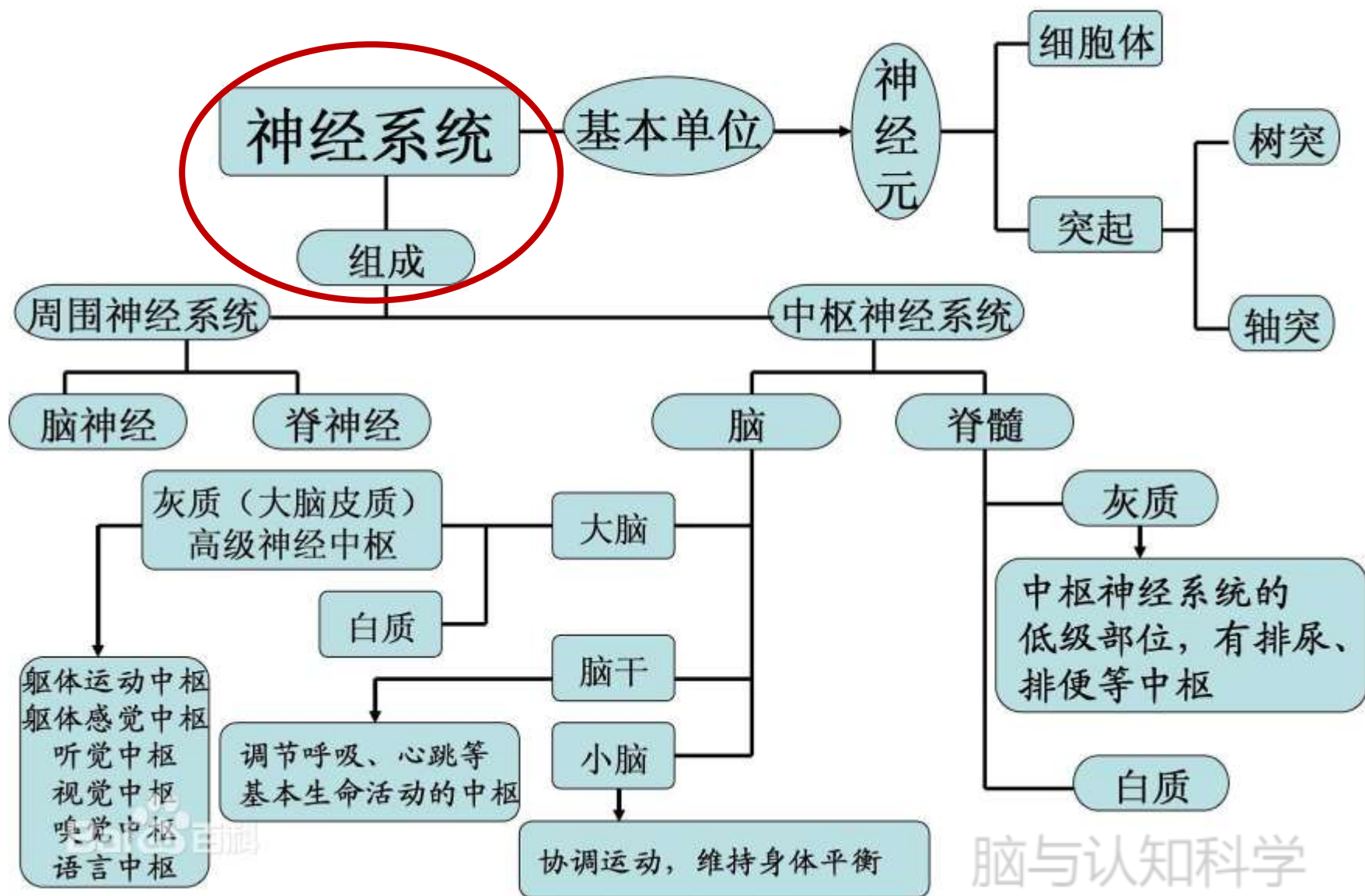
授课人：祁婷 副研究员  
人工智能学院 | 脑认知与智能医学系



脑与认知科学

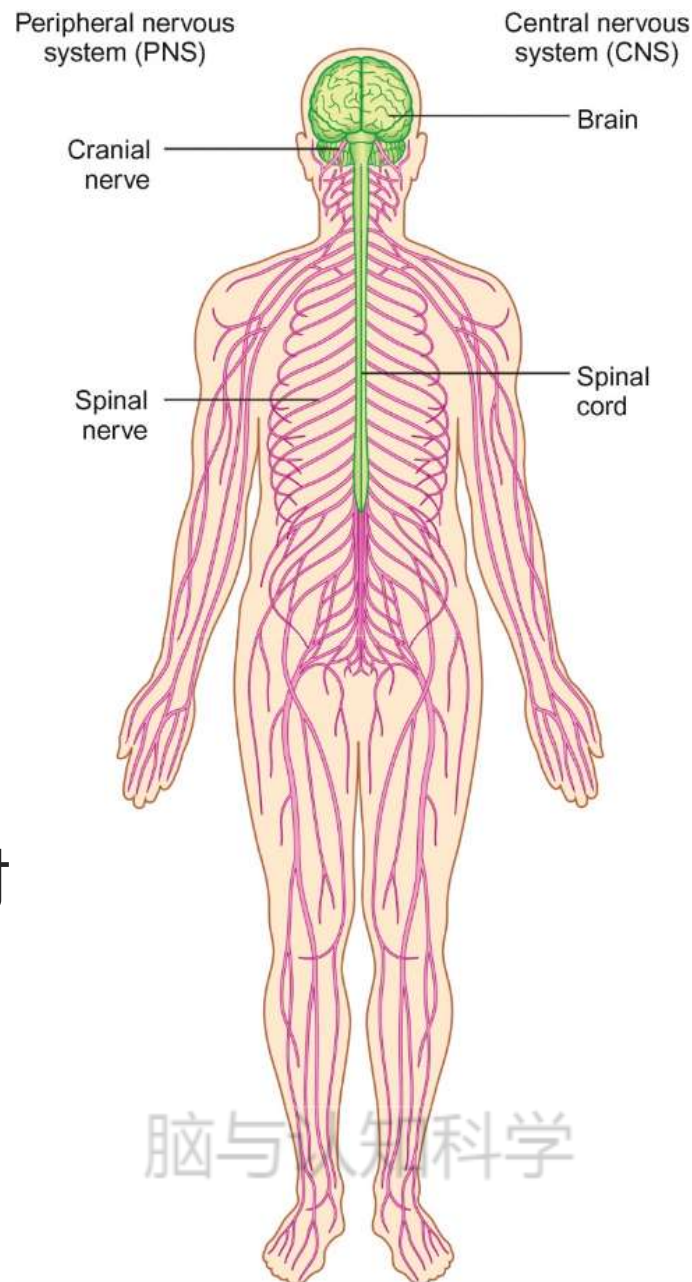
# 本节关键知识点

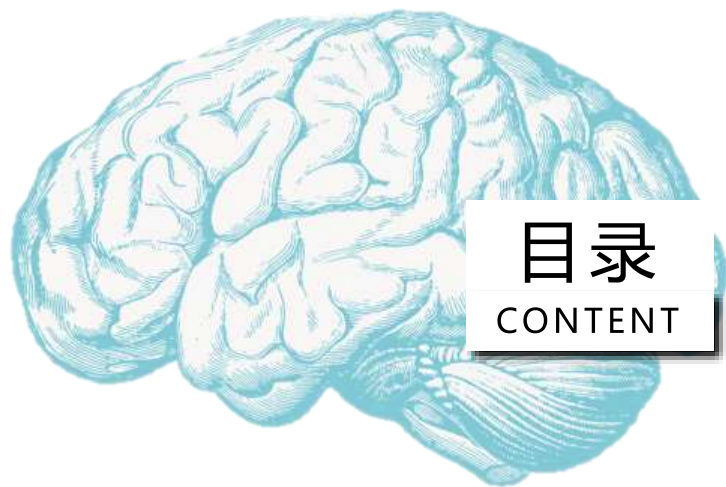
- 1、中枢神经系统的组成
- 2、大脑的解剖结构与相关术语
- 3、大脑皮层的特点、分区与功能定位
- 4、脊髓的结构和功能



# 神经系统

- 中枢神经系统 (CNS)
  - 脑 (Brain)
  - 脊髓 (Spinal cord)
- 周围神经系统 (PNS)
  - 脑神经 (Cranial nerves, 12对)
  - 脊髓神经 (Spinal nerves, 31对)
  - 内脏神经 (Visceral nerves)





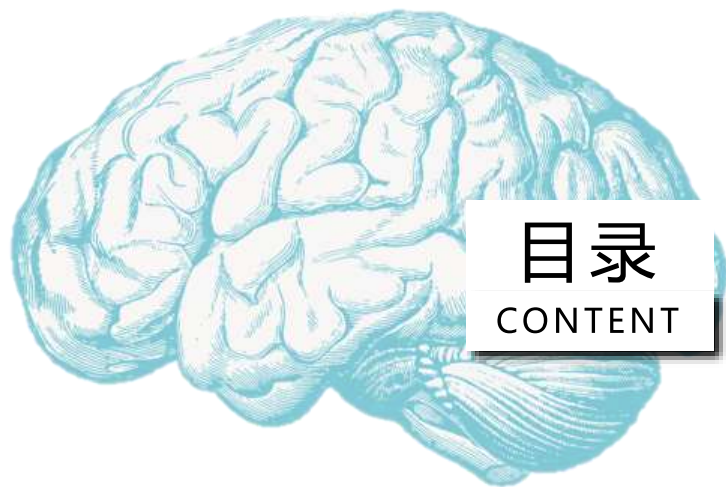
A

中枢神经系统：脑

B

中枢神经系统：脊髓

脑与认知科学



A

**中枢神经系统：脑**

B

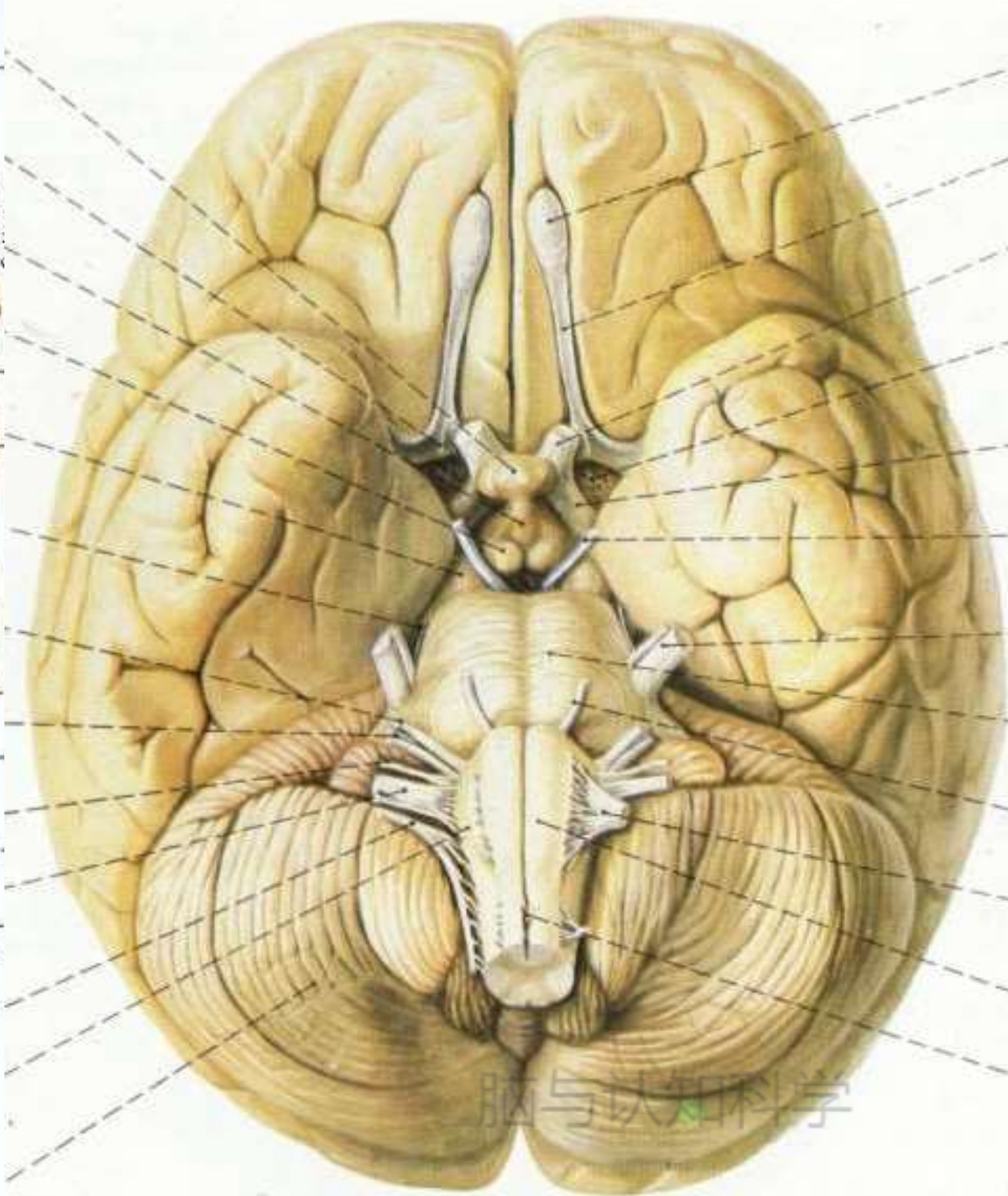
中枢神经系统：脊髓

脑与认知科学



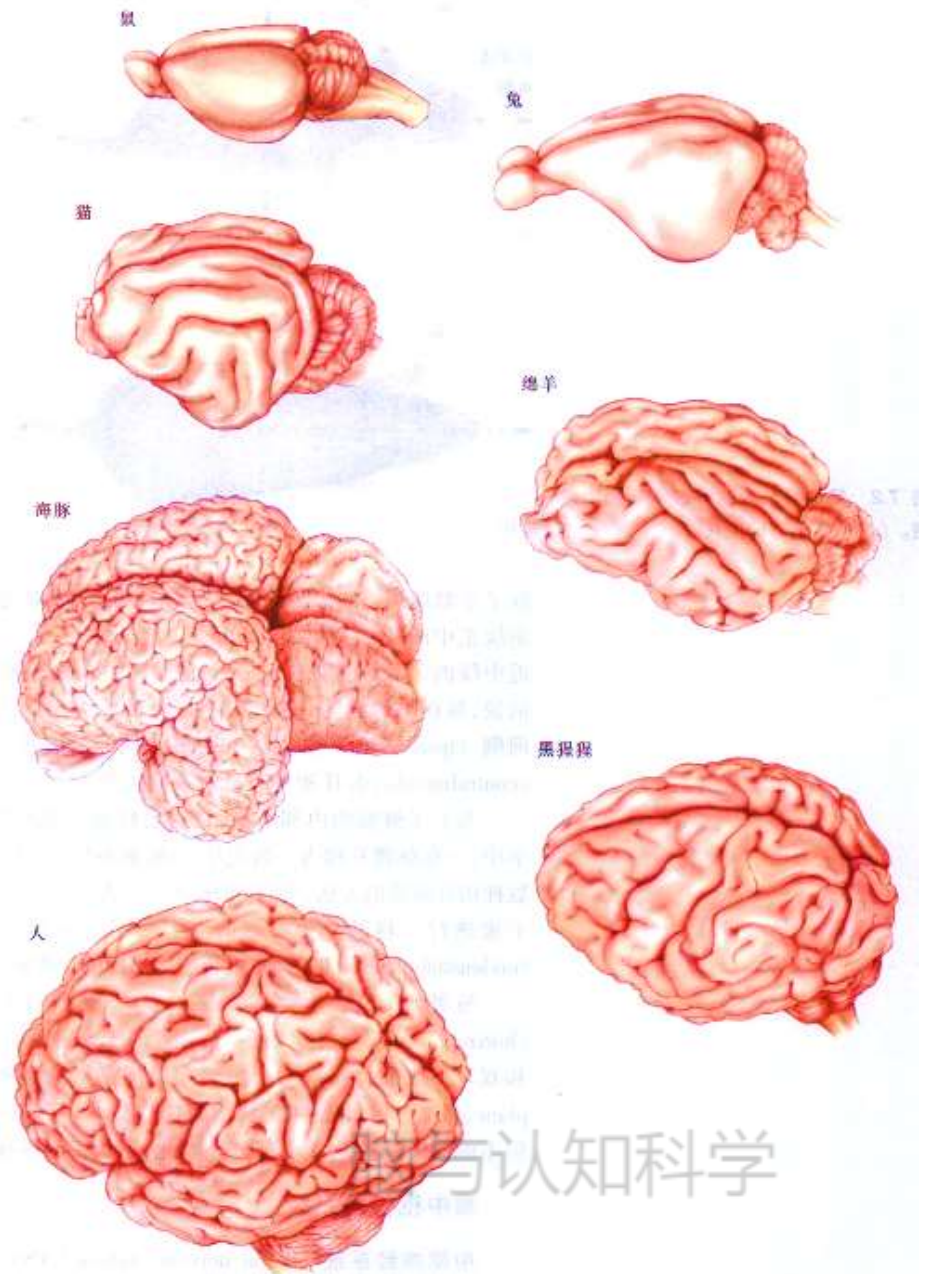


蛛网膜  
mater



脑与认知科学

# 哺乳动物的脑

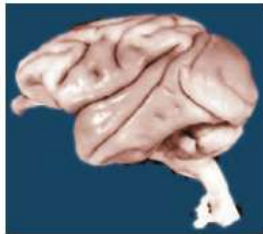


与认知科学

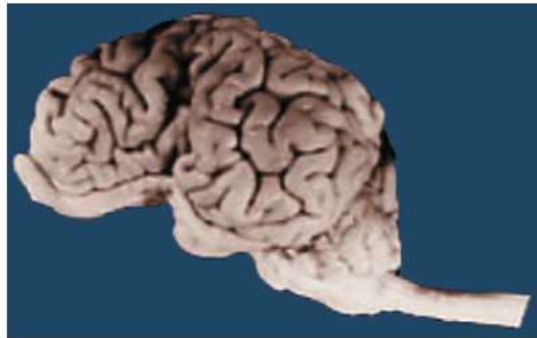


# 大脑的大小?

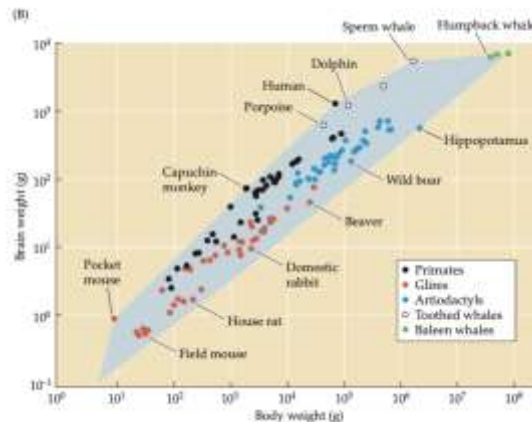
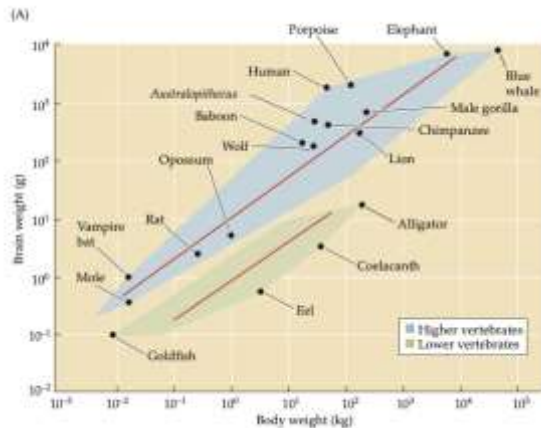
(A) Macaque



(B) Cow



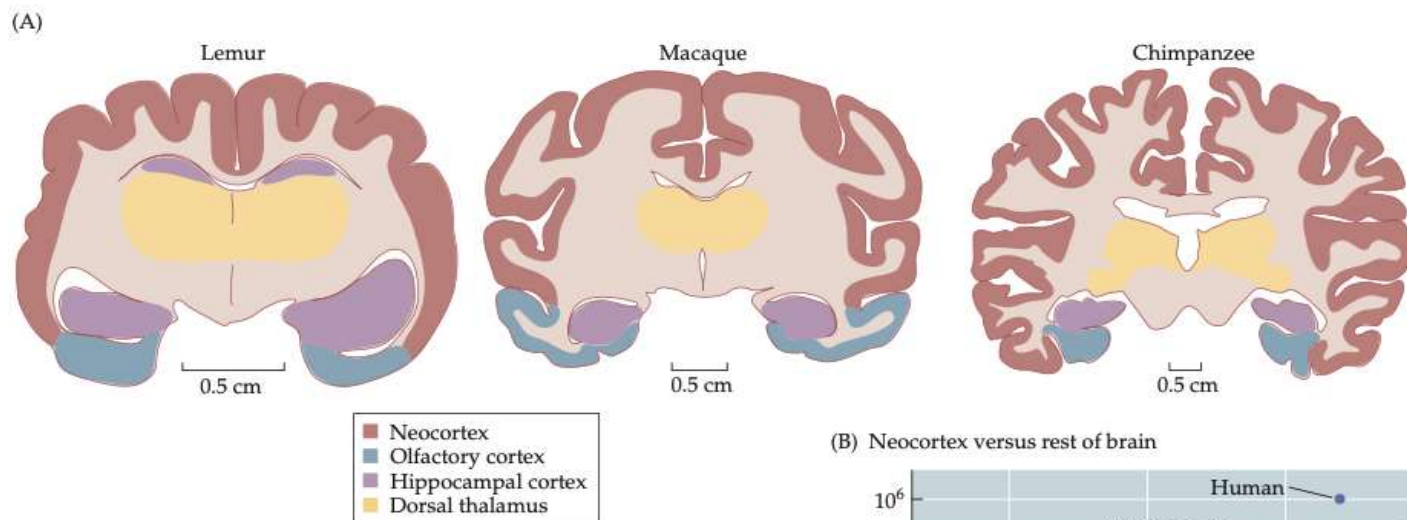
- 大脑大小与认知能力没有显著的关系



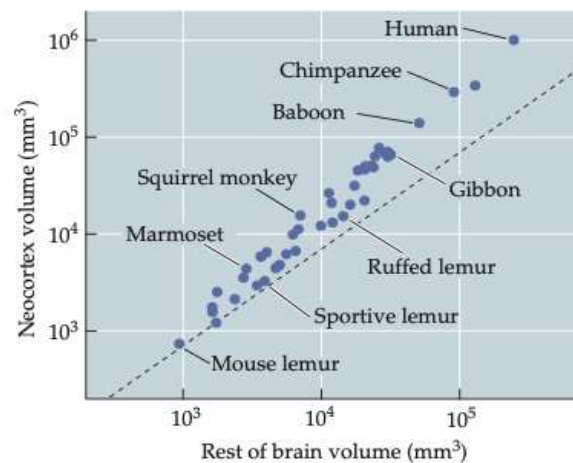
- 大脑大小与体重有明显关系

脑与认知科学

# 大脑的大小?

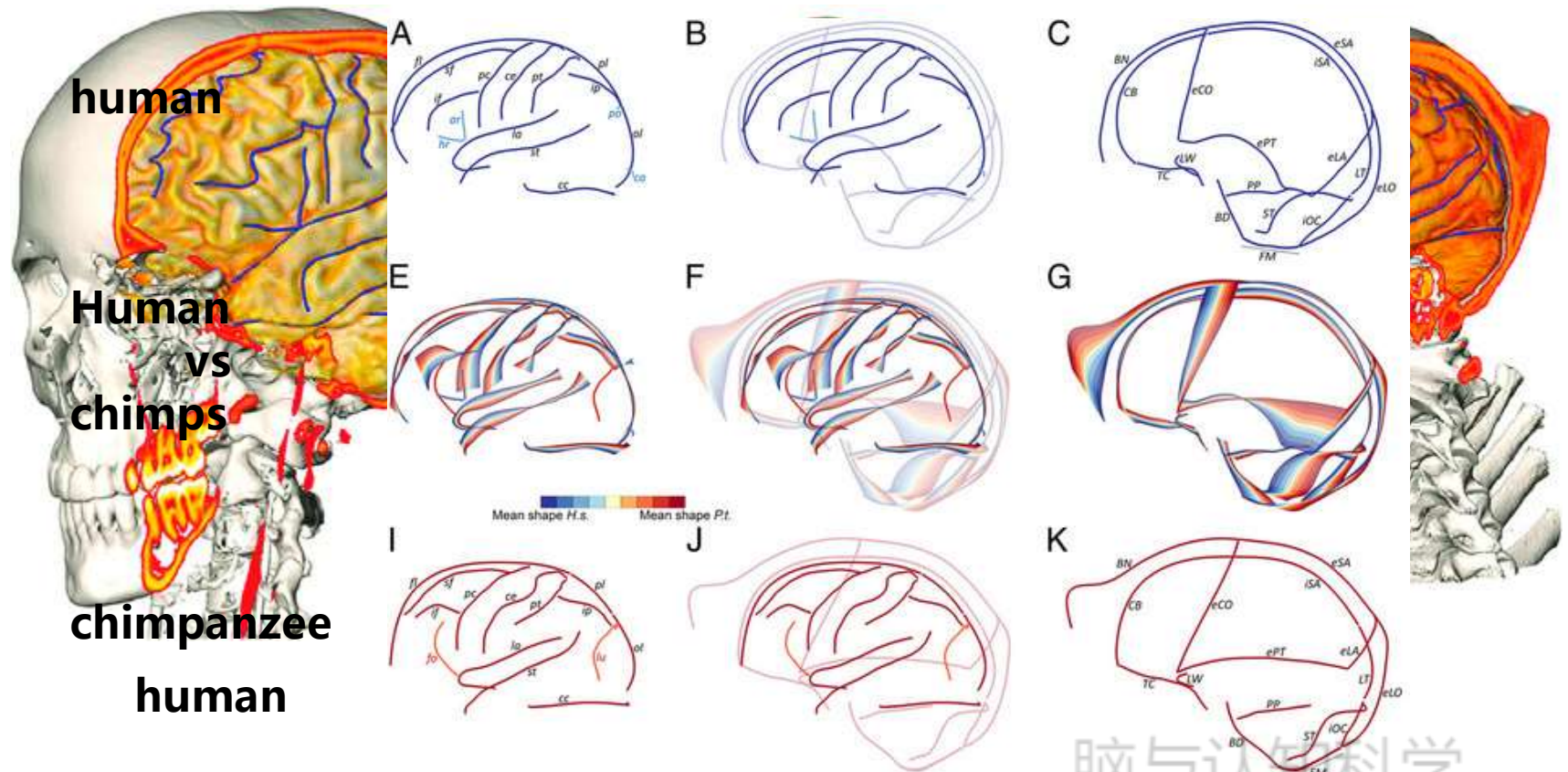


(B) Neocortex versus rest of brain



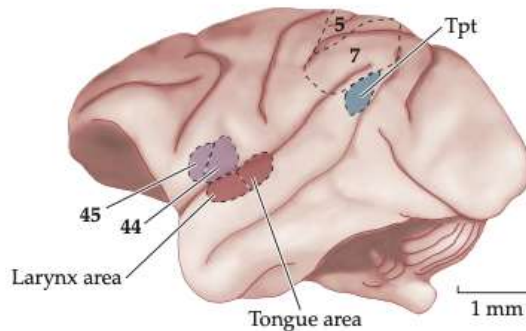
大脑大小与新皮层大小有关

# 人脑 vs 黑猩猩脑



# 人脑 vs 黑猩猩脑及其认知能力发展

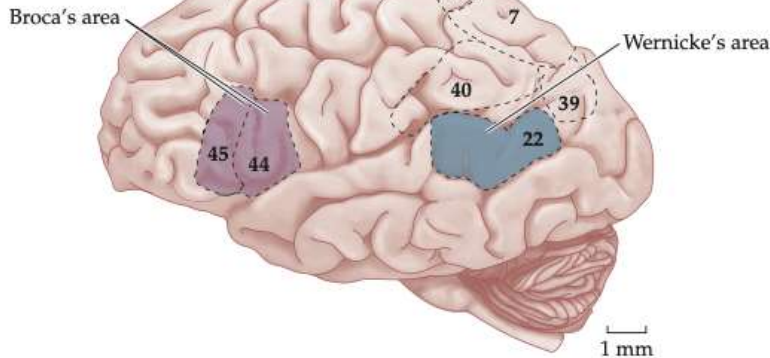
(A) Macaque



- 猕猴的第 44 和 45 区与人类的 Broca's 区域相对应

- 猕猴的颞顶叶交界区 (Tpt) 在人类中显然已被细化为韦尼克区 (Wernicke's area)

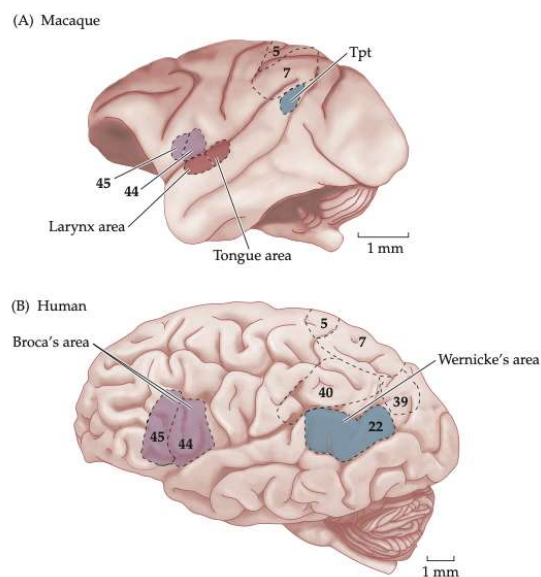
(B) Human



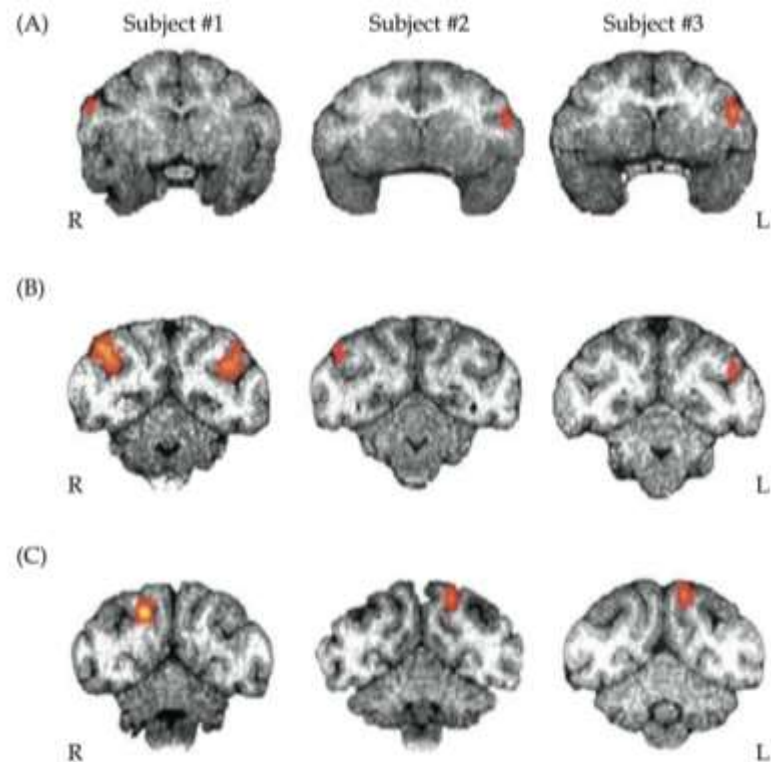
- 人类顶叶的第 39 和 40 区 (缘上回和角回) 在猕猴中没有同源区, 尽管一些研究者认为猕猴的外侧第 7 区与这些区域同源



# 人脑 vs 黑猩猩脑及其认知能力发展



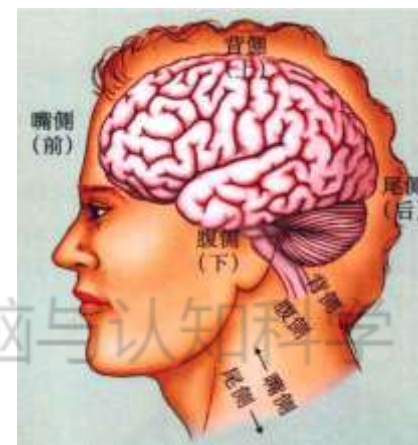
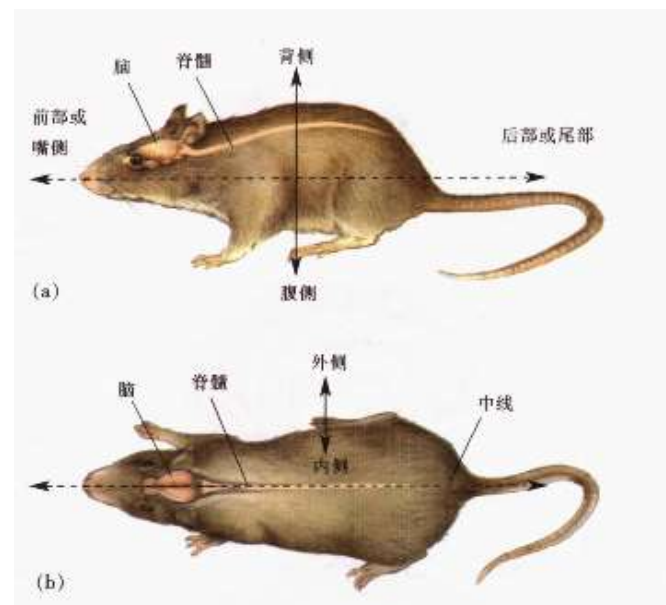
*Like human?*



脑与认知科学

# 脑的解剖参照面：方向术语

- 前侧(anterior)/喙侧(rostral)：指向额极的方向
- 后侧(posterior) /尾侧(caudal)：指向枕极的方向
- 背侧(dorsal)：向上的方向
- 腹侧(ventral)：向下的方向
- 中线 (midline)：沿着神经系统正中的无形的虚线
- 内侧(medial)：靠近中线的一侧
- 外侧(lateral)：远离中线的一侧
- 对侧 (contralateral)：位于中线两侧的结构

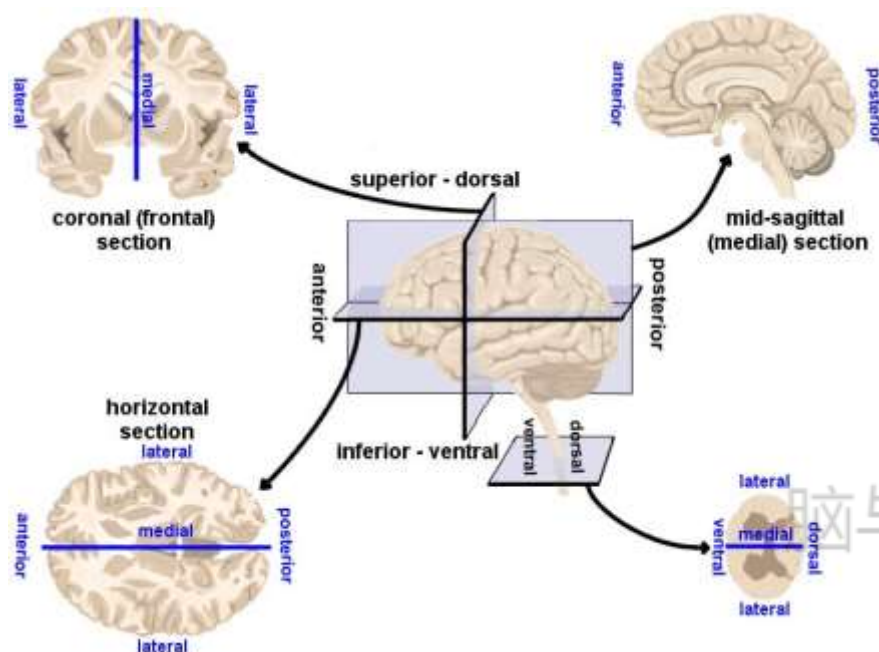


# 脑的解剖参照面：方向术语

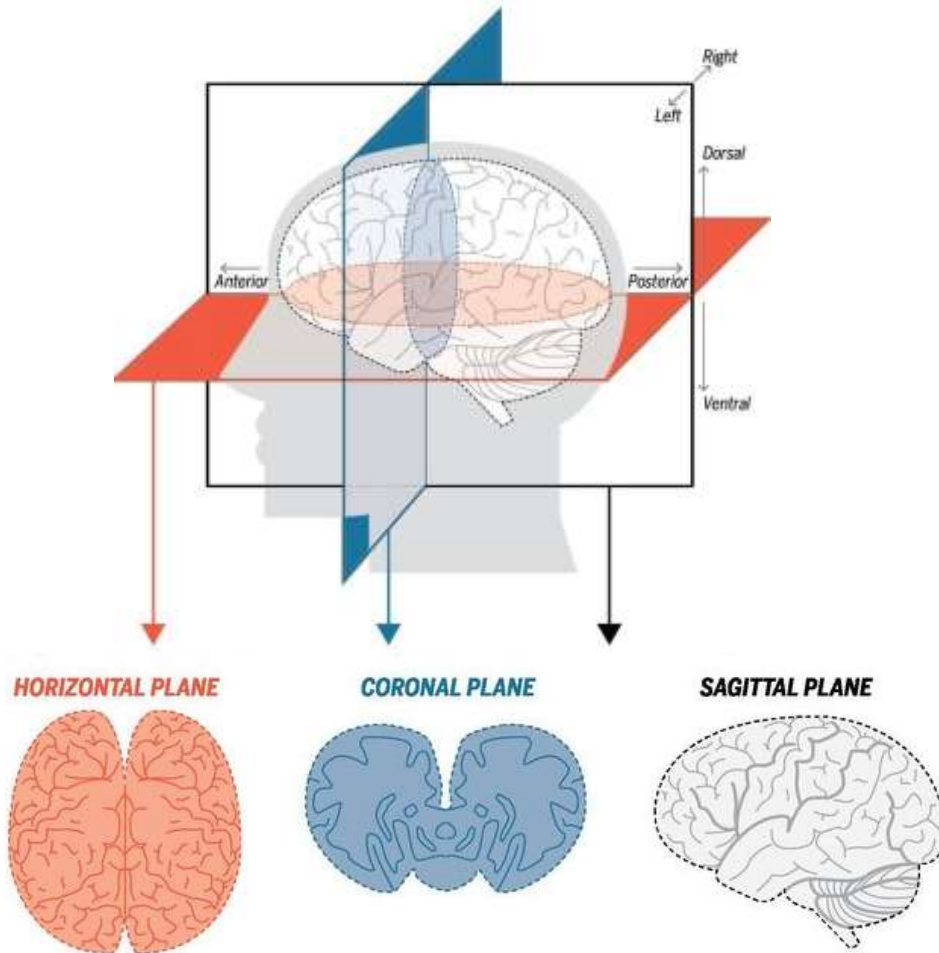
**矢状面**(sagittal plane, SAG): 将大脑分成左右两部分的平面叫做矢状面, 其中分成对称的左右两半的平面叫做正中矢状面(midsagittal plane)。

**水平面**(horizontal plane, HOR): 与地面平行的面叫做水平面。

**冠状面**(coronal plane, COR): 将大脑分成前后部分的平面叫做冠状面。



分别指出下图三个方向



[填空1]

[填空2]

[填空3]

脑与认知科学

作答

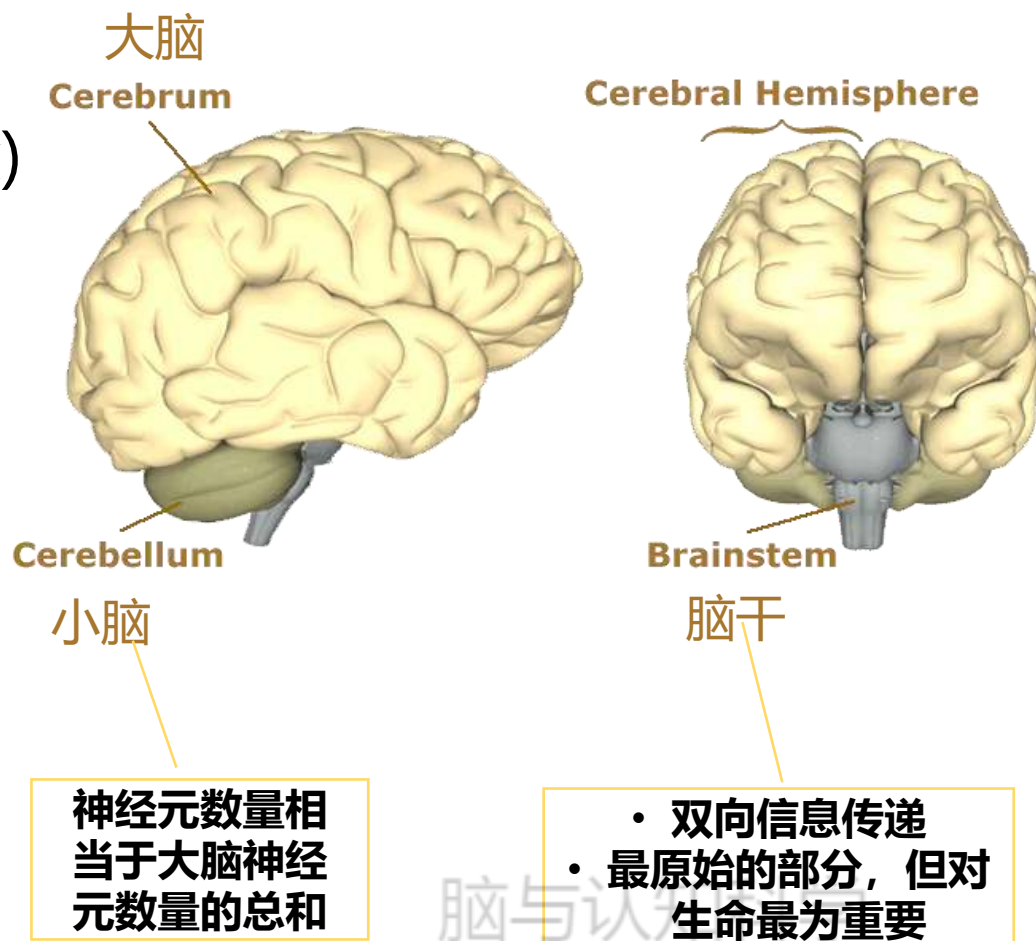
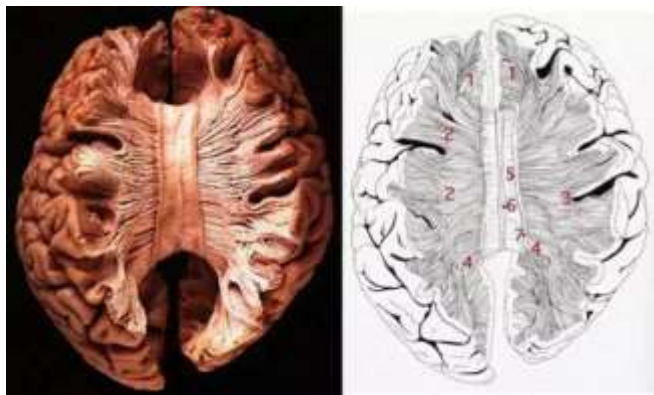


# 大脑的外部解剖结构

## 大脑皮质(cerebral cortex)

表面覆盖的灰质。

- 左右半球

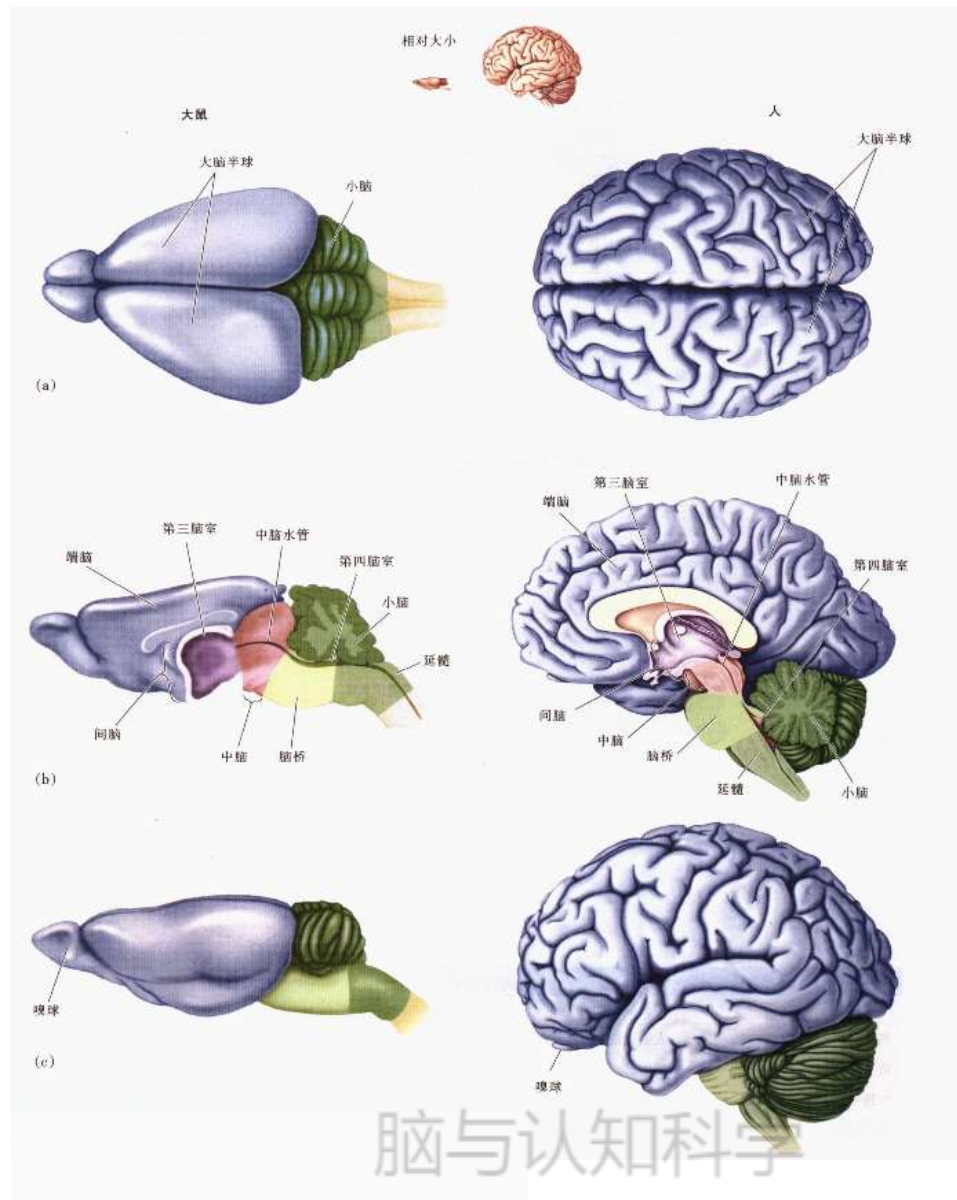


# 大脑的外观结构

## 大脑皮质(cerebral cortex)

表面覆盖的灰质。

- 褶皱(Cortical folding)



# 大脑的褶皱

**脑沟 (sulci) :** 大脑表面的凹槽

**脑回 (gyri) :** 大脑表面的突起

**脑裂 (fissure) :** 较大较深的陷入区域

- 人发育过程中大脑皮层发生巨大的扩展导致
- 皮层表面积增加是人脑的形态变化之一
- 成人大脑皮层面积达 $1100\text{cm}^2$

# 大脑褶皱的作用

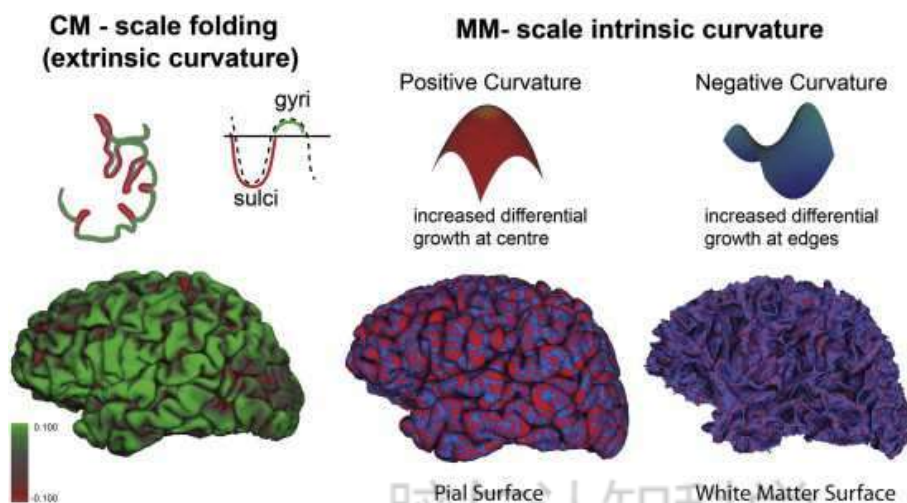
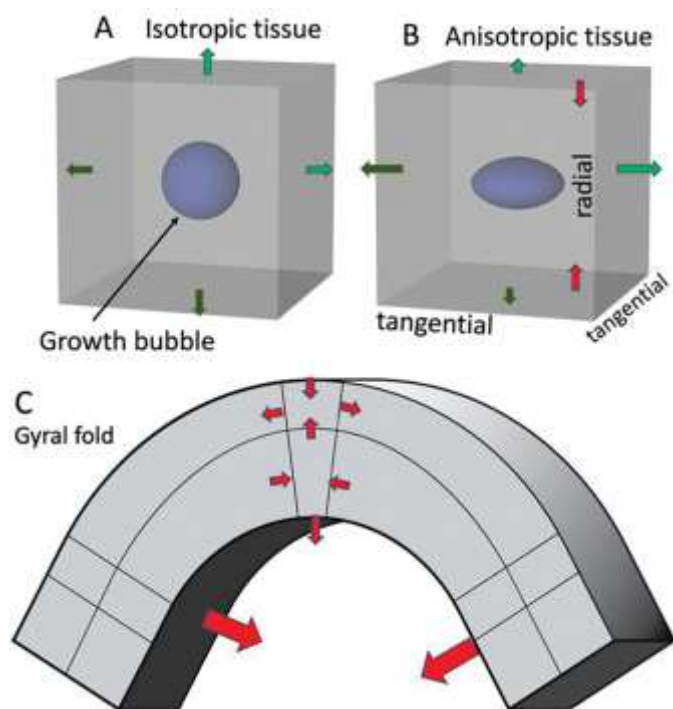
- 单位体积容纳更多的神经元
  - 增加面积皮质的褶皱使得所需空间缩小到展开时的1/3
- 缩短神经元间的距离，提高传导速度





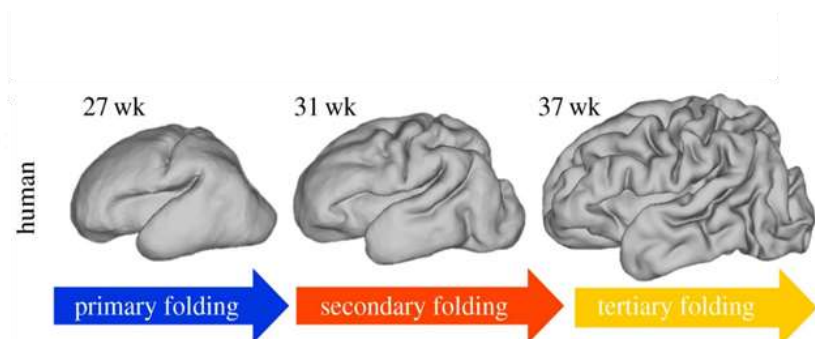
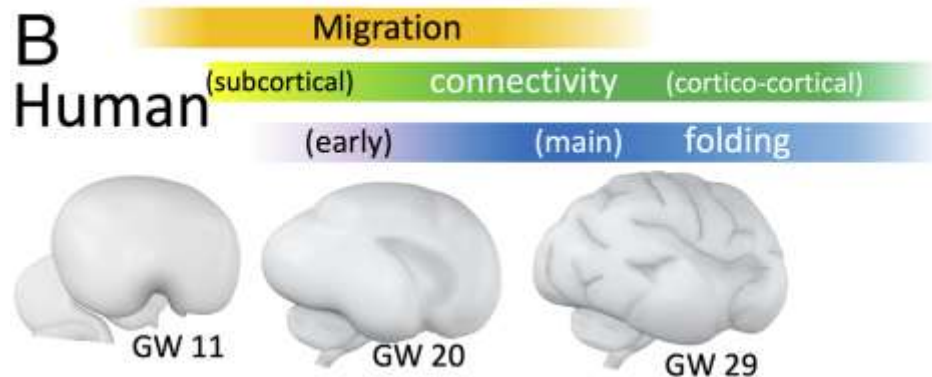
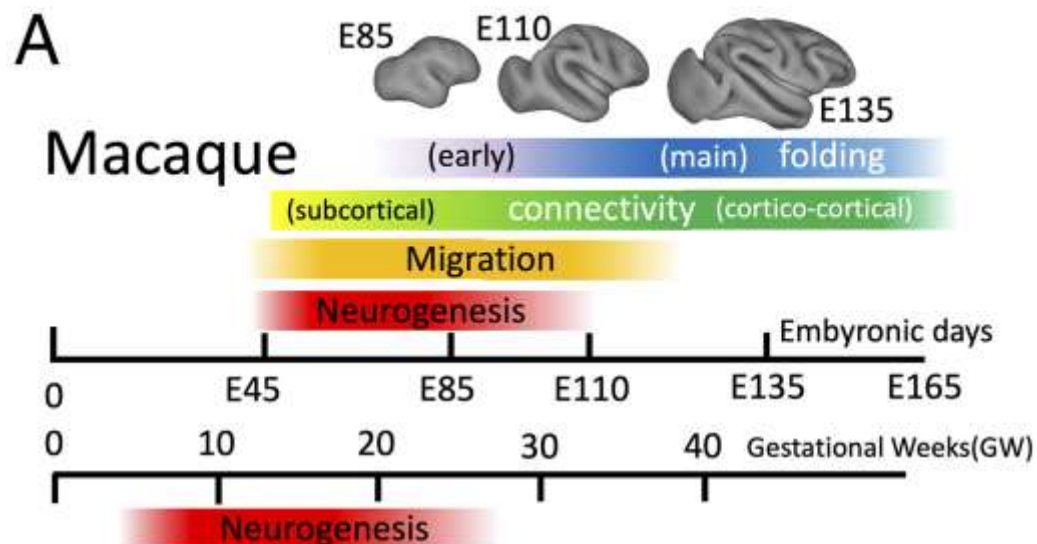
# 大脑褶皱的形成假说

- 轴突的内部张力 (tension) (Van Essen, Nature, 1997)
- 细胞增殖、迁移和相互作用的动态变化(Ronan et al., 2013)



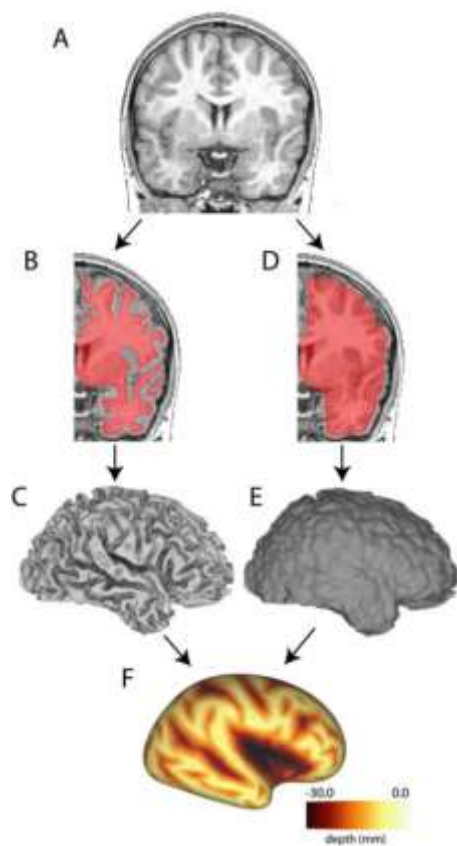
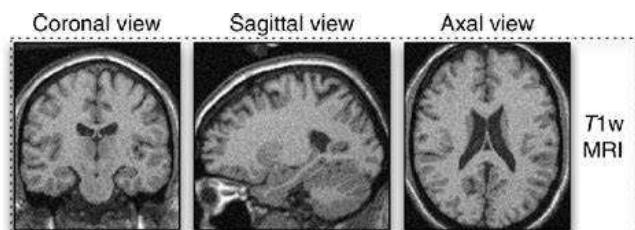
脑与认知科学

# 大脑褶皱的发育与疾病



脑与认知科学

# 大脑褶皱的发育与疾病

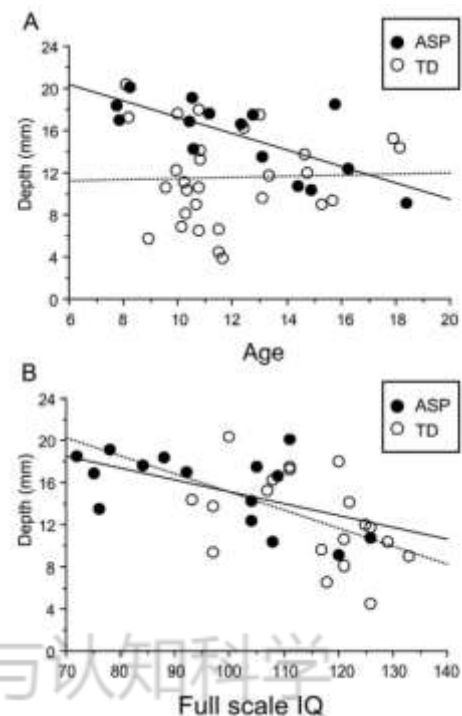
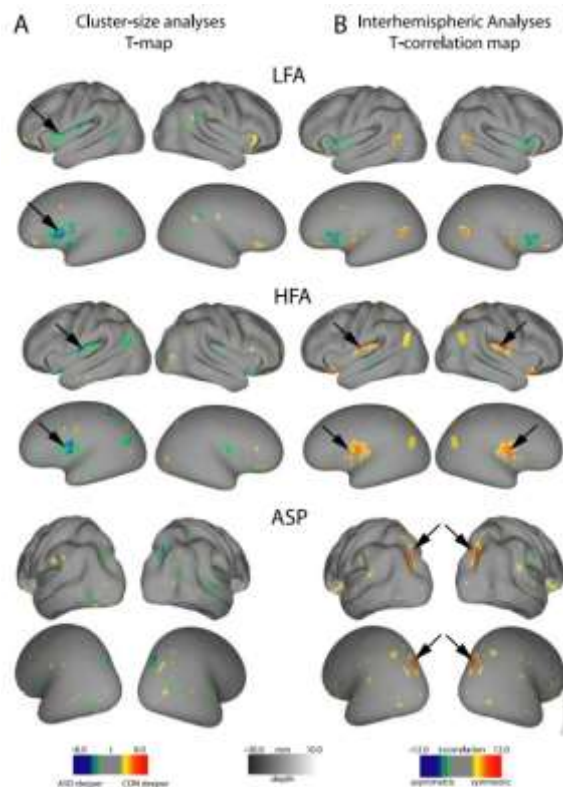


Previous:

Articles, Neurobiology of Disease

## Cortical Folding Abnormalities in Autism Revealed by Surface-Based Morphometry

Christine Wu Nordahl, Donna Cierker, Iman Mostafaei, Cynthia M. Schumann, Susan M. Rivera, David G. Amaral, and David C. Van Essen



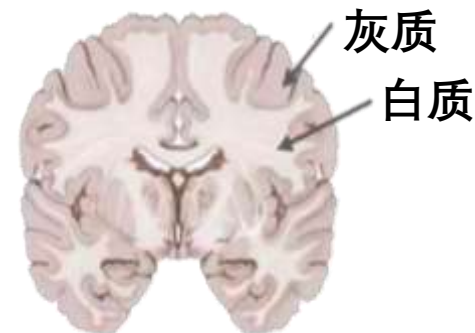
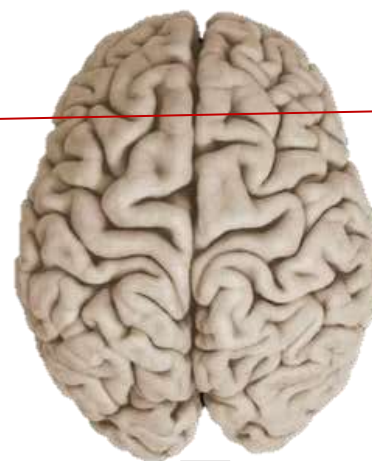
脑与认知科学

# 大脑的组成：灰质与白质

**细胞体（灰质）和轴突束（白质）构成  
的区域**

## **灰质(gray matter)**

- 多层细胞构成
- 平均厚度3mm
- 区域特异性：1.5mm~4.5mm不等
- 神经元/神经胶质细胞的胞体及其树突集聚处
- 位于大脑外围
- 神经中枢，支配作用



脑与认知科学

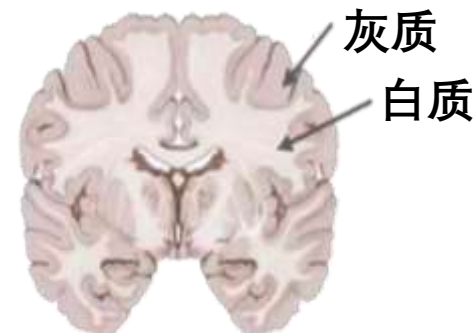
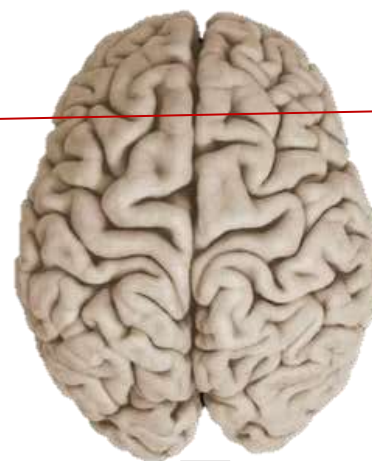


# 大脑的组成：灰质与白质

**细胞体（灰质）和轴突束（白质）构成  
的区域**

## **白质(white matter)**

- 皮质下神经纤维集聚处
- 轴突或长的树突以及套在外面的髓鞘
- 位于大脑内部
- 信号传导



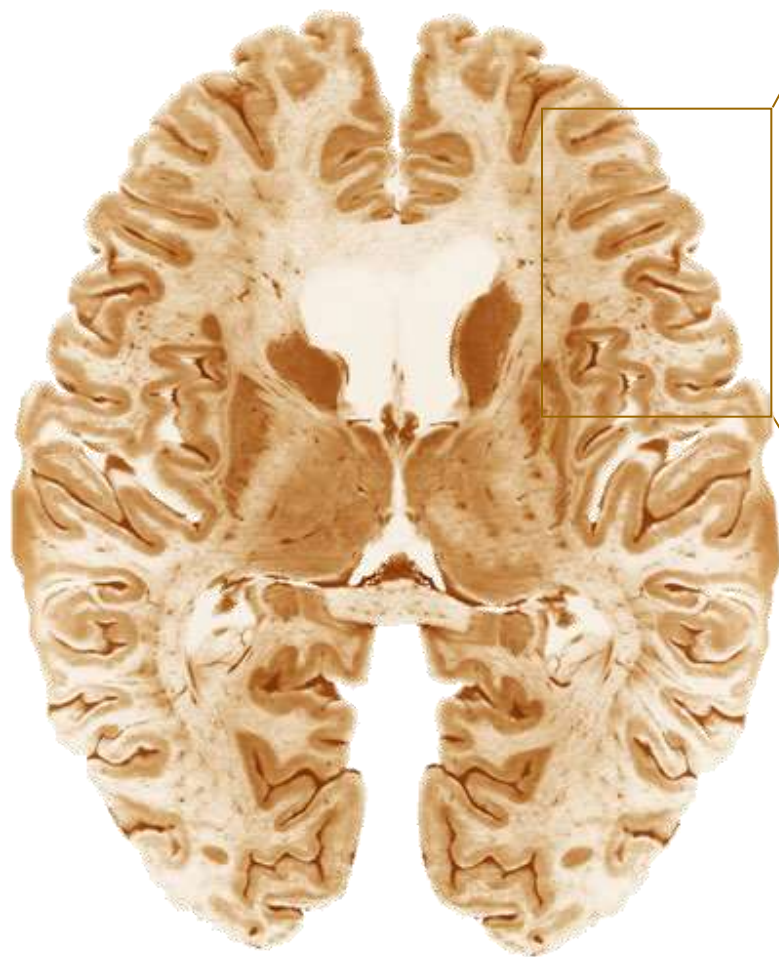
脑与认知科学

# 大脑皮层的类型

大脑皮层神经层是层状排列的，绝大多数与脑的平行。

- **旧皮质**：最古老的部分，包括扣带回、海马旁回等边缘系统
- **古皮质**：发育较早的部分，主要包括海马
  - 古皮质与旧皮质与嗅觉和内脏活动有关
  - 3层结构
- **新皮质(neocortex)**：最发达的部分，占大脑皮质的90%以上，负责高级认知功能
  - 6层结构

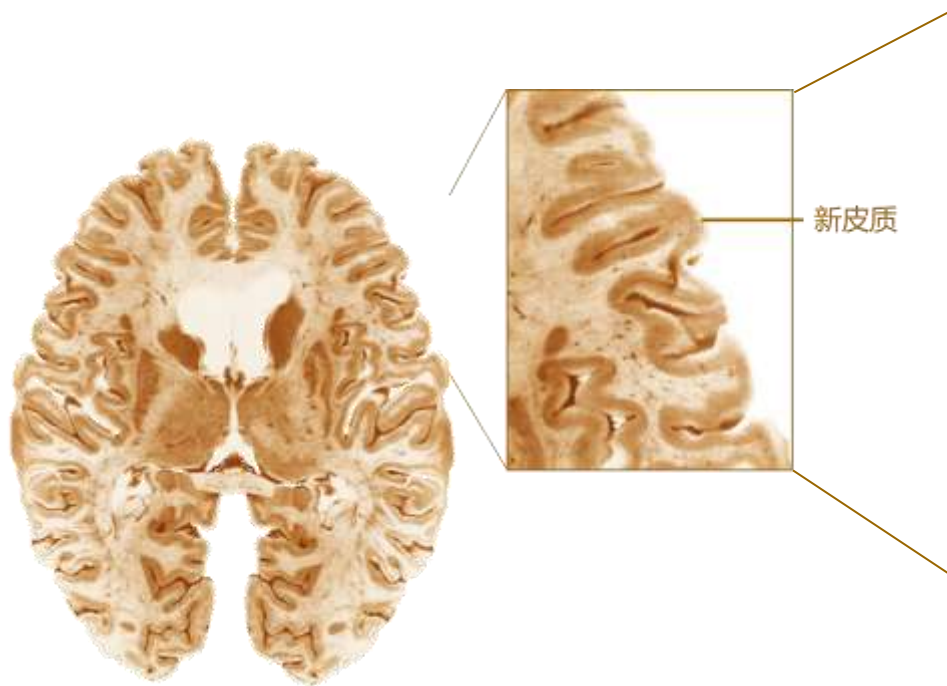
# 新皮质



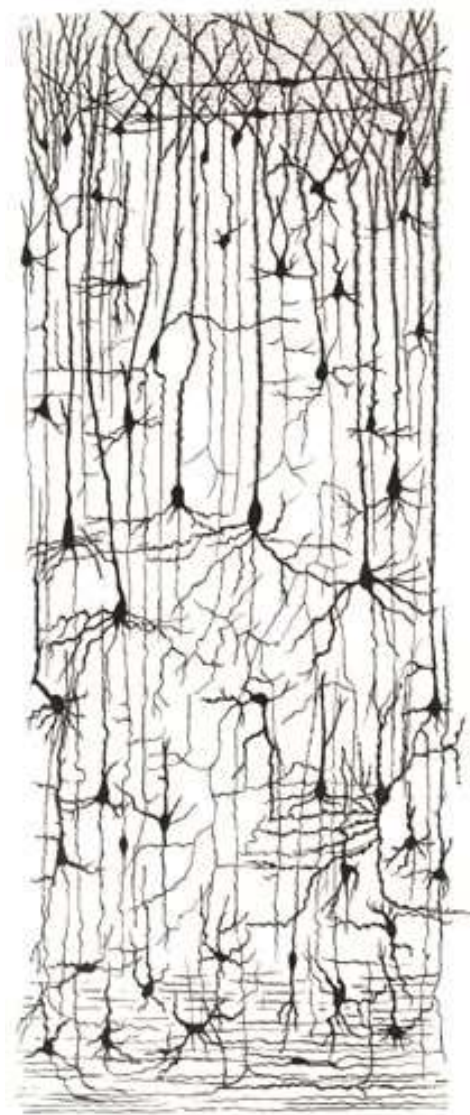
新皮质

- 大脑的表面--新皮质--迂回成数百个褶皱
- 新皮质是大脑所有高级功能的所在
- 仅存在于哺乳动物

# 新皮质



- 大脑皮层是一层薄薄的细胞层，厚度约为 1.5 至 4 毫米。



脑与认知科学

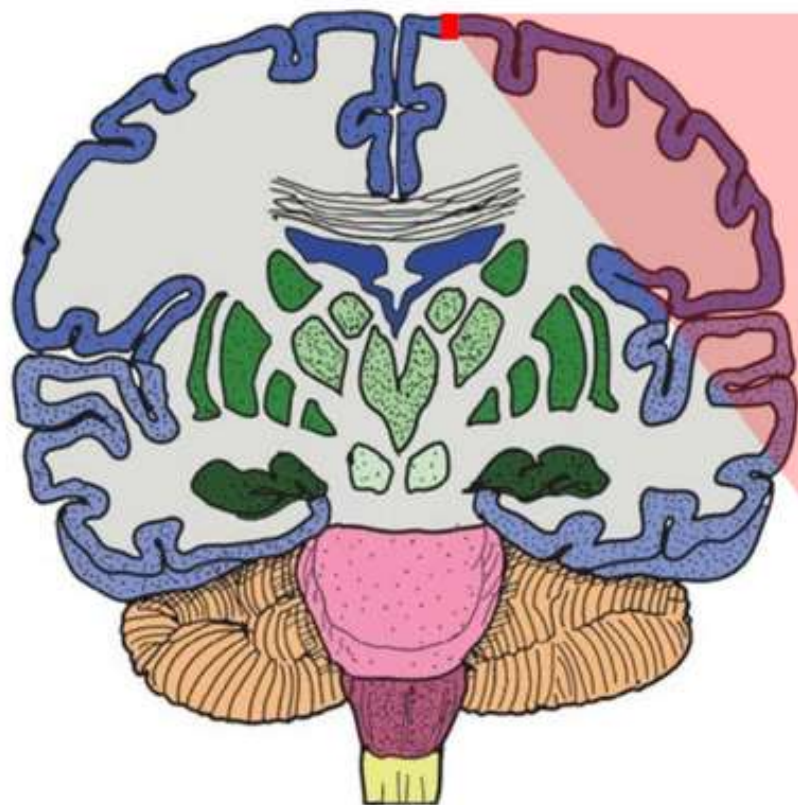
# 大脑皮层的类型

新皮质的6层结构，从浅到深为：

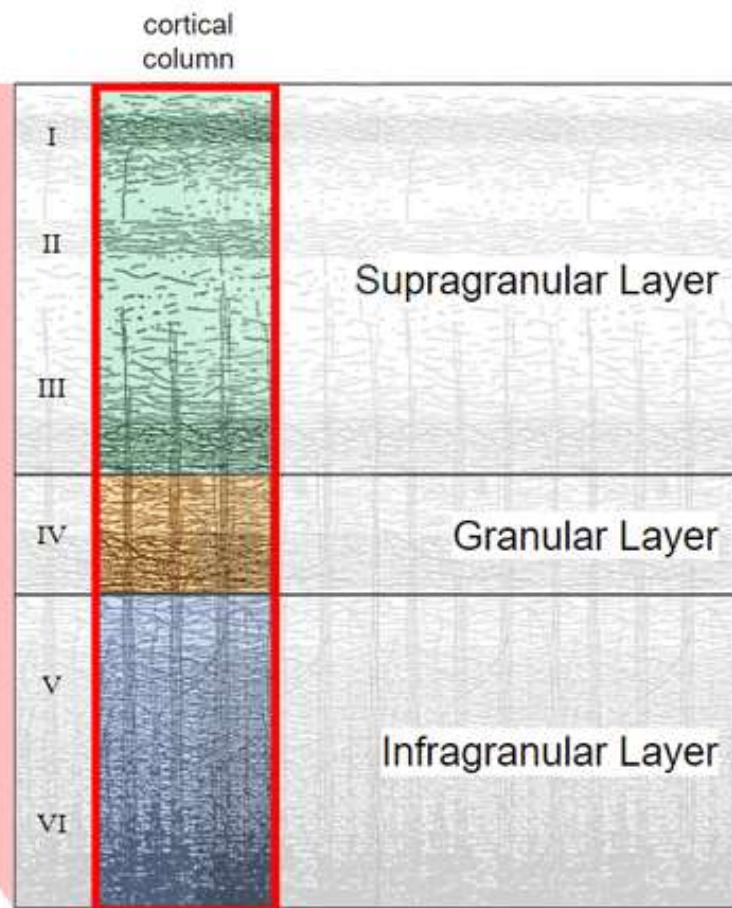
- **粒上层（I~III层）, Supragranular Layer**
  - 发展最晚，在人脑最发达，接受和发出联络性纤维，实现**皮层内联系**
- **内粒层（IV层）, Granular Layer**
  - 感觉信息的主要**接收层**，尤其是接收来自**丘脑**的感觉输入
- **粒下层（V、VI层）, Infragranular Layer**
  - 借**传出**的投射纤维联系皮质下结构，控制躯体和内脏运动功能



# 大脑皮层的类型



Coronal Section of the Brain

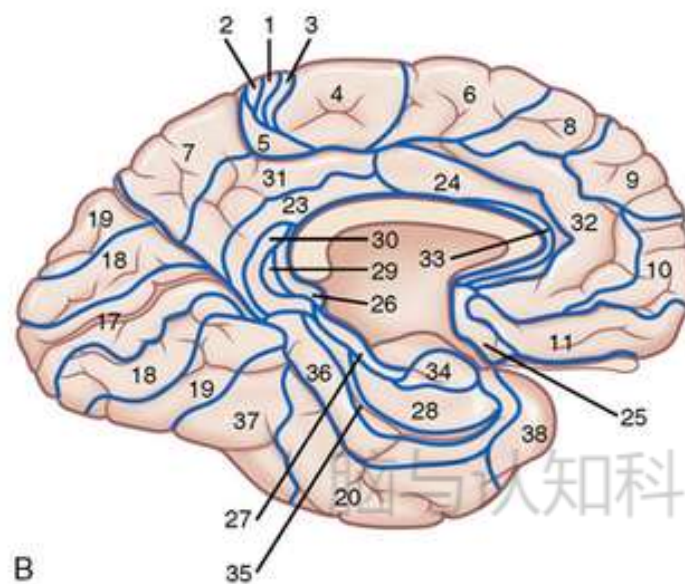
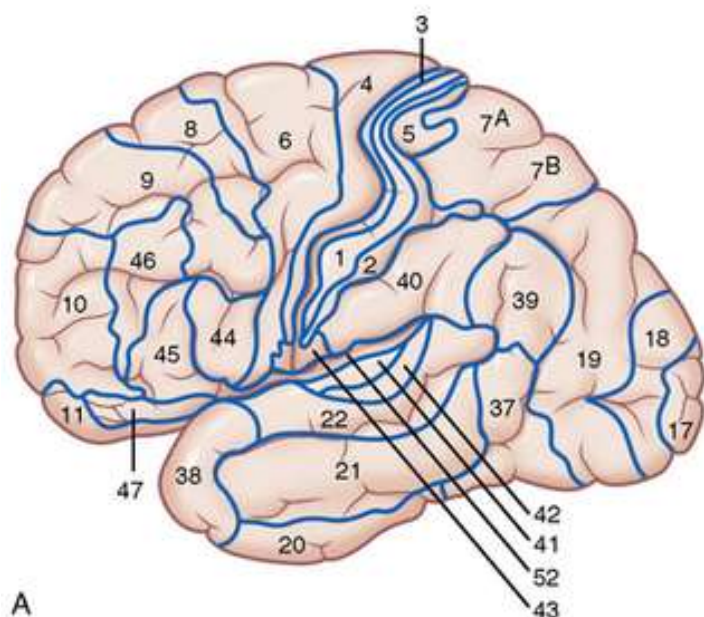


脑与认知科学

# 新皮层的分区

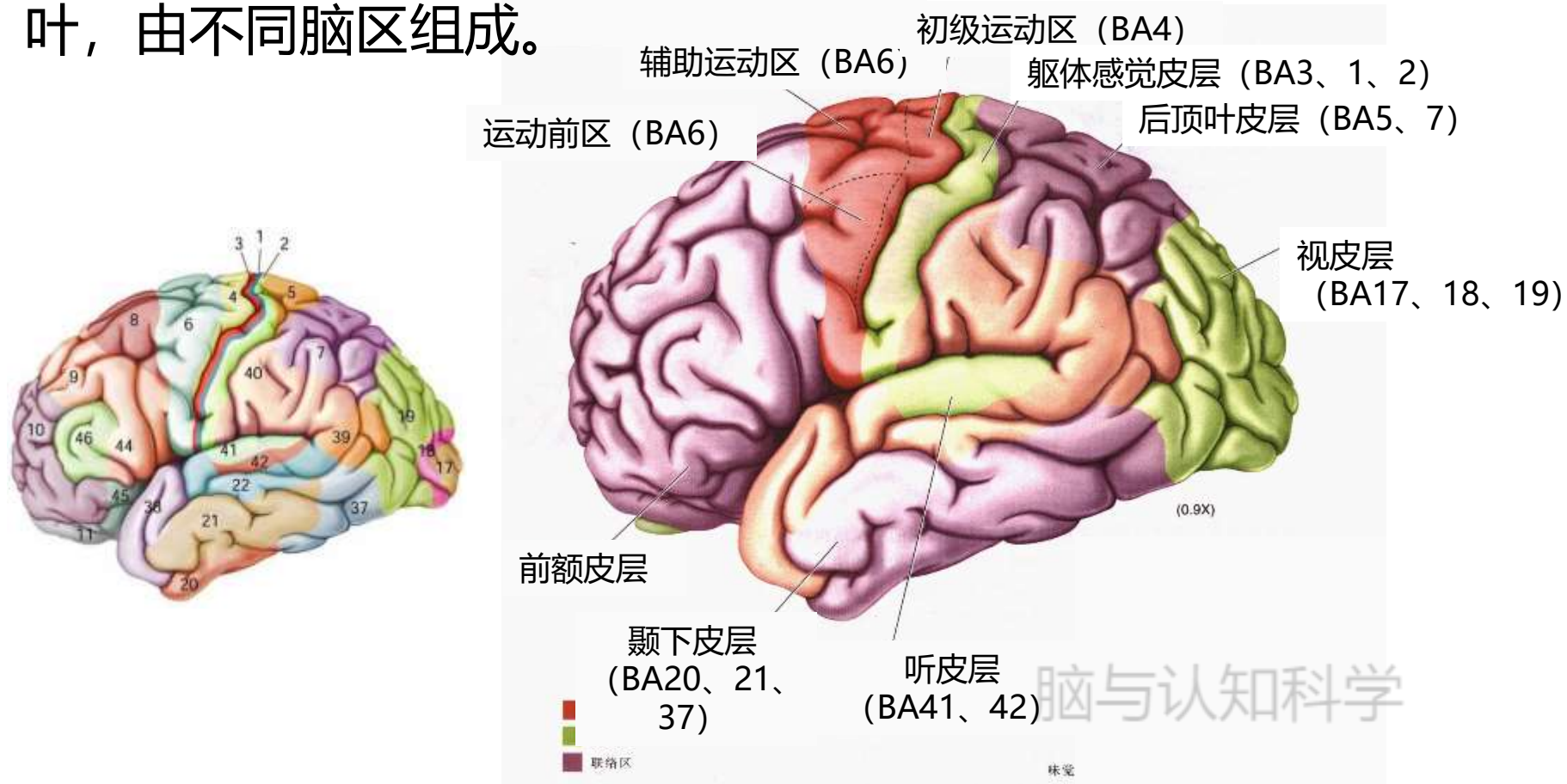
不同脑区的皮质，各层的厚薄、纤维的疏密及细胞成分都不同。依据皮质各部分细胞构筑，分为了若干区：

- Brodmann（布罗德曼分区）



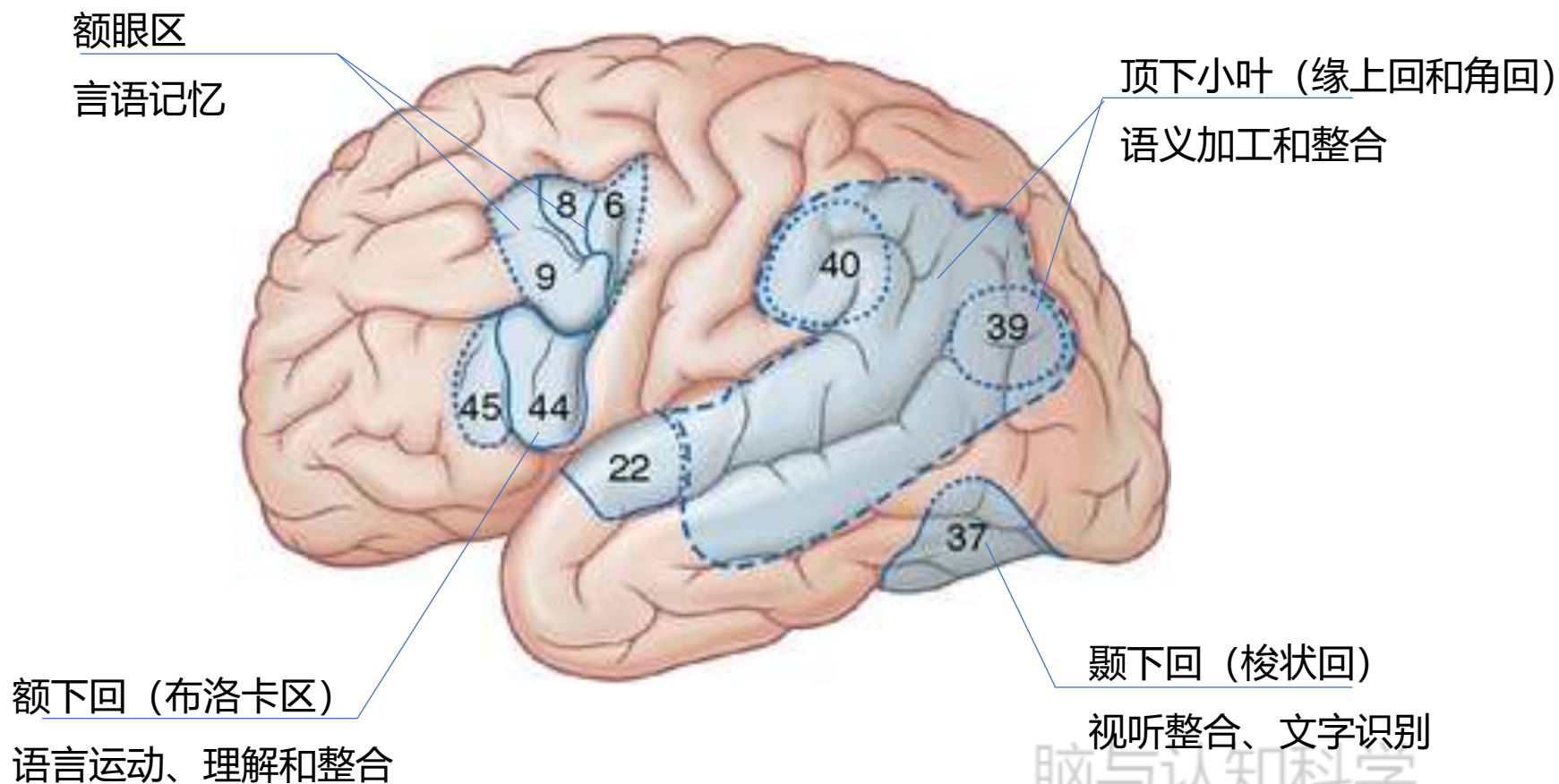
# 布罗德曼坐标与功能定位

大脑皮质的各叶在认知加工过程中发挥着多方面的作用，主要的功能系统定位在某个脑叶中，但也有功能系统跨脑叶，由不同脑区组成。





# 布罗德曼坐标与语言功能



# 大脑的解剖结构

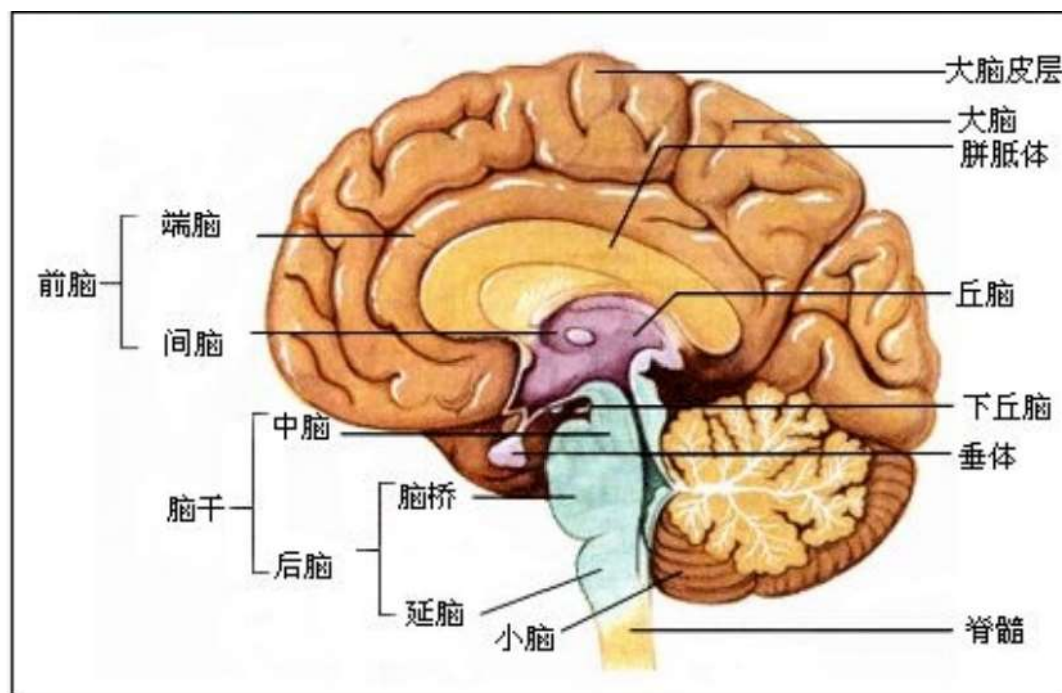
## 前脑

- 端脑（大脑）
- 间脑：
  - 边缘系统
  - 丘脑
  - 下丘脑

## 脑干

- 中脑
- 后脑
  - 脑桥
  - 延髓（延脑）

## 小脑

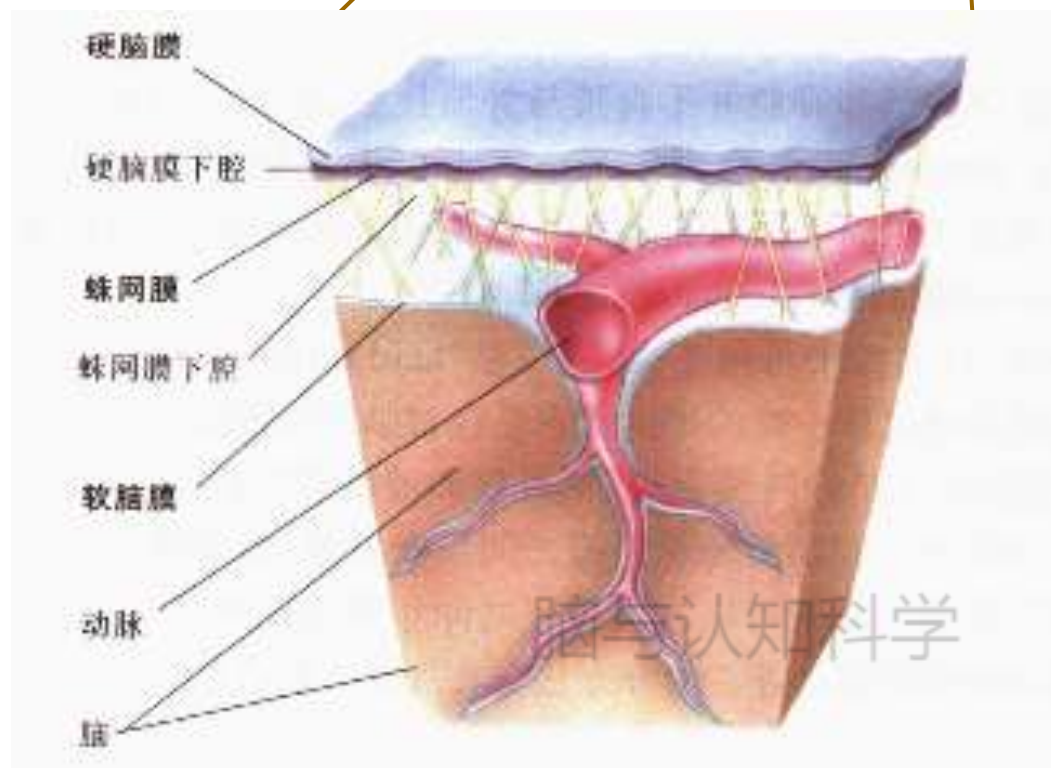
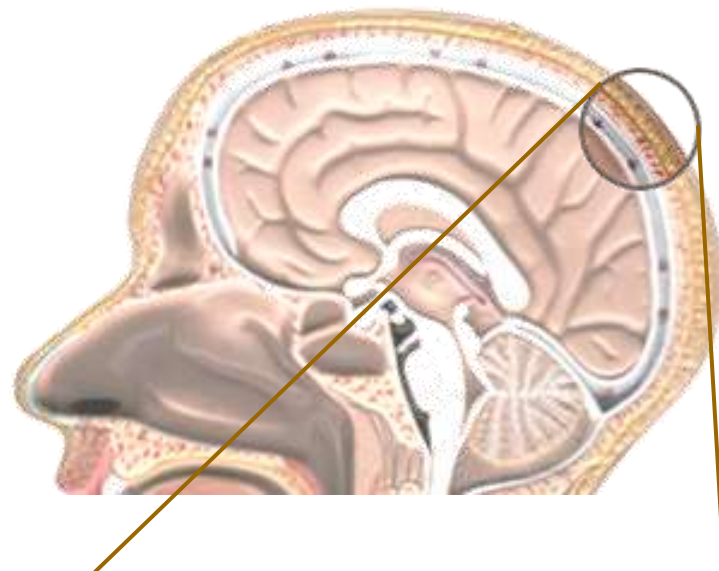




# 脑脊膜

**脑膜 (meninges)** 是分隔颅骨和大脑的组织层，受到三层膜的保护：

- 硬脑膜
- 蛛网膜
- 软脑膜



# 大脑皮层分区-按沟回分

## 脑回 (gyrus, 复数gyri)

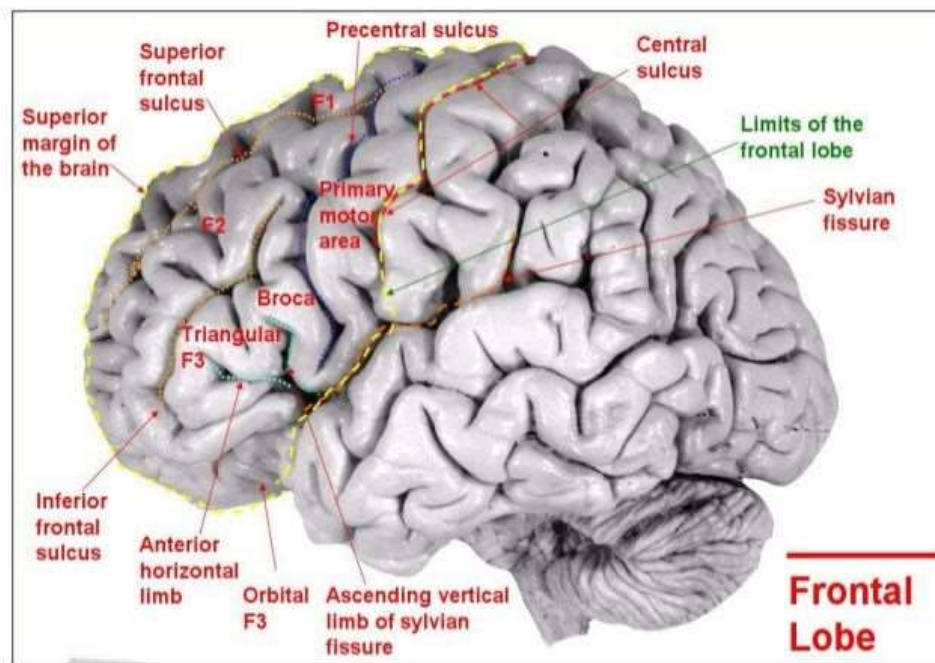
- 脑表面突出而曲折的部分

## 脑沟 (Sulci, 复数sulcus)

- 较小的陷入的褶皱区域

## 脑裂 (fissure)

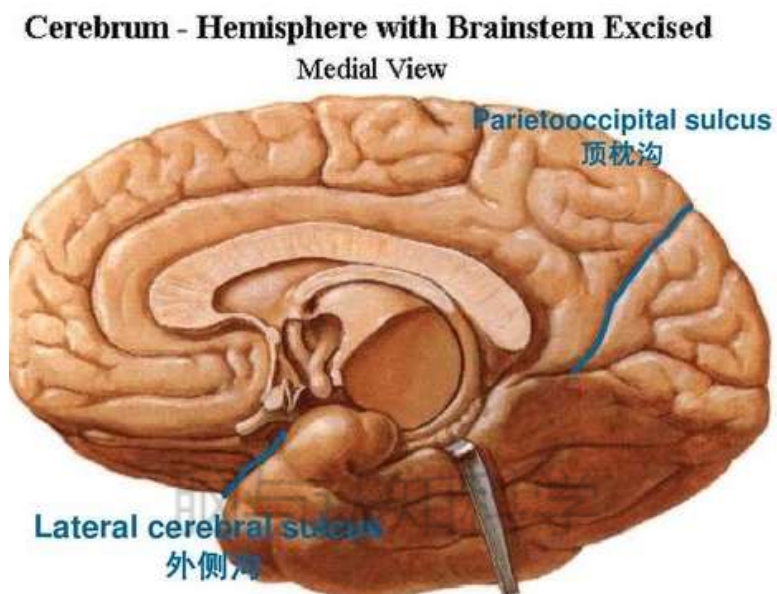
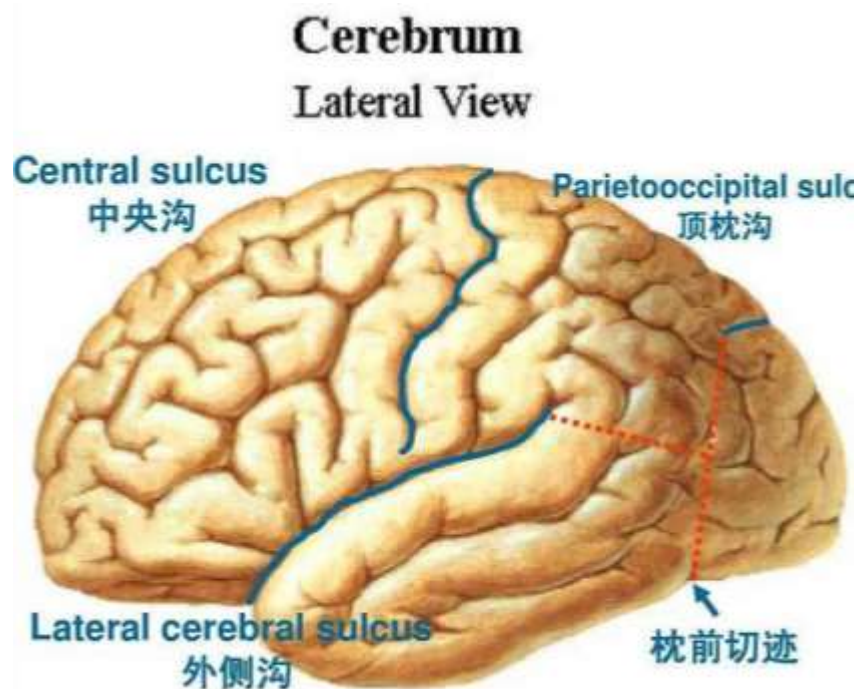
- 较大较深的陷入区域



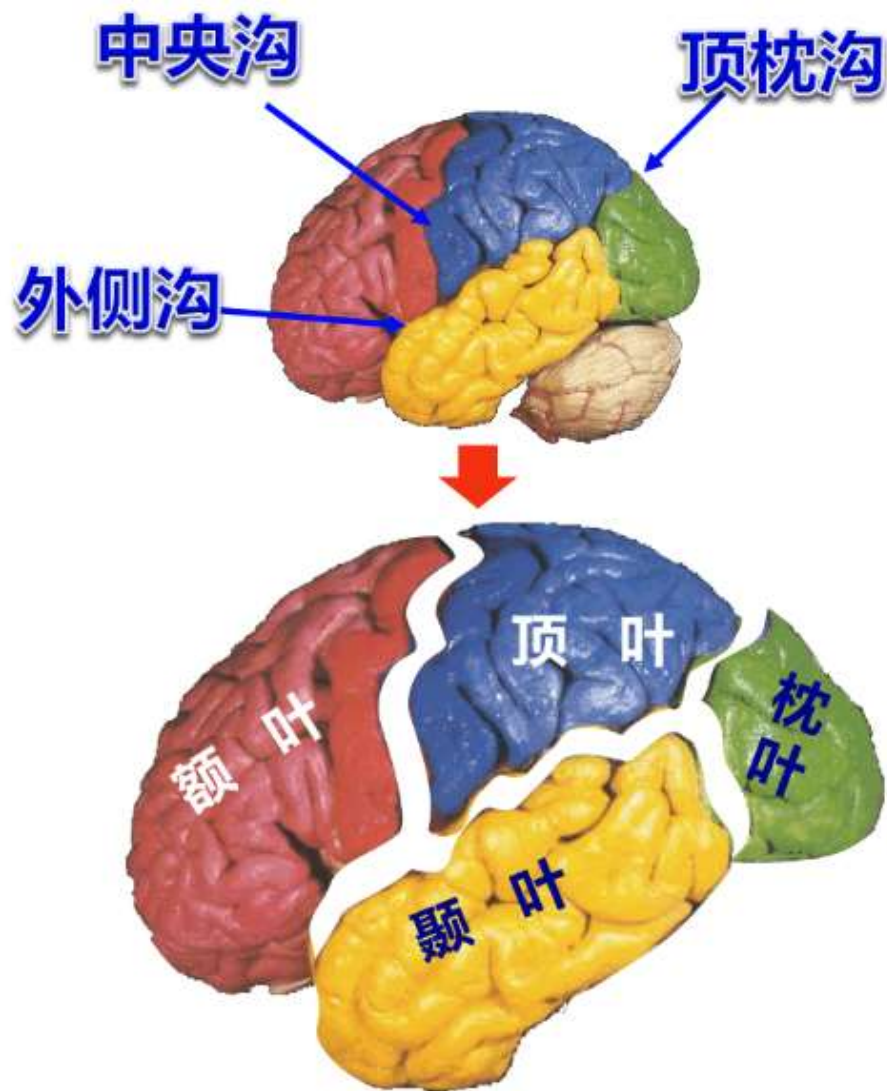
脑沟和脑裂是划分脑回和大脑分叶的重要依据

# 大脑皮层分区-按沟回分

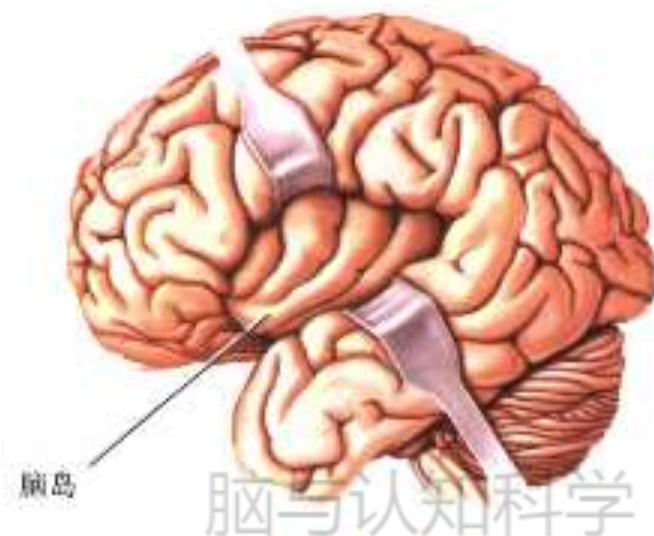
- 中央沟(Central Sulcus)、外侧沟(Sylvian Fissure)、顶枕沟(Parieto-occipital Sulcus)



# 大脑皮层分区-按沟回分

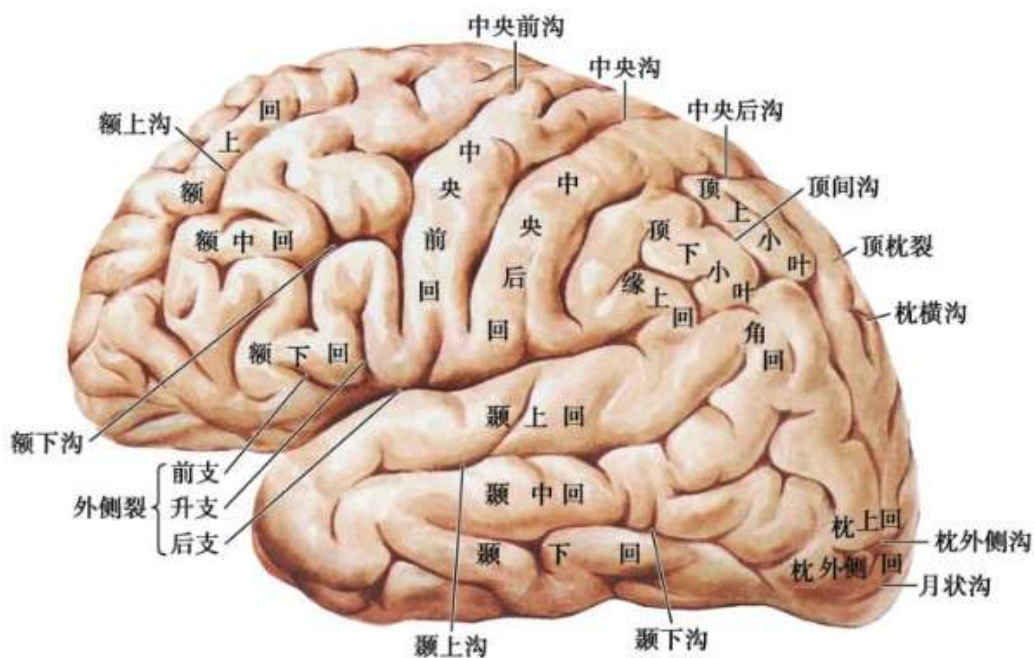


“三沟四叶”





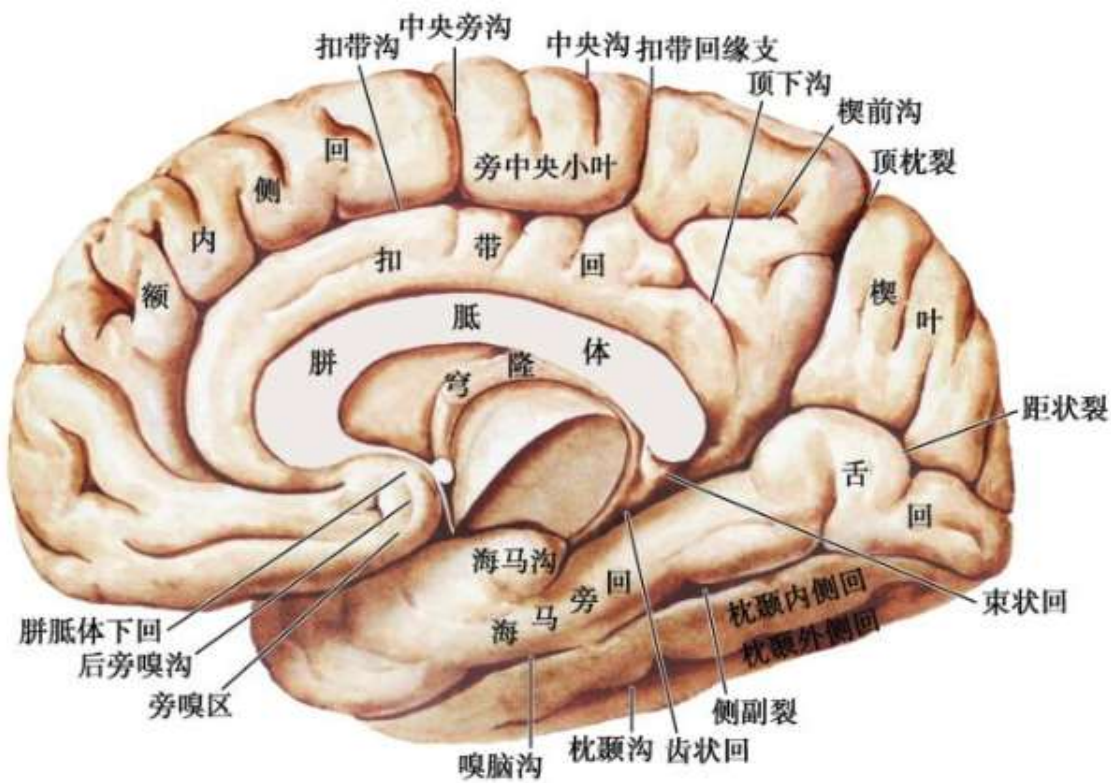
# 大脑背外侧的主要沟回



- 中央前沟→中央前回
- 中央后沟→中央后回
- 额上沟、额下沟→额上回、额下回、额中回
- 颞上沟、颞下沟→颞上回、颞下回、颞中回
- 顶内沟→顶上小叶，顶下小叶
- 缘上回、角回



# 大脑内侧面的主要沟回

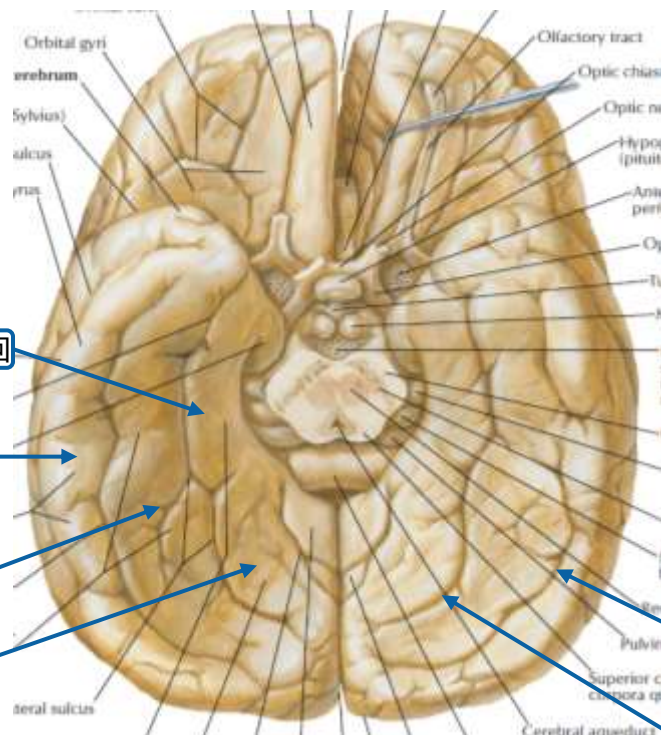


- 距状裂/沟
- 扣带沟/回
- 侧副裂

# 大脑底部的主要沟回

两沟三回 (内→外)

- 沟：侧副沟、枕颞沟
- 回：枕颞内侧回、梭状回 (枕颞外侧回)、颞下回



枕颞内侧回

沟 & 海马旁回

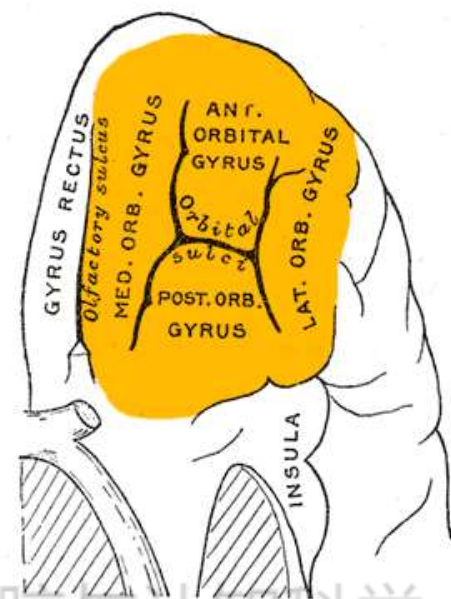
颞下回

梭状回/  
枕颞外侧回

舌回

枕颞沟

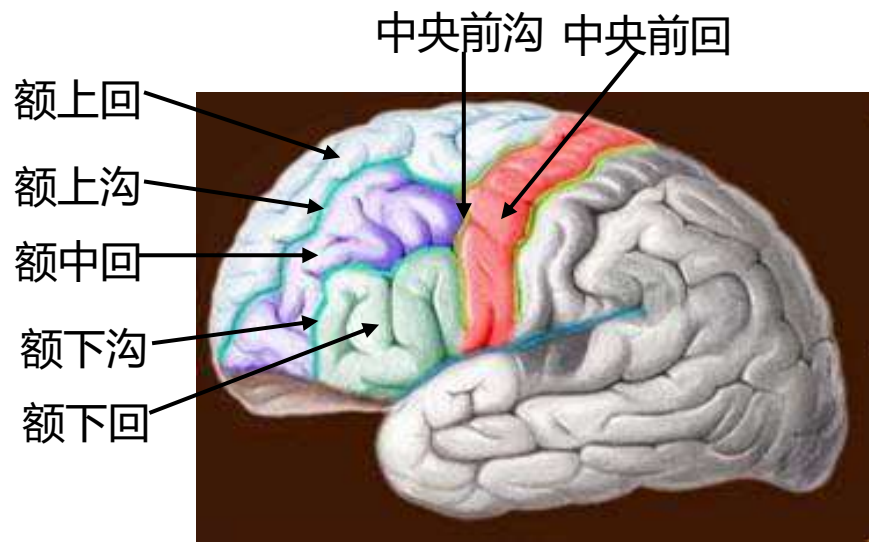
侧副沟



脑与认知科学

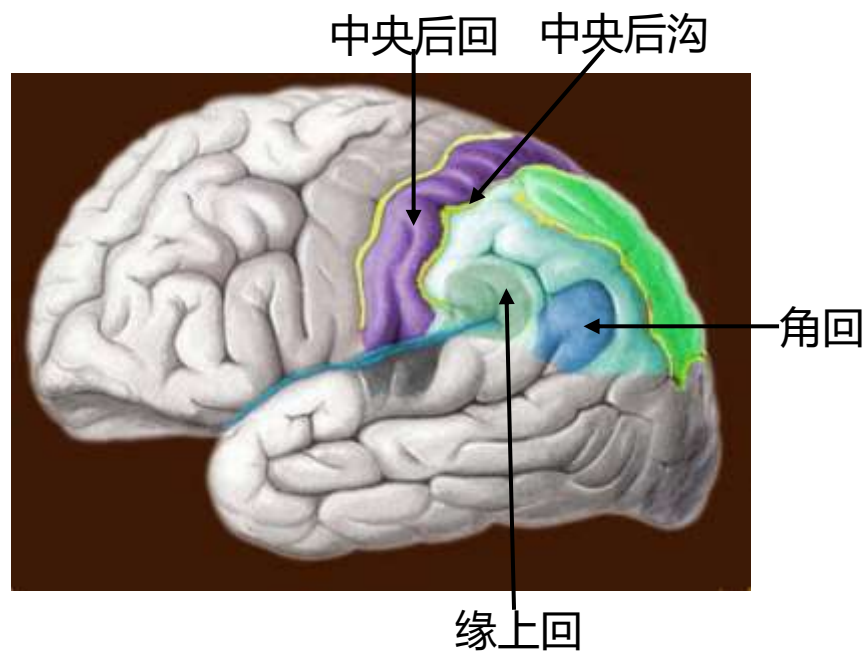
# 额叶

- 中央前沟、中央前回
- 额上沟、额下沟
- 额上回、额中回、额下回



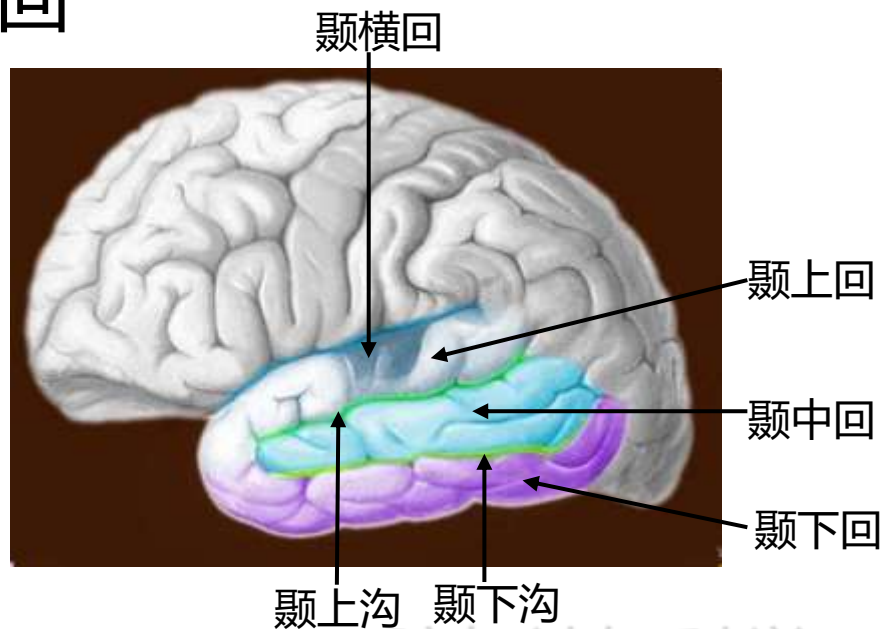
# 顶叶

- 中央后沟
- 中央后回
- 缘上回、角回



# 颞叶

- 颞上沟、颞下沟
- 颞上回、颞中回、颞下回
- 颞横回



脑与认知科学

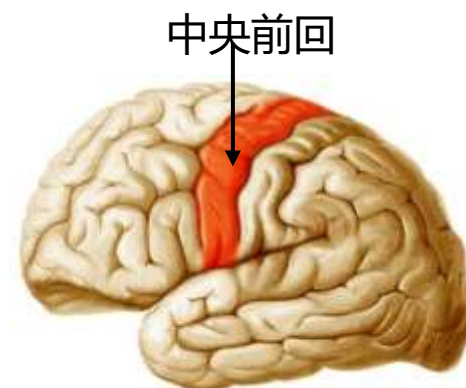
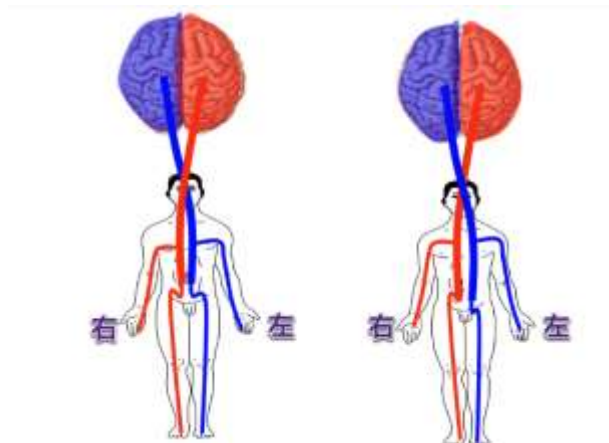


# 大脑皮质功能区

躯体运动中枢：

位置：中央前回和中央旁小叶的前部

功能：管理对侧半身骨骼肌的随意运动



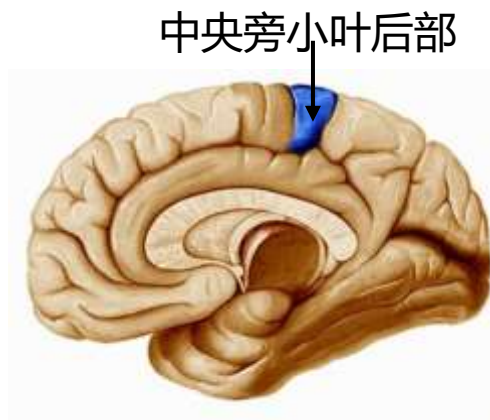
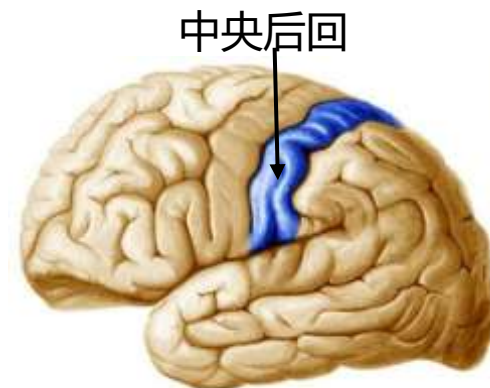
脑与认知科学

# 大脑皮质功能区

躯体感觉中枢：

位置：中央后回和中央旁小叶后部

功能：接受对侧半身传来的感觉冲动

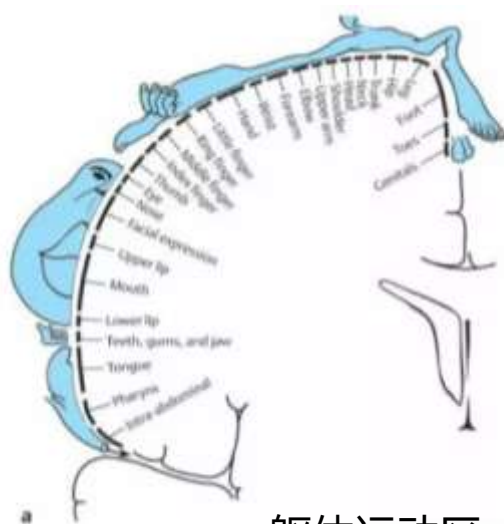


脑与认知科学

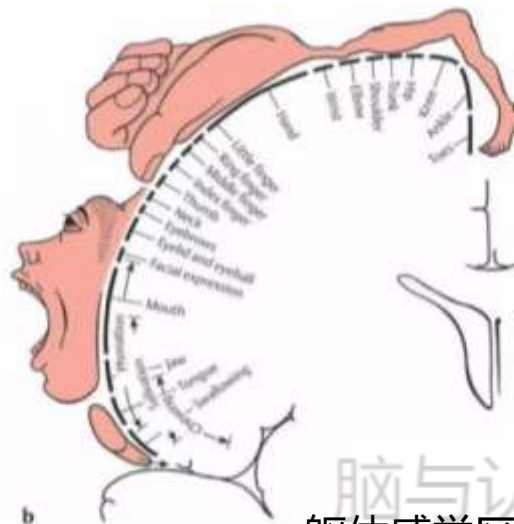
# 大脑皮质功能区：皮层的拓扑地形图

**皮层的拓扑地形图(侏儒图)：**对于躯体的感觉和运动加工，身体各部位与大脑皮层区域之间存在空间拓扑关系。

特点：上下颠倒，头部正；左右交叉；身体个部位在脑皮质运动区的投影面积与该部位大小没有关系，而是与该部位的运动复杂程度有关



躯体运动区

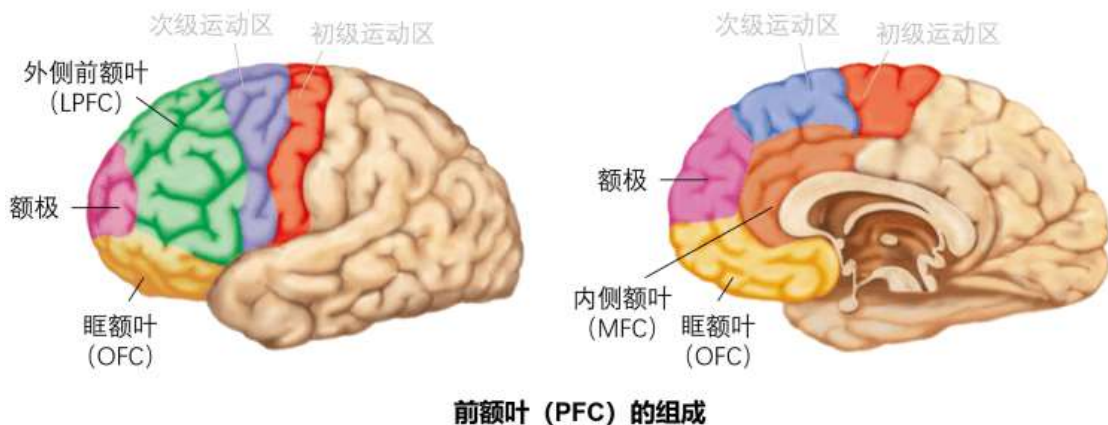


躯体感觉区

# 额叶

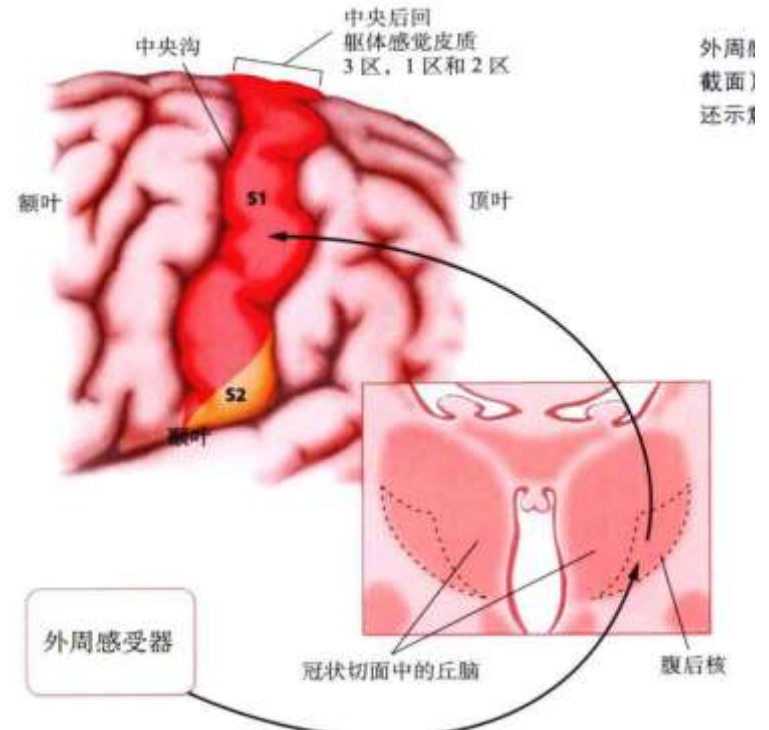
## 功能划分:

- 运动皮质（运动）
  - ✓ 初级运动皮质
    - ✓ 包括中央沟的前部和中央前回的大部分（Brodmann 4和6区）
  - ✓ 次级运动区
    - ✓ 运动前区、辅助运动区、Broca区
- 前额叶皮质（计划、执行）
  - ✓ 包括背外侧前额叶、眶额皮层以及扣带前回和内侧额叶



# 顶叶：躯体感觉区

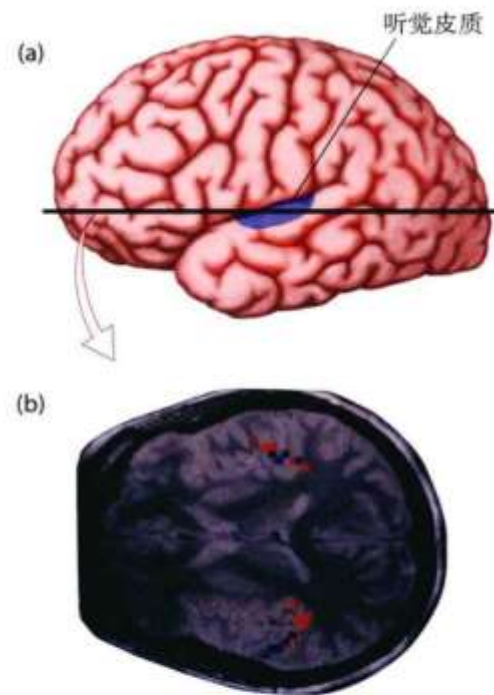
- 位于中央沟的后部  
(Brodmann 1,2,3区)
- 接受来自丘脑的输入，包括  
触觉、痛觉、温度感觉以及  
本体感觉





# 颞叶：听觉加工区

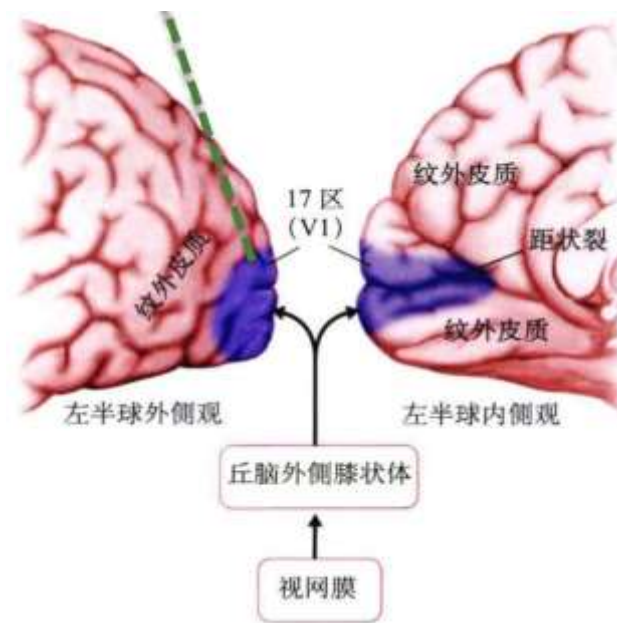
- 听觉皮质：颞叶上部
- 来自耳蜗的听觉信号→丘脑的内侧膝状体→上颞叶的听觉皮质(初级听觉皮质和听觉联合区域), 经信息加工后形成对声音的感觉



(a) 位于上颞叶的初级听觉皮质。初级听觉皮质以及周围的听觉联合区包含对听觉刺激的特征，呈现为音质定位。(b) 这张磁共振成像水平切面图所呈现的是接收到许多不同频率声音刺激的上颞叶区域，图中显示出神经激活的结果：血流量增加。

# 枕叶：视觉加工区

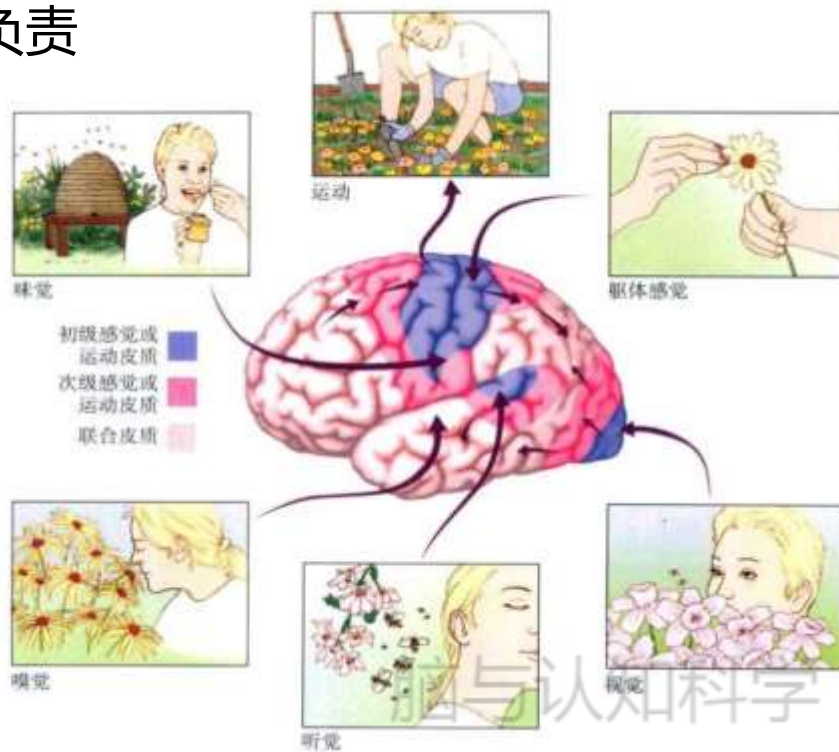
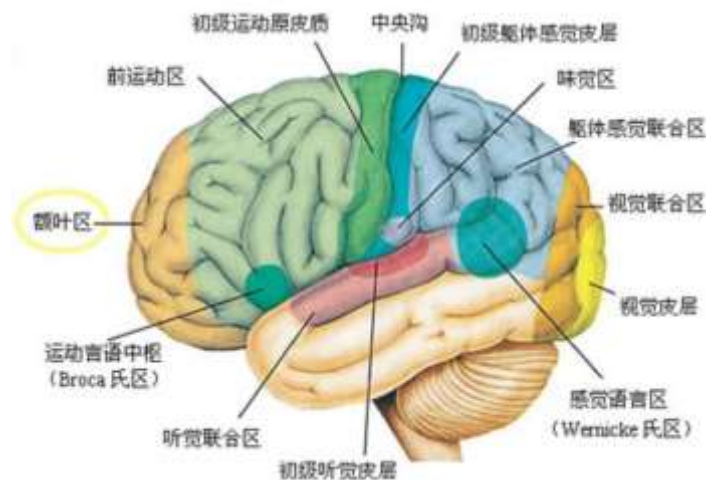
- 初级视觉皮质(也称纹状皮质、V1区或BA17)，位于大脑半球的**内侧面**，仅有少部分延伸至大脑后部半球
- 皮质内6层细胞负责对颜色、亮度、空间频率、朝向及运动等信息进行编码和加工
- 视神经->丘脑外侧膝状体->初级视觉皮质-> 初级视觉皮质将视觉信息传递给枕叶中的高级视觉皮质(纹外皮质)进一步处理



# 联合皮层

新皮质中不能被划为感觉或运动的部分

- 接受来自许多皮质区域的输入
- 更高级的心理加工由联合皮质负责



# 大脑的解剖结构

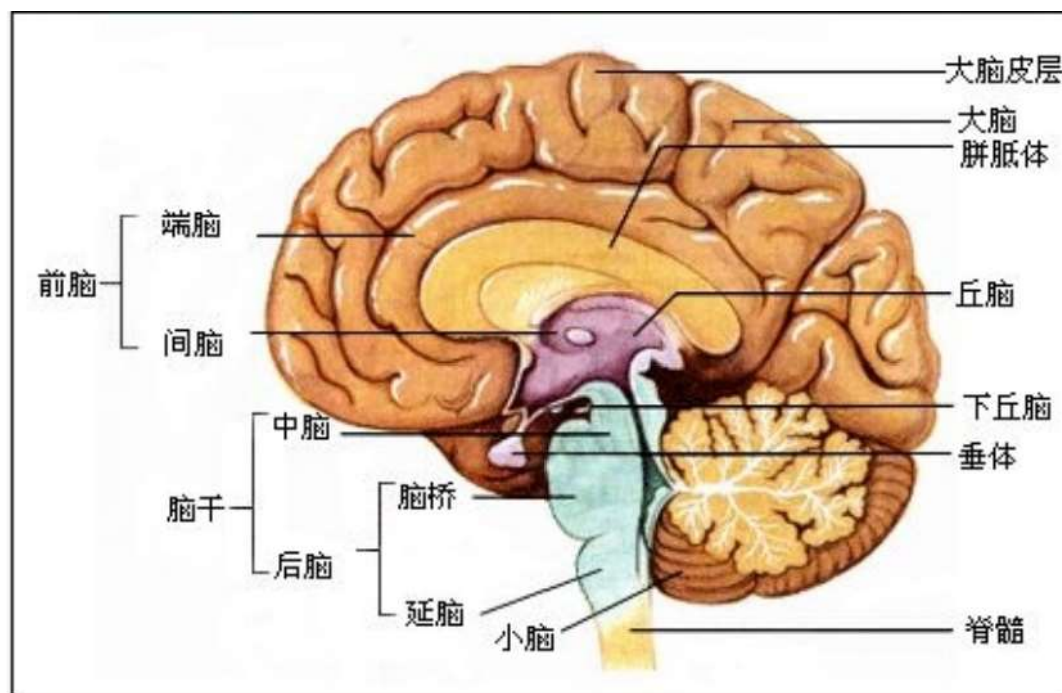
## 前脑

- 端脑（大脑）
- 间脑：
  - 边缘系统
  - 丘脑
  - 下丘脑

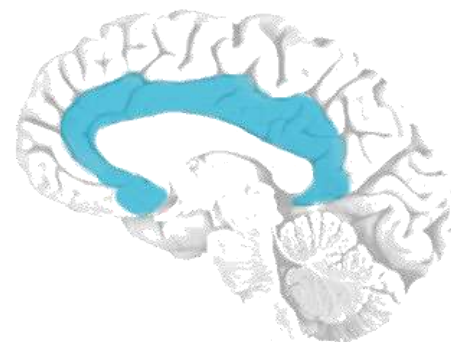
## 脑干

- 中脑
- 后脑
  - 脑桥
  - 延髓（延脑）

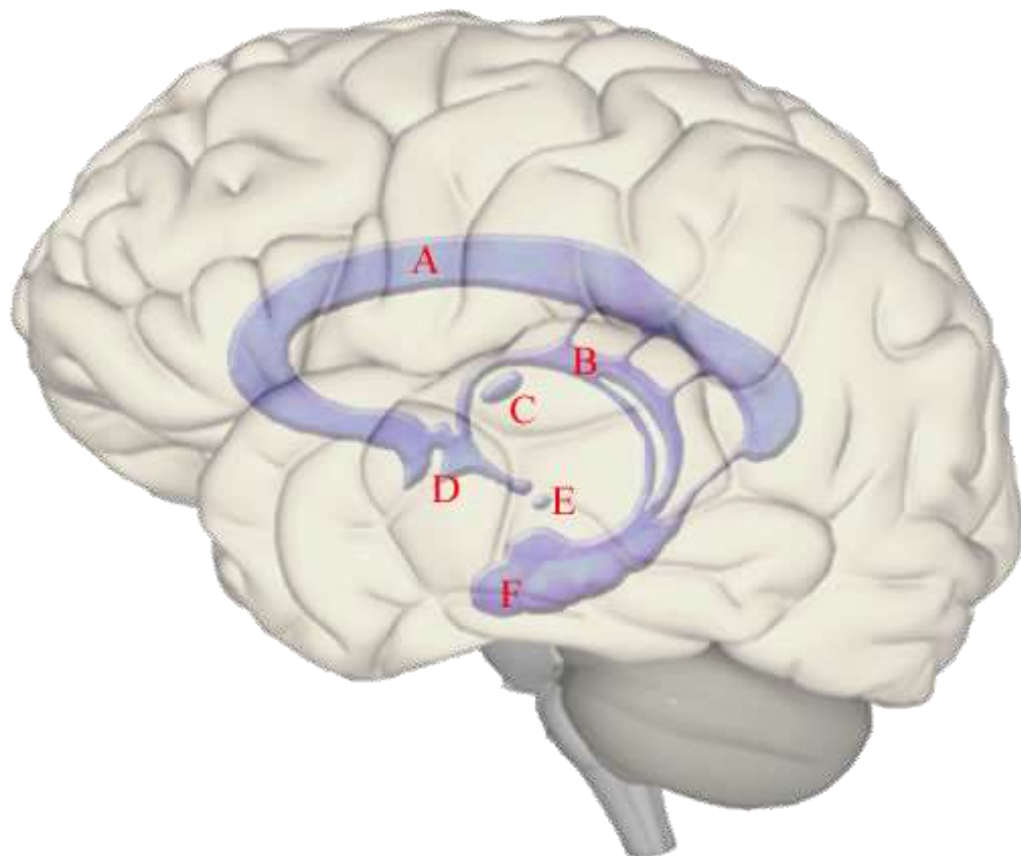
## 小脑



# 边缘系统 (limbic system)



位于大脑深处



A : 扣带回 ( Cingulate gyrus)

B : 穹隆 ( Fornix)

C : 丘脑前核 ( Anterior thalamic nuclei)

D : 下丘脑 ( Hypothalamus)

E : 杏仁核 ( Amygdaloid nucleus)

F : 海马体 ( Hippocampus)

脑与认知科学



# 边缘系统的功能

边缘系统是大脑中调节情绪和记忆的区域。它直接连接着低级和高级大脑功能。如：

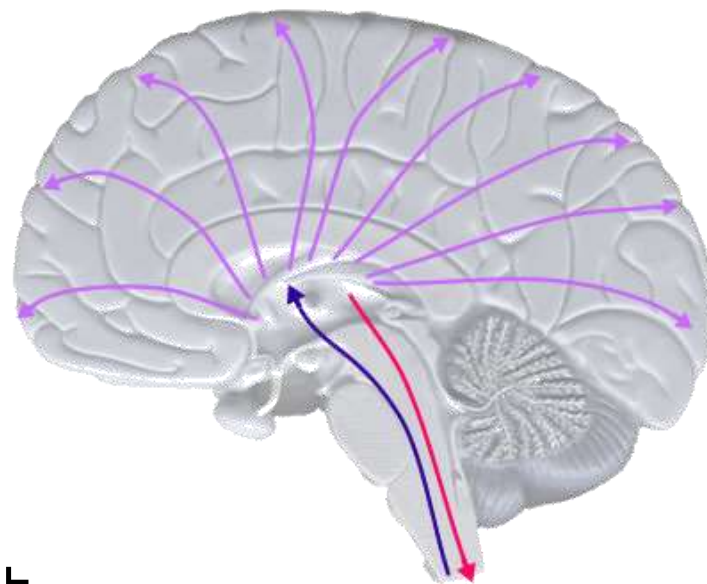
- 杏仁核→情绪、恐惧
- 扣带回→自主功能
- 海马→短时记忆
- 乳头体→长时记忆

# 丘脑 (thalamus)

**结构：**神经核团；卵圆型

**功能：**

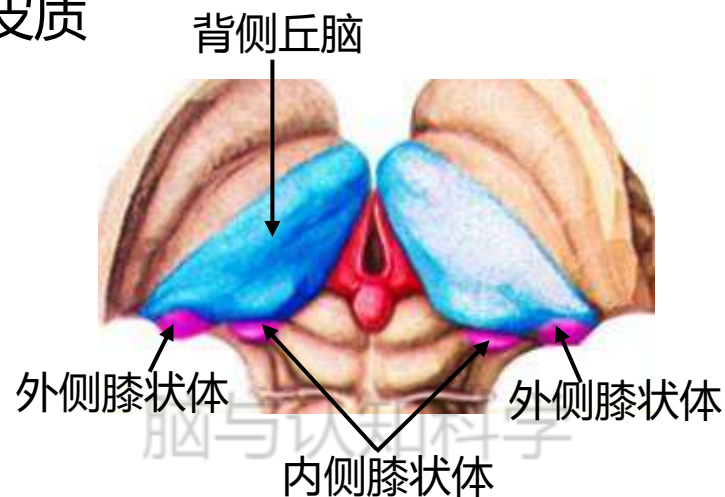
- “**皮质的关口**”，感觉传导中转站；  
除了嗅觉输入以外，因为几乎所有的感觉输入都要通过它才能到达大脑的更高层次
- 与新皮质、中间皮质、小脑等有双向信息传导



脑与认知科学

# 丘脑 (thalamus)

- 视觉核团：外侧膝状体 ( Lateral geniculate nucleus)
  - 视网膜神经元→外侧膝状体→初级视皮质
- 听觉核团：内侧膝状体
  - 内耳听觉神经元→内侧膝状体→初级听皮质





## 思考题

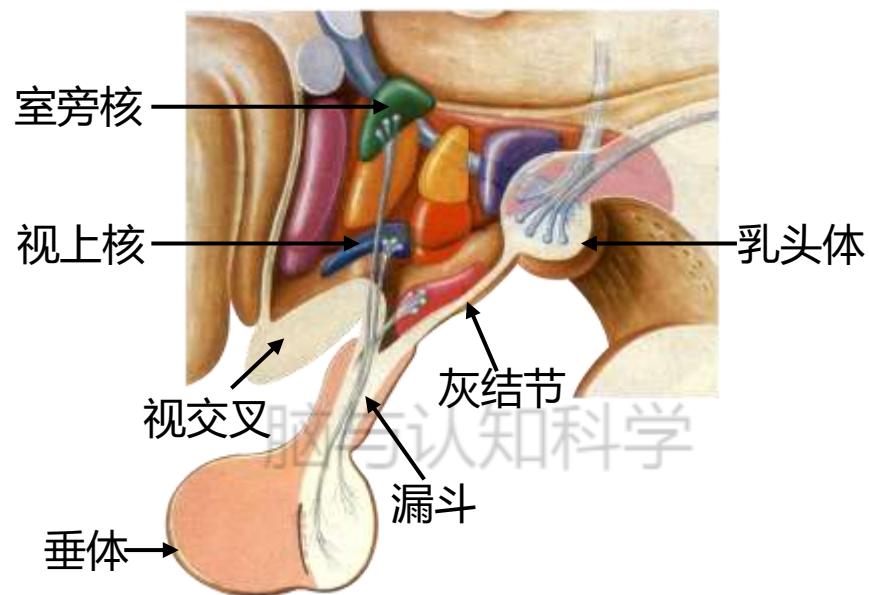
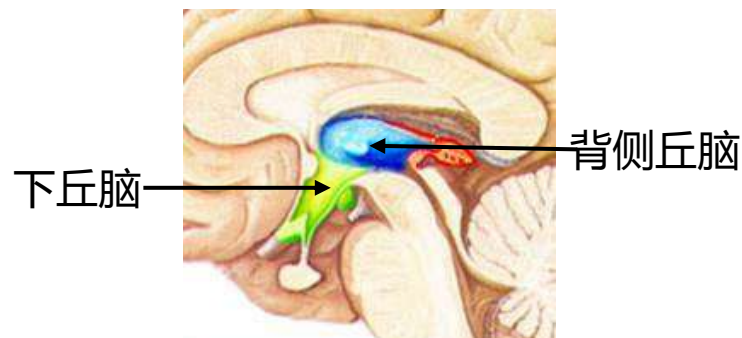
为什么几乎所有的感觉输入都要经过丘脑？从感受器直接把信号传给初级感觉皮层不是更快更有效吗？

# 下丘脑 (hypothalamus)

**位置：**位于背侧丘脑下方，脑干顶部。虽然下丘脑很小，但它控制着许多重要的身体功能：

**结构：**

- 视交叉、灰结节、乳头体、垂体等
- 视上核和室旁核：两核均能分泌抗利尿激素和催产素，经漏斗输送至神经垂体贮存

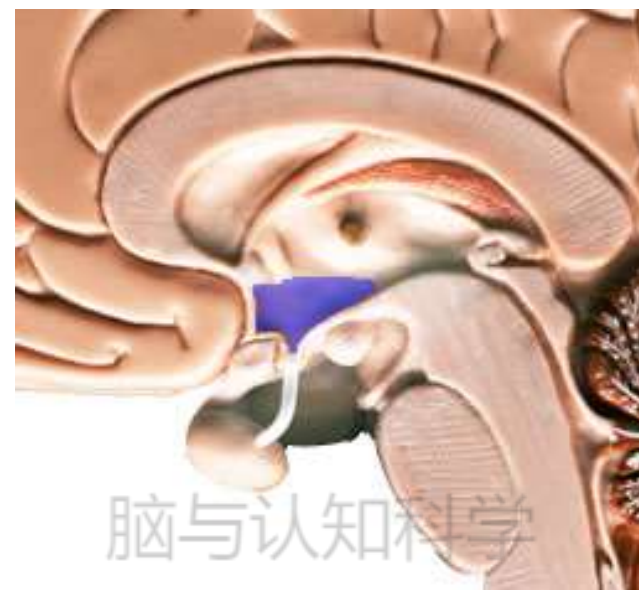




# 下丘脑 (hypothalamus)

**功能：**下丘脑是皮质下内脏活动中枢，对内分泌、体温、摄食、水盐平衡、情绪反应等起重要的调节作用

- 情绪反应和行为中心
- 调节体温
- 调节食物摄入量
- 调节水平衡和口渴
- 控制睡眠-觉醒周期
- 控制内分泌系统



# 大脑的解剖结构

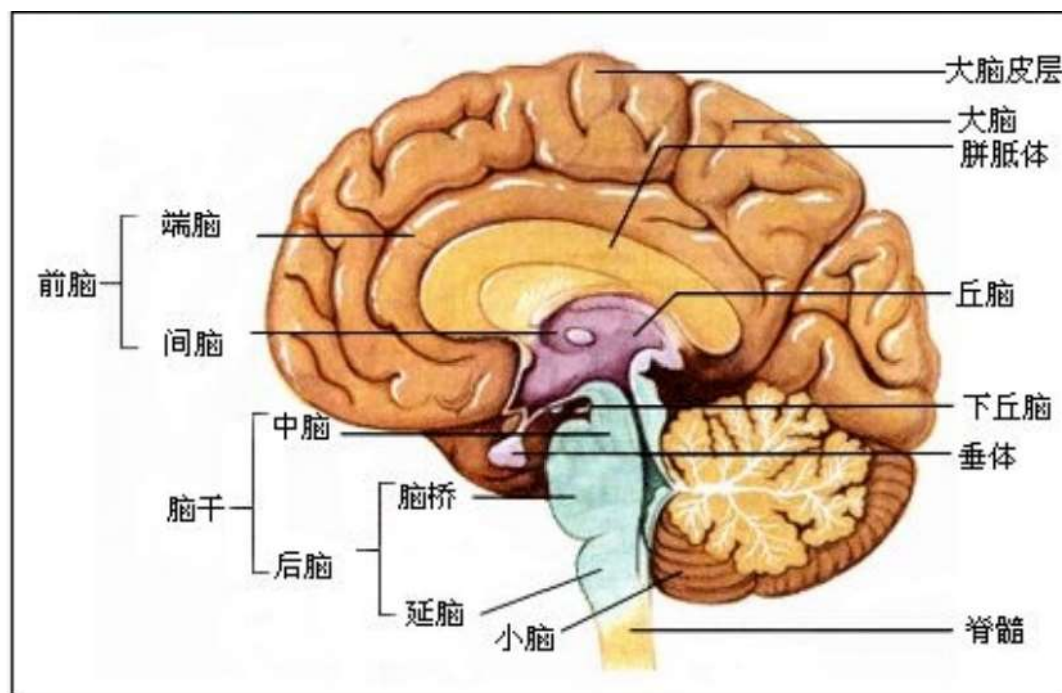
## 前脑

- 端脑（大脑）
- 间脑：
  - 边缘系统
  - 丘脑
  - 下丘脑

## 脑干

- 中脑
- 后脑
  - 脑桥
  - 延髓（延脑）

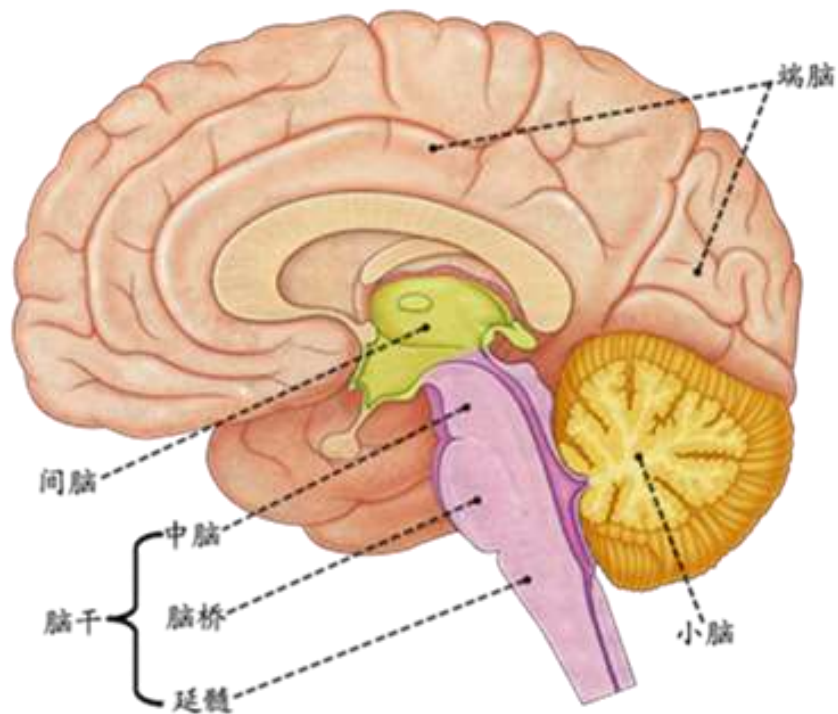
## 小脑



# 脑干

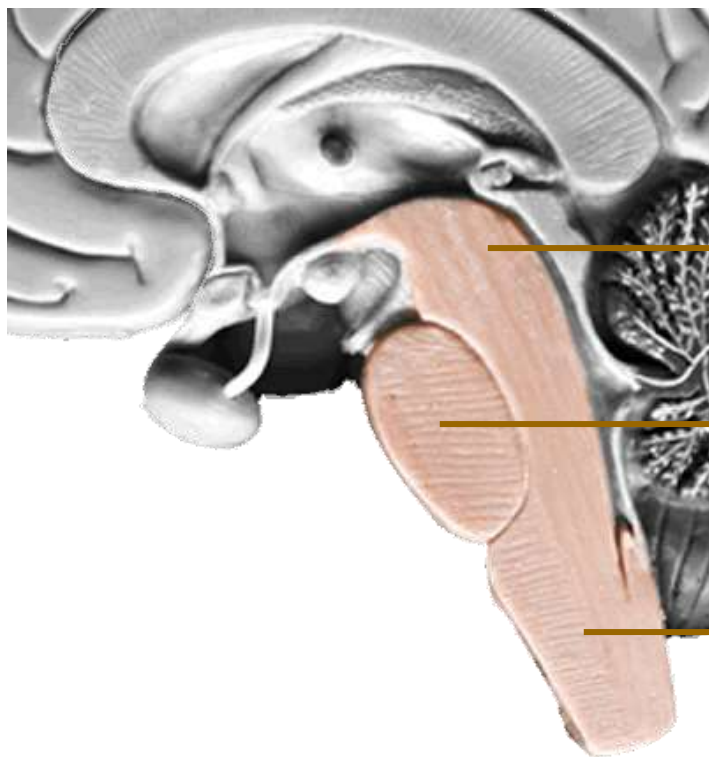
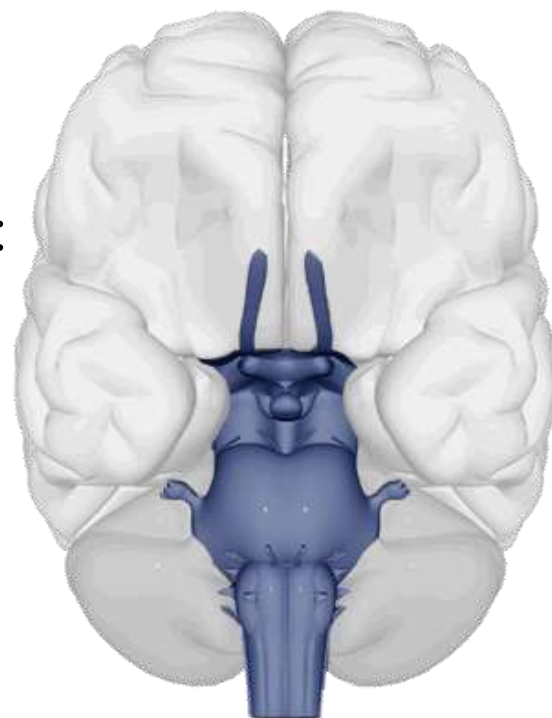
位置：枕骨大孔前上方，上接间脑，下续脊髓，背侧和小脑相连

分部：中脑、脑桥、延髓



# 脑干 (brainstem)

脑干是大脑最原始的部分，控制着生命的基本功能：呼吸、心率、吞咽、对视觉或听觉的反射、出汗、血压、睡眠和平衡。脑干可分为三个主要部分：



中脑 (Midbrain)

脑桥 (Pons)

延髓 (Medulla Oblongata)

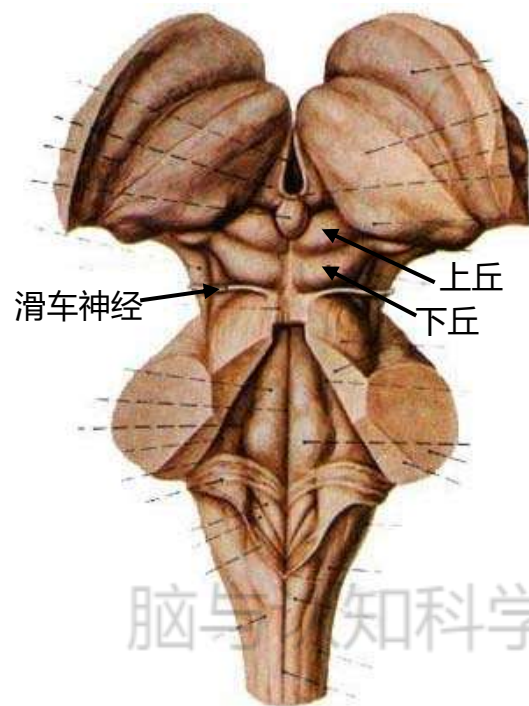
脑与认知科学

# 中脑

**结构：**运动、感觉核团

**功能：**参与视觉、听觉、唤醒、呼吸、心血管调节、四肢肌肉反射等

{ 上丘，视觉反射中枢  
下丘，听觉反射中枢  
下丘的下方有滑车神经根

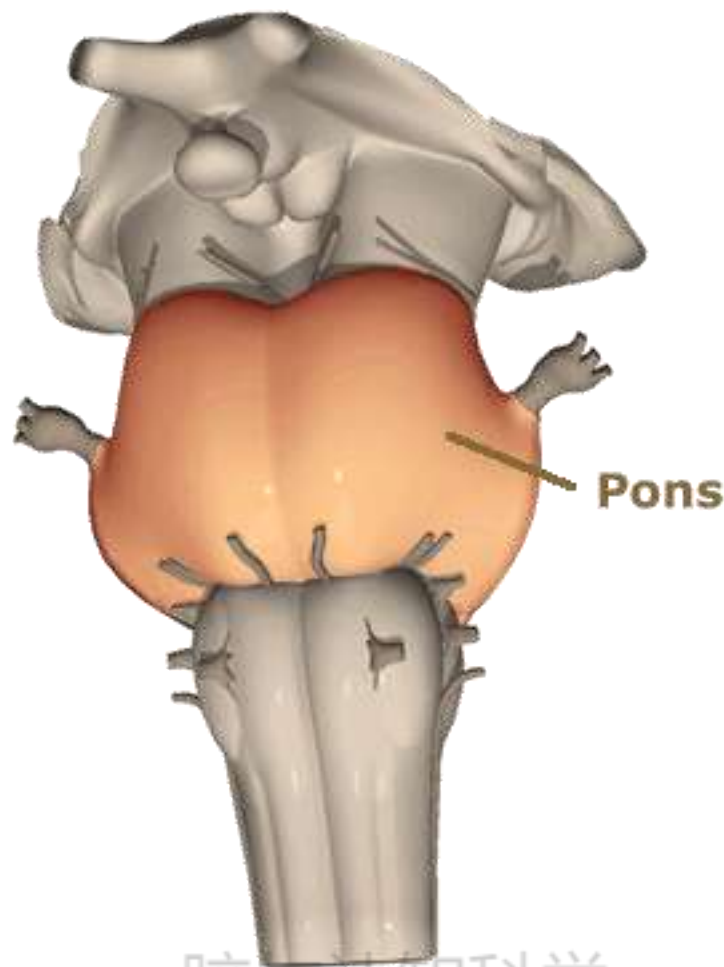




# 脑桥

**结构：**神经束、神经核团，位于中脑和延髓之间的圆形脑干区域

**功能：**连接小脑和大脑的其他部分，并改变延髓的呼吸输出。脑桥是多条颅神经的发源地，如听觉、平衡、面部肌肉控制等



脑与认知科学

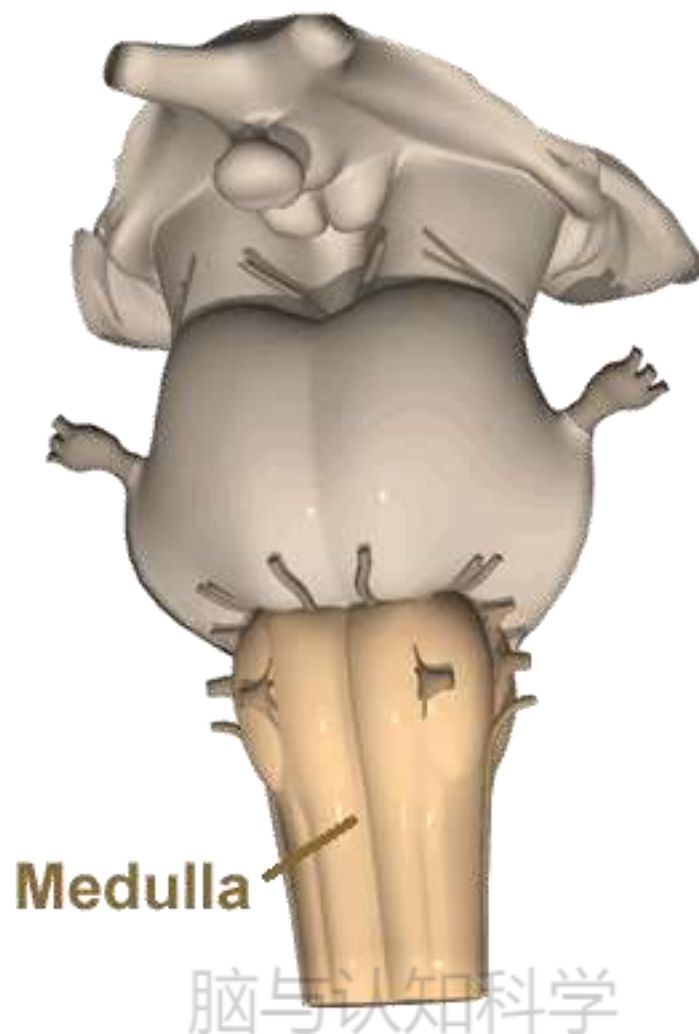
# 延髓

## 呼吸中枢

**结构：**神经核团

与脊髓相连，形成脑干的基部

**功能：** 非自主反射的控制中心，  
如吞咽、呕吐、打喷嚏、咳嗽以  
及心血管和呼吸活动的调节  
脊髓上传的中继站



# 大脑的解剖结构

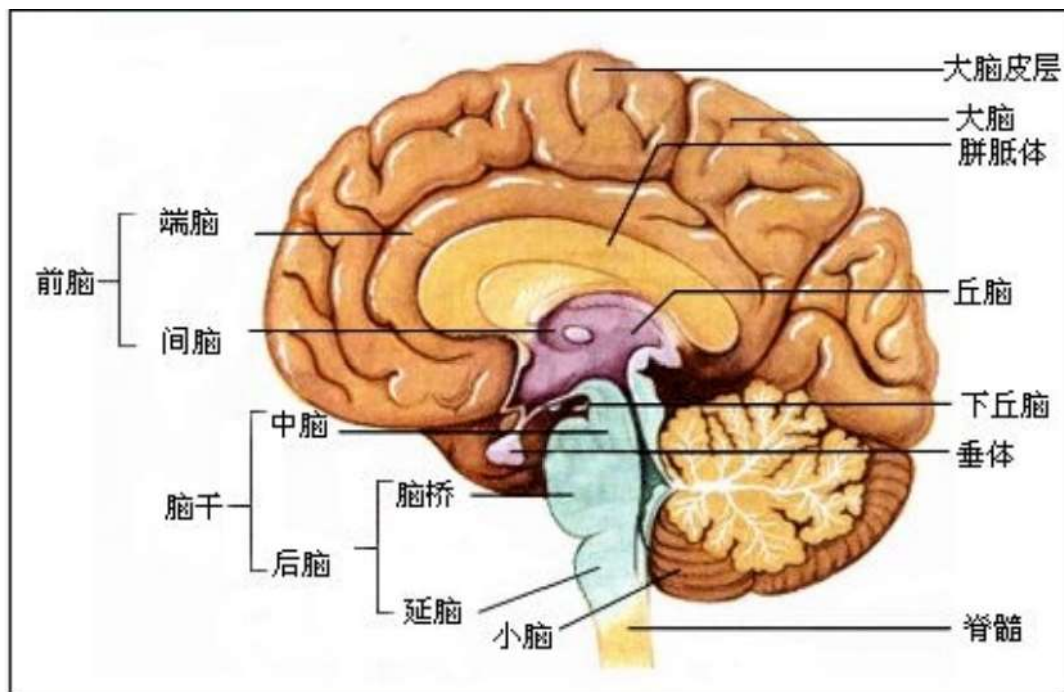
## 前脑

- 端脑（大脑）
- 间脑：
  - 边缘系统
  - 丘脑
  - 下丘脑

## 脑干

- 中脑
- 后脑
  - 脑桥
  - 延髓（延脑）

## 小脑



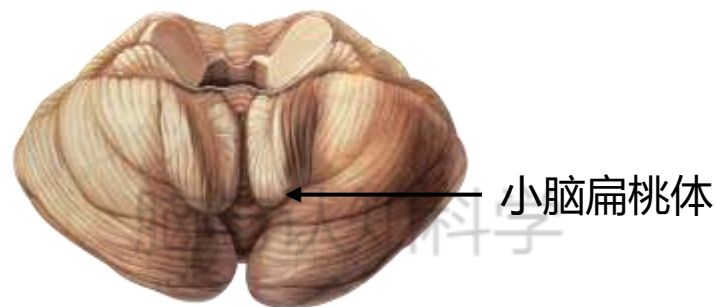
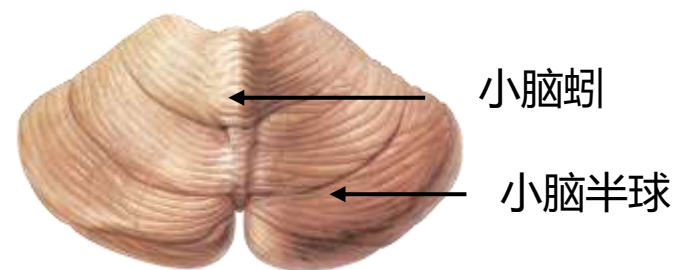
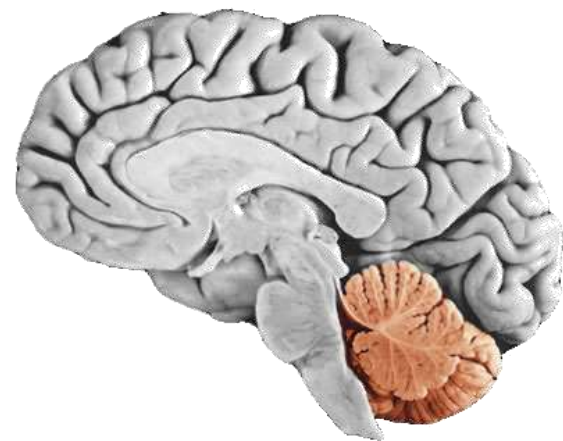
# 小脑 (Cerebellum)

## 位置:

- 覆盖于脑干结构上部，水平面上与脑桥一致

## 外形:

- 小脑蚓: 小脑中间部狭窄
- 小脑半球: 两侧部膨隆
- 小脑扁桃体: 小脑半球下面，近小脑蚓处的椭圆形隆起



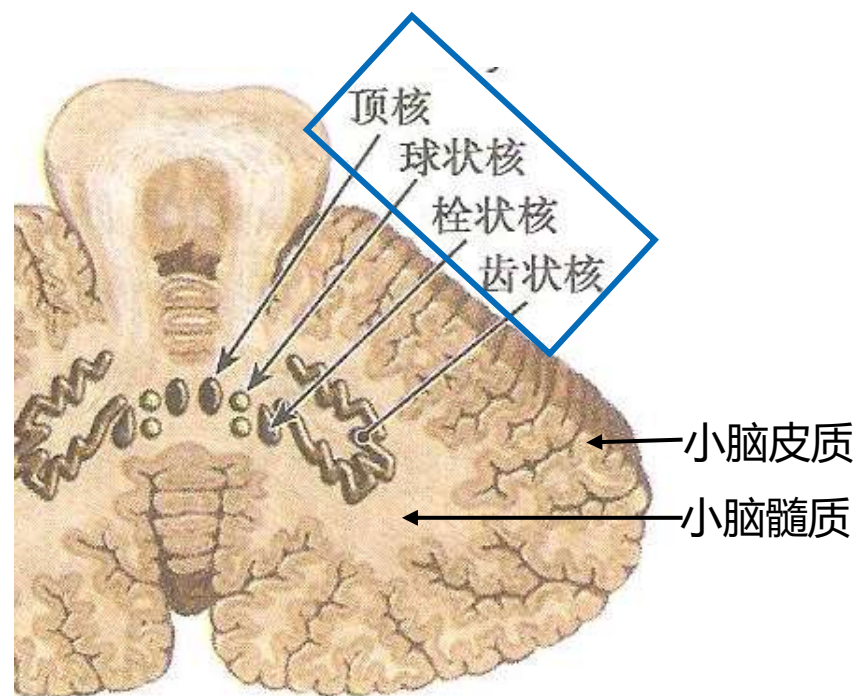
# 小脑 (Cerebellum)

## 内部结构:

- 小脑皮质: 小脑表面的薄层灰质
- 小脑髓质: 小脑深部的白质
- 小脑核: 髓质深部藏有数对神经核, 4对深层核团, 最大的是齿状核

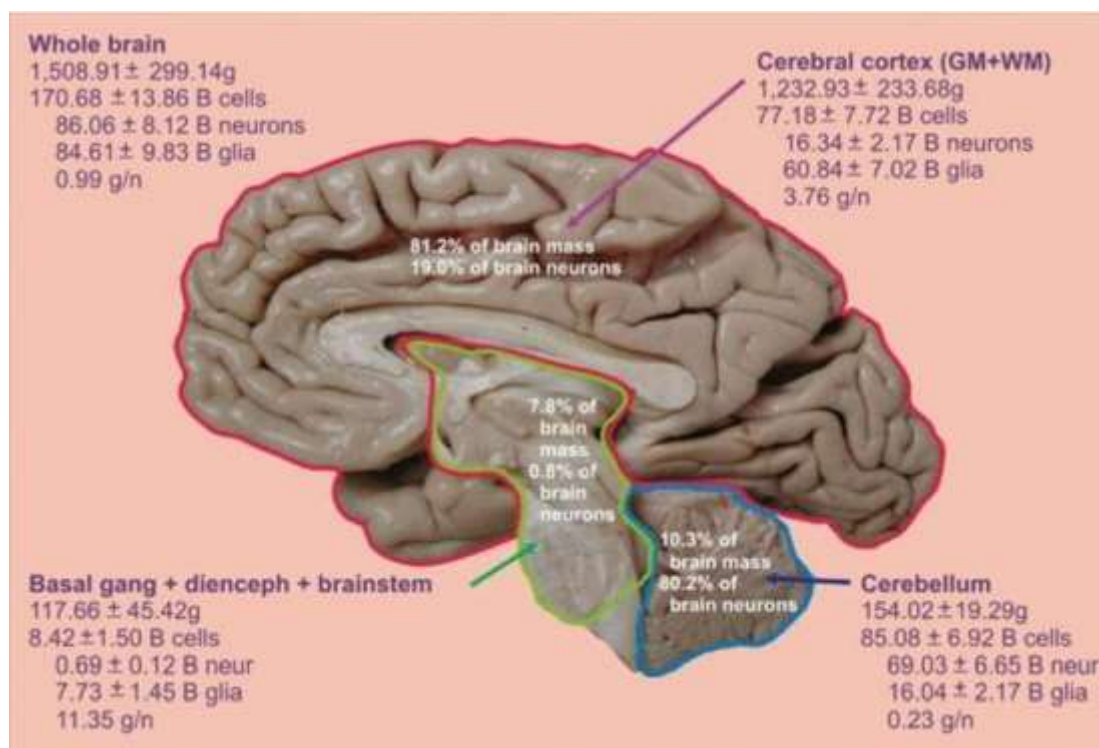
## 功能:

维持身体平衡、调节肌张力、协调骨骼肌的随意运动





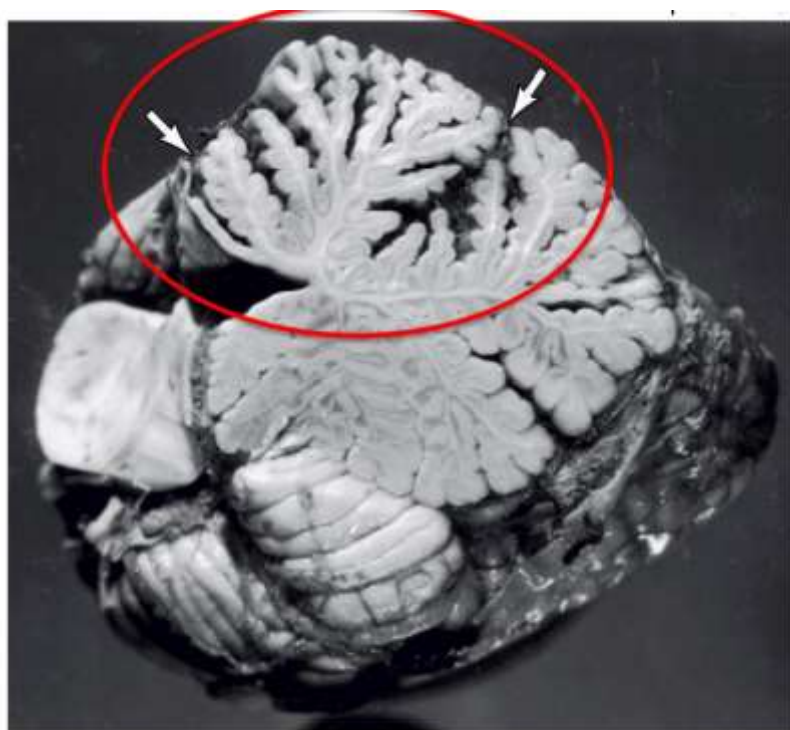
# 小脑神经元的数量



- 小脑神经元数目与中枢神经系统其余部分的神经元数量相等，110亿

脑与认知科学

# 小脑受损

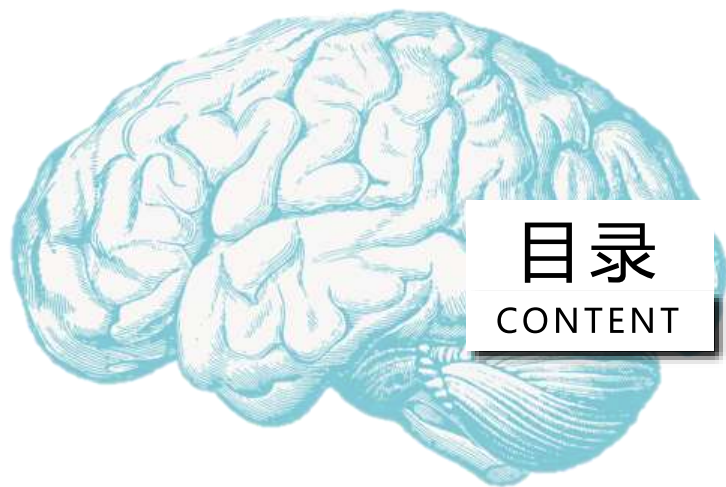


NEUROSCIENCE & Clinical 10.14

## Neocerebellar syndrome (新小脑综合征)

- Causes: vascular strokes, degenerative disorders, or tumor
- Manifestations:
  - Hypotonia (肌肉张力低下)
  - Asthenia (乏力)
  - Ataxia (共济失调) - incoordination of voluntary movements

脑与认知科学



A

中枢神经系统：脑

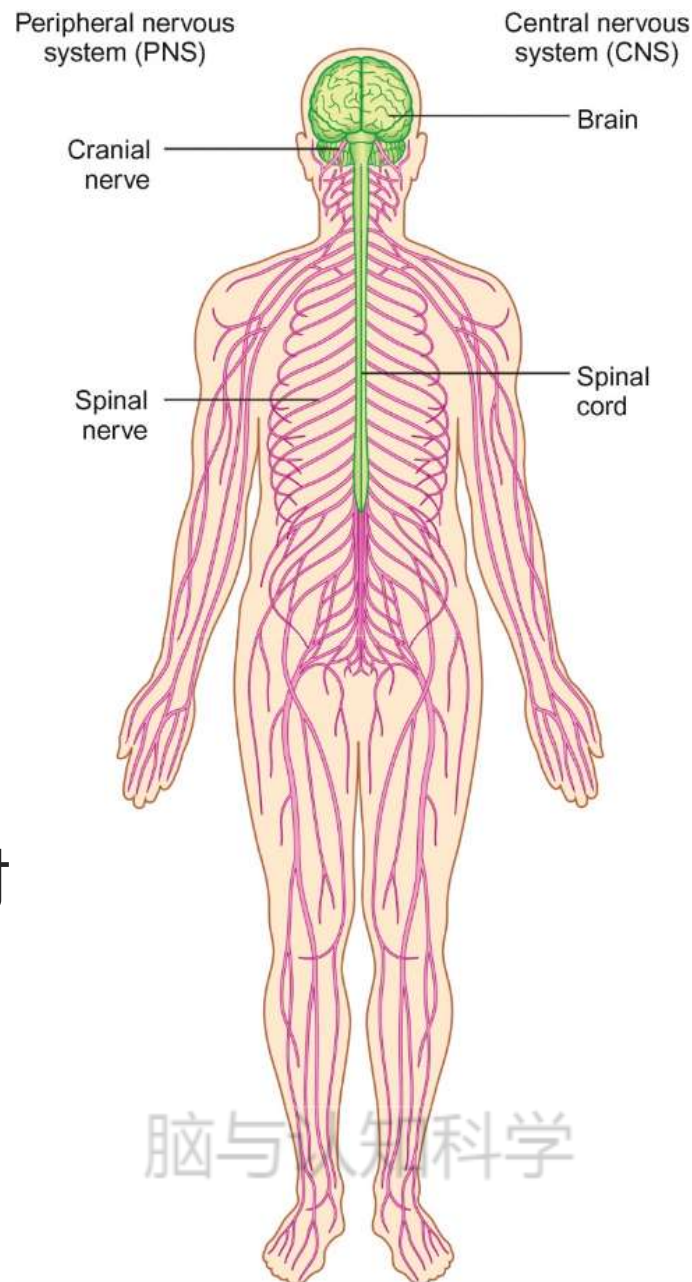
B

中枢神经系统：脊髓

脑与认知科学

# 神经系统

- 中枢神经系统 (CNS)
  - 脑 (Brain)
  - 脊髓 (Spinal cord)
- 周围神经系统 (PNS)
  - 脑神经 (Cranial nerves, 12对)
  - 脊髓神经 (Spinal nerves, 31对)
  - 内脏神经 (Visceral nerves)



# 脊髓

将最终的指令下达给肌肉，同时从身体的外周感受器中接受感受信息并传递至脑部。

## 位置

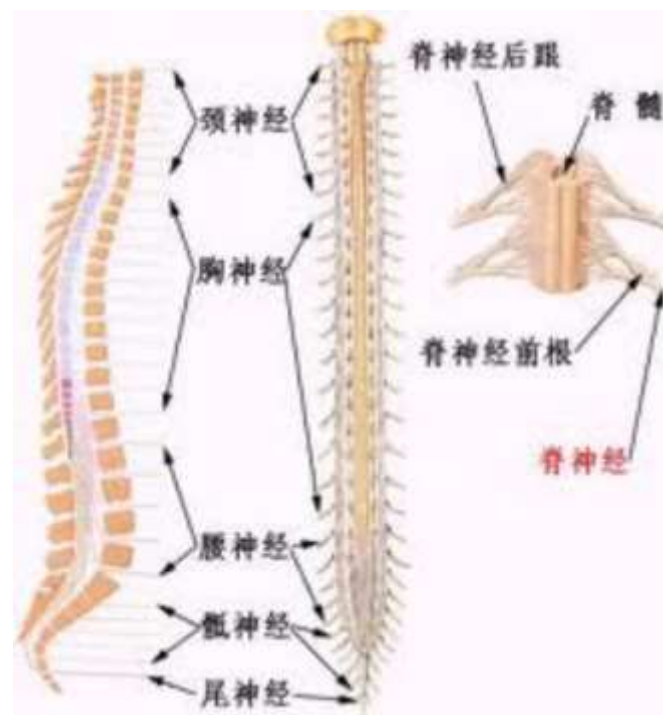
- 上端连接延髓,下端延伸到脊椎底部的马尾
- 两旁发出成对的神经, 分布到四肢、体壁和内脏

## 功能

- 传导功能
- 反射功能

## 结构

- 脊髓灰质
- 脊髓白质

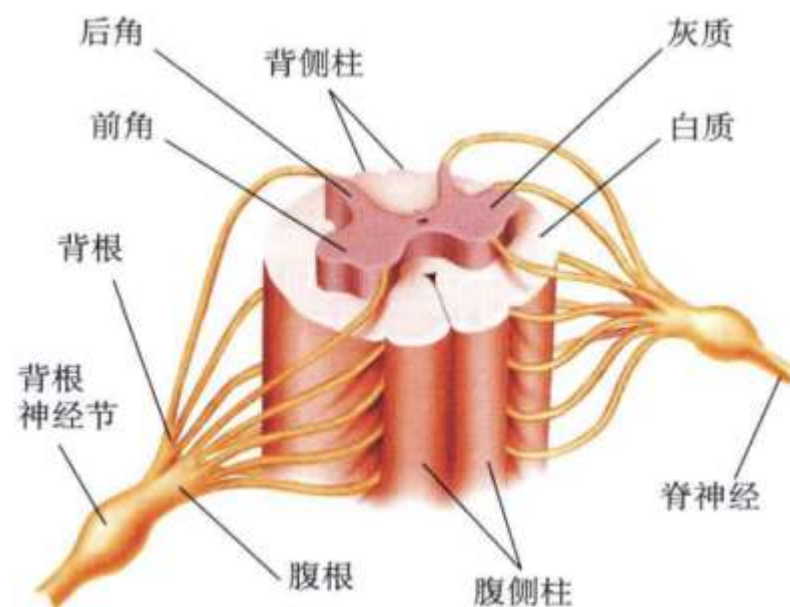


脑与认知科学



# 脊髓灰质

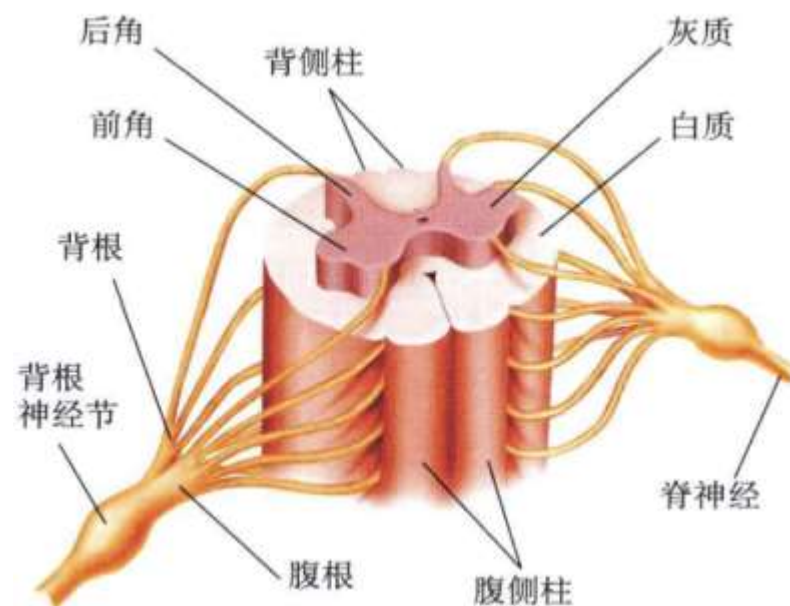
- 灰质呈蝴蝶形(H型)，其中心有中央管，中央管前后的横条灰质称灰连合，将左右两半灰质联在一起
- 灰质的每一半由**前角**和**后角**组成
- **前角**含有**运动神经元**，其轴突贯穿白质，经前外侧沟走出脊髓，组成前根，向身体的骨骼肌传递运动指令
- **后角**含有**感觉神经元**，接收来自身体的感觉信息（痛觉和温度觉），将感觉信息传递到大脑



脑与认知科学

# 脊髓白质

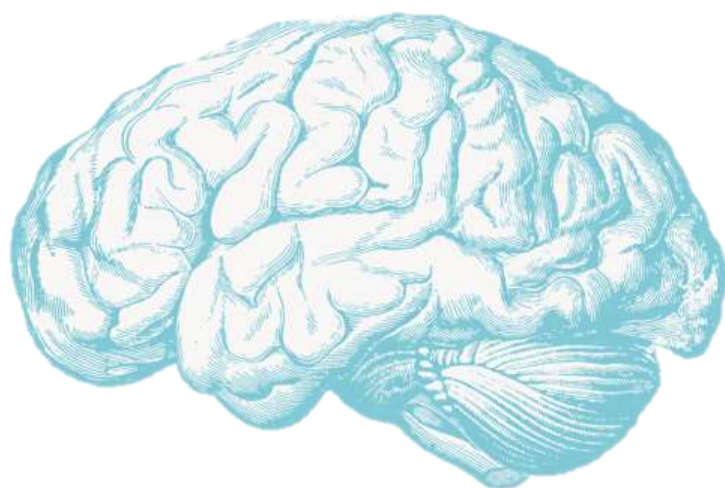
- 主要由上行(感觉)和下行(运动)神经纤维组成，分为：
- **前索**
  - 位于前根的腹侧，主要为下行纤维束，两侧前索以白质前连合相互结合
- **侧索**
  - 位于前后根之间，有上行和下行传导束
- **后索**
  - 位于后根的背侧，主要为上行传导束，包括本体感觉和一部分精细触觉





## 思考题

- 1、人脑的特别之处在哪里？人类进化过程中哪个区域的尺寸增加最为明显？它促使了人类的什么功能？
- 2、如何理解大脑分区与功能定位？
- 3、通过了解大脑生物基础，你如何理解人工智能能否达到人类智能水平？
- 4、描述大脑的主要结构及其在认知处理中的功能。如何将这些结构的功能比作计算机系统中的各个组件？
- 5、大脑皮层的层次结构对深度学习的启示？



**【下一讲】**  
脑与认知加工：视觉

脑与认知科学