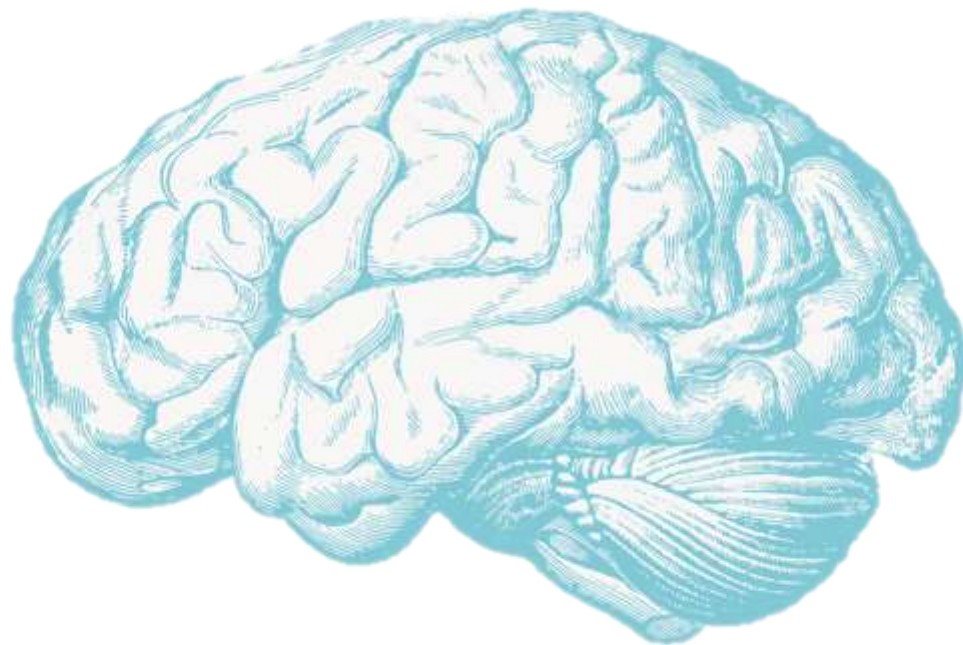


第三讲

脑与认知科学

神经科学生物基础（一）

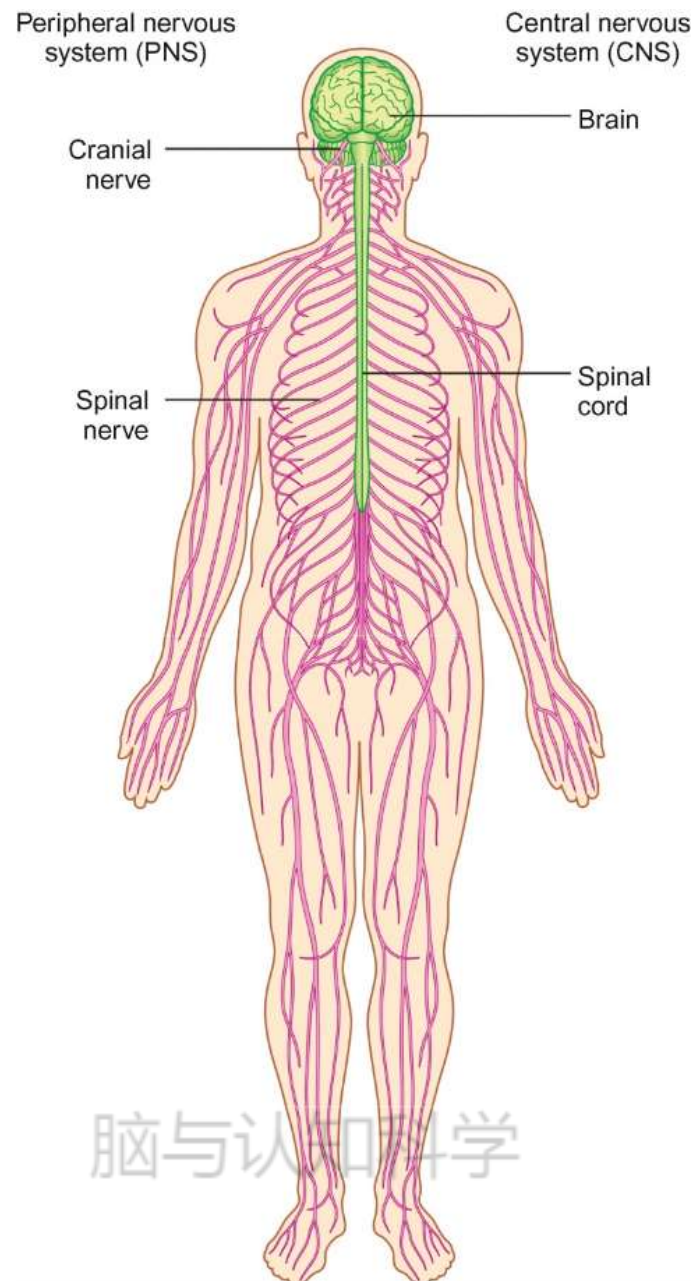
授课人：祁婷 副研究员
人工智能学院 | 脑认知与智能医学系



脑与认知科学

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)



关于大脑的fun fact?

脑与认知科学

作答

大脑相关的数字

- 成人脑重量：1200~1500g
- 占体重的2%~2.5%
- 脑消耗20%的总能量
- 神经元数量：~ 10^{13}
- 突触的数量约是神经元数量的1000~4000倍
- 神经胶质细胞的数量约是神经元数量的10~50倍

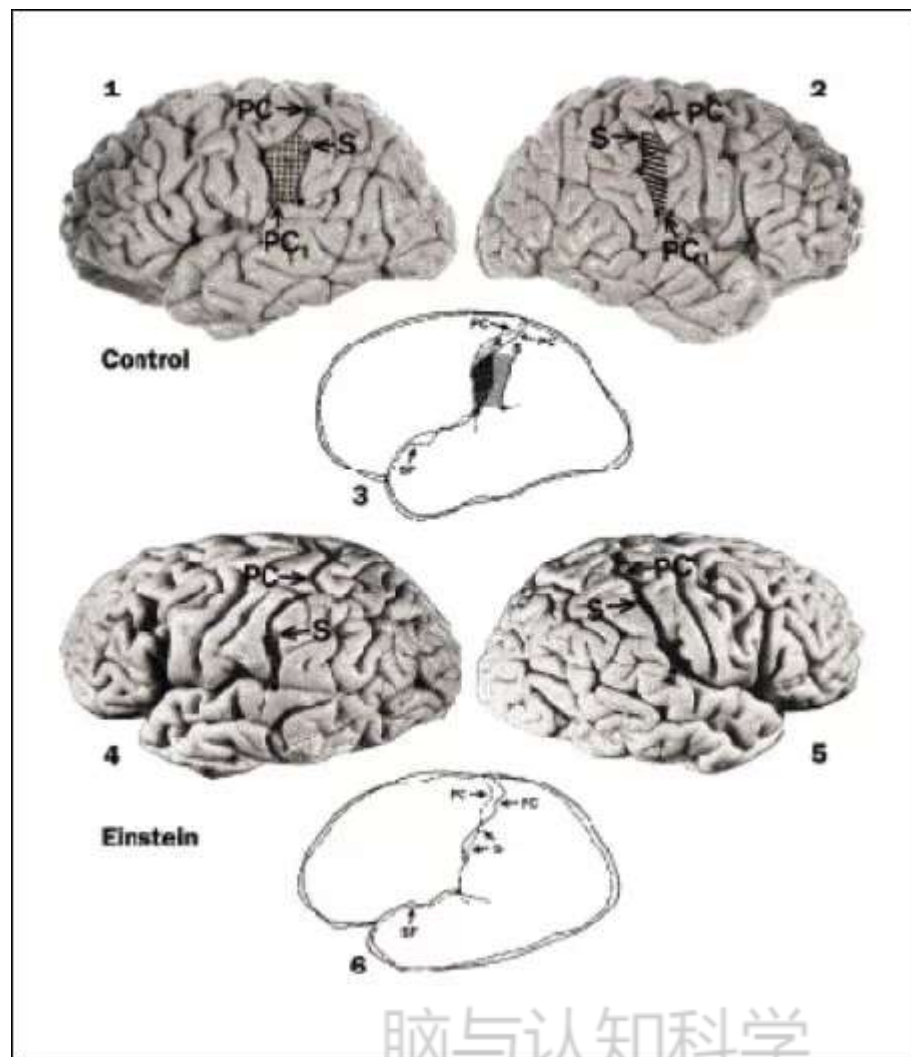


脑与认知科学

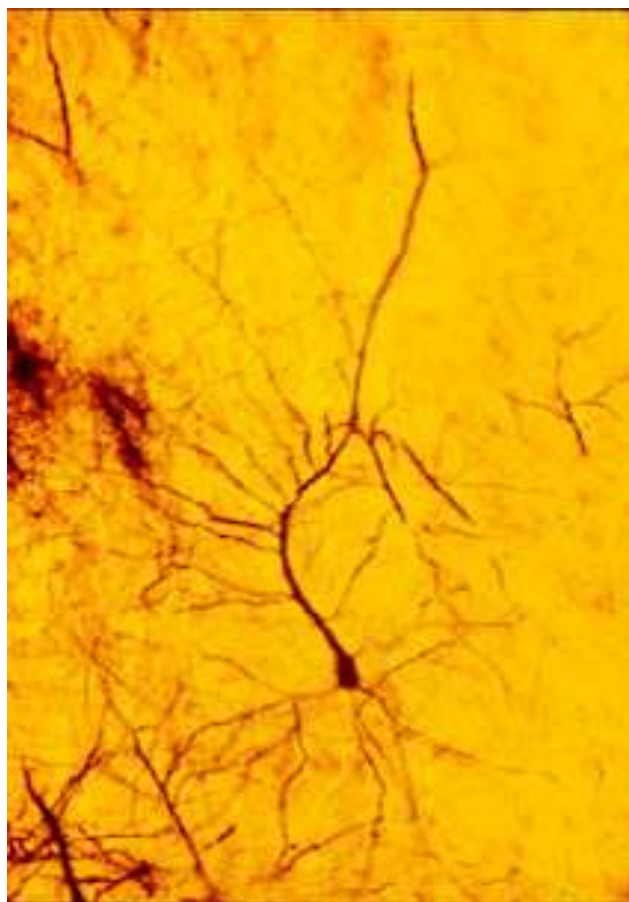
爱因斯坦的脑?

- 只有1230克
- 更多的胶质细胞
- 左顶叶神经元与神经胶质细胞的比例异于常人
- 大脑左右半球的顶叶下区域比普通人的宽出15%，厚度上也比常人更厚

?



神经系统的基本功能单位——神经元 (neuron)



Golgi stain of
Hippocampal neuron



Santiago Ramón y Cajal
(1852–1934)

神经元学说 (neuron doctrine)

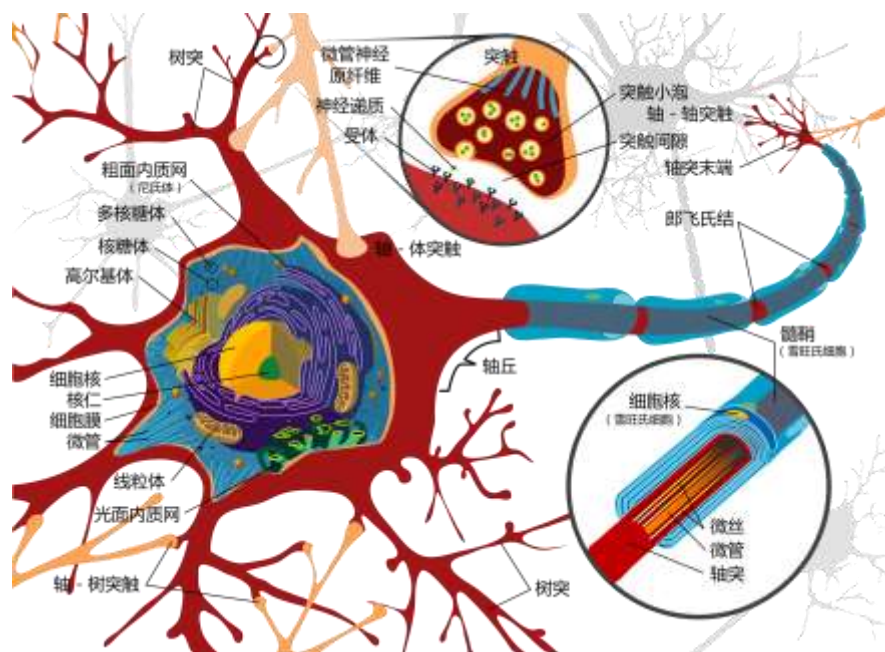
- 神经元是神经系统的结构单位；这些细胞单位在解剖上是分离的，通过特定的结构接触而不是相互贯通的

脑与认知科学

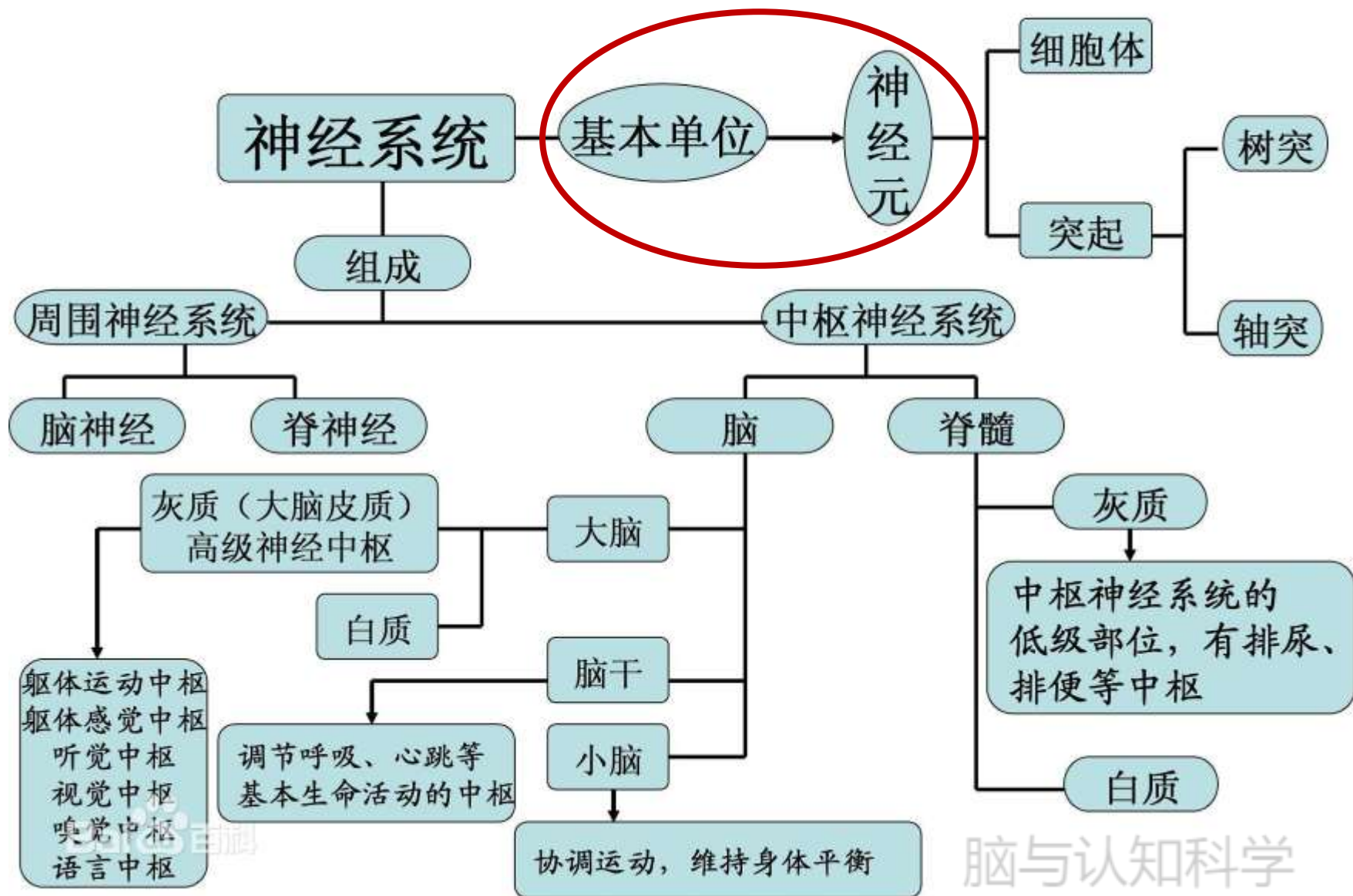
神经系统的基本功能单位——神经元 (neuron)

神经系统具有自然界赋予人类最复杂的特性和功能。认识大脑的工作方式和过程，首先要了解组成的细胞及其功能：

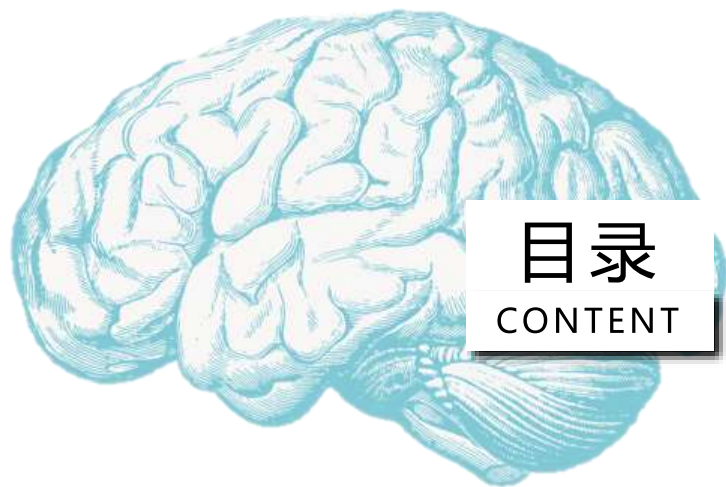
神经元



脑与认知科学



脑与认知科学



目录

CONTENT

A

神经系统的细胞

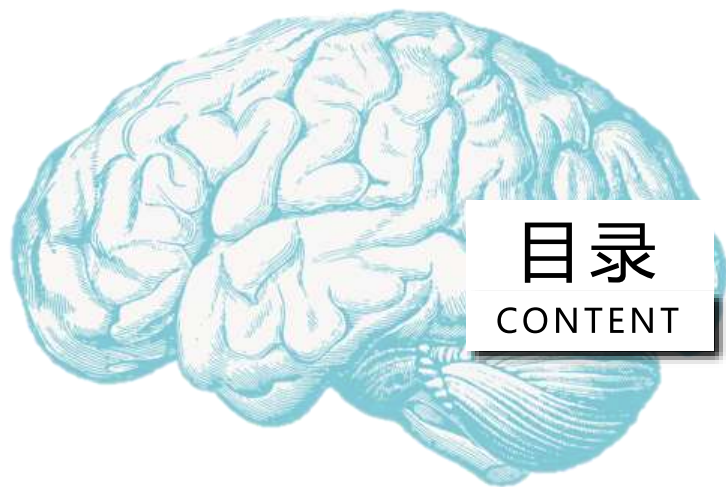
B

神经电信号及细胞内电传导

C

突触传递

脑与认知科学



目录

CONTENT

A

神经系统的细胞

B

神经电信号及细胞内电传导

C

突触传递

脑与认知科学

本节关键知识点

- 1、神经元的结构、分类和特点
- 2、神经胶质细胞的分类、功能和临床意义

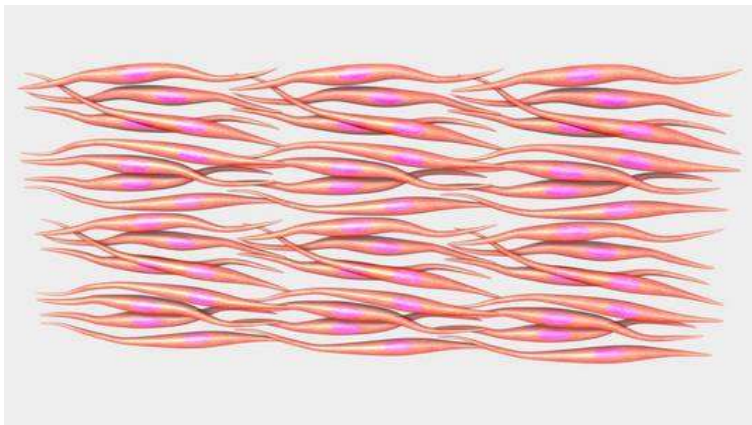
神经系统的细胞

神经元 (Neuron)： 神经元是神经系统的基本结构和功能单位，承担神经系统的主要功能活动。

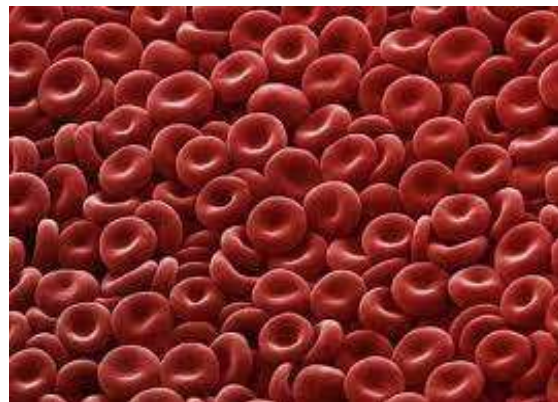
- 细胞数量为中枢系统10%
- 可兴奋细胞，代谢率高
- 完全分化的细胞、不再分裂、增生

神经胶质细胞 (Neuroglia)： 神经胶质细胞是一类非神经元细胞，承担着包括对神经元**提供结构支持和绝缘**以保证神经元间信息传递更为有效等。

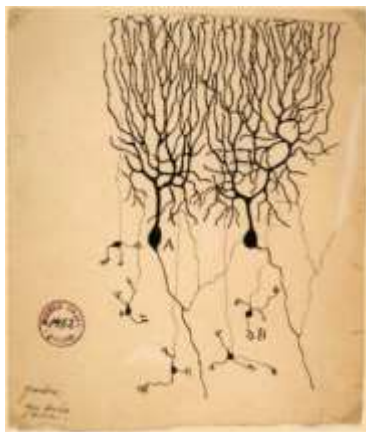
- 参与神经元代谢，为神经元提供支撑等
- 细胞数量为中枢神经系统的90%
- 非兴奋细胞
- 可分裂、增殖



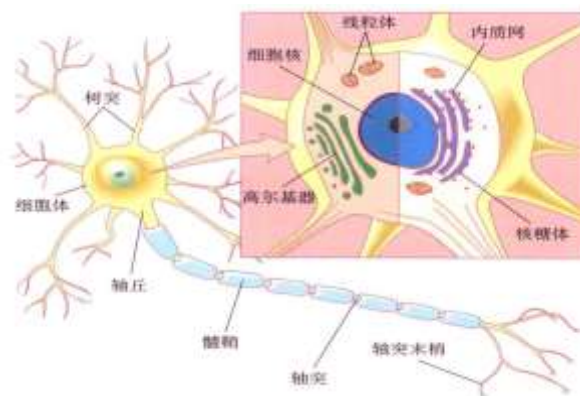
肌肉细胞



红细胞



浦肯野神经元

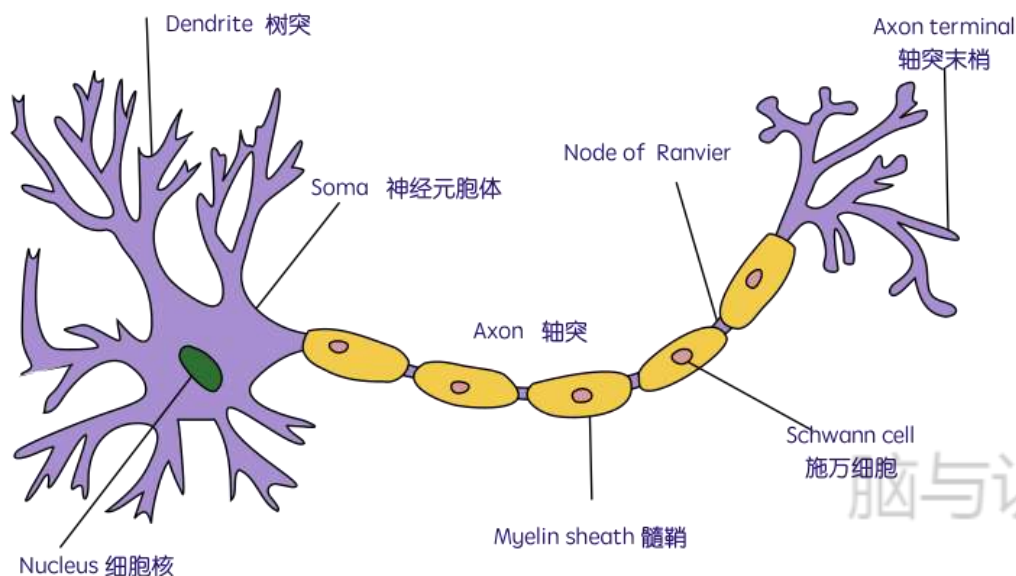


典型的神经元示意图

脑与认知科学

神经元的四个重要的功能部位

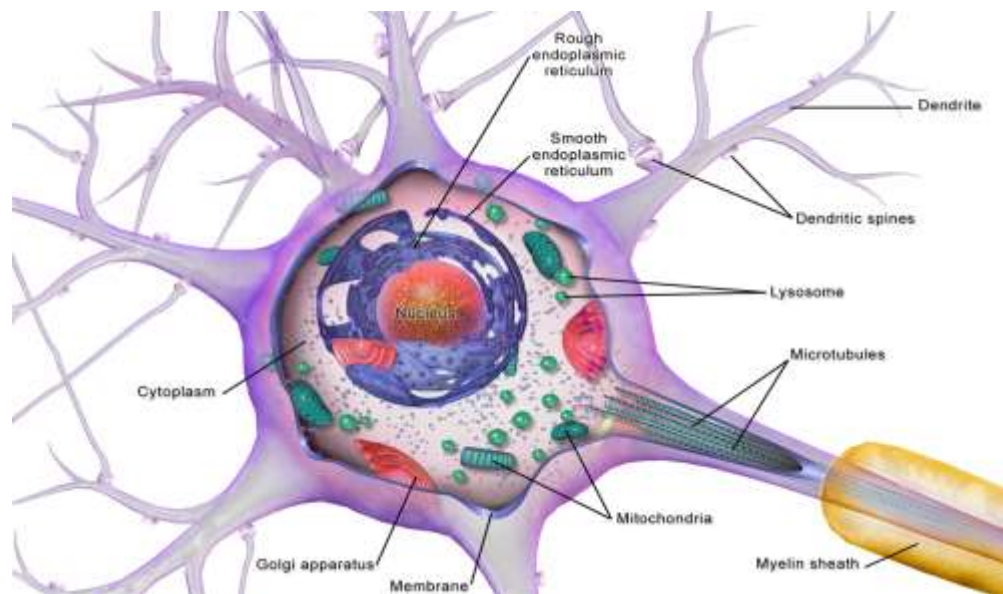
- 胞体和树突：接受和整合信息的部位
- 轴突始端(轴丘)：产生动作电位的起始部位
- 轴突：传导神经冲动的部位
- 轴突末梢(轴突终端)：递质释放的部位



神经元的结构：胞体

与其他细胞一样，含有维持神经元新陈代谢的细胞器。包括细胞核、内质网、核糖体、线粒体以及与其他与大多细胞相同的细胞器。

- **神经元代谢和功能活动的中心**
- 接受外来的信号输入，并**对输入信号进行整合**

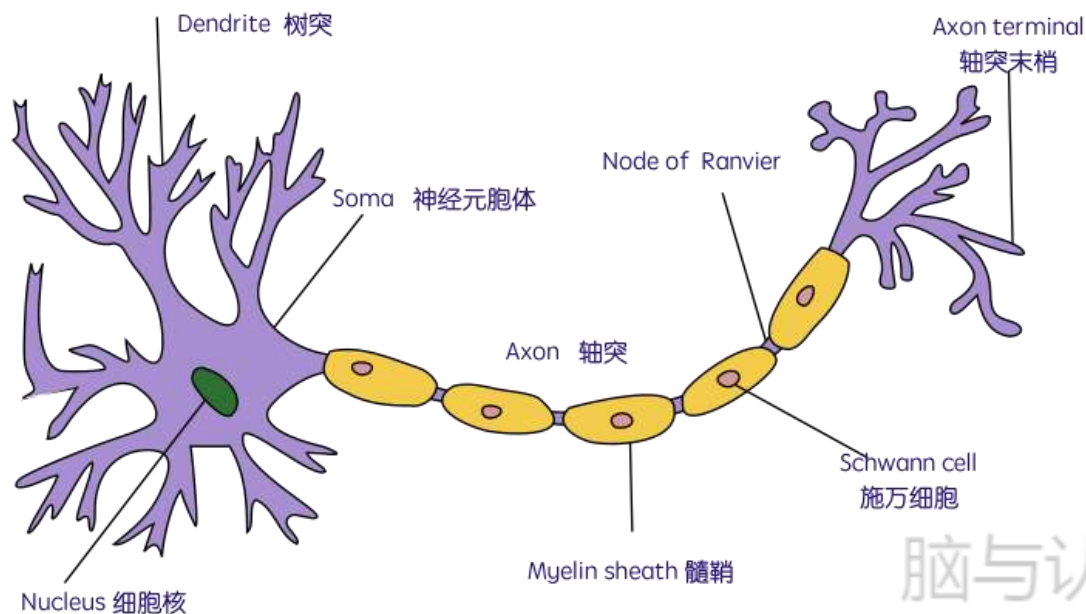


神经元的结构：突起

延伸至胞体外的特异性突起。

- 树突 (dendrites)
- 轴突 (axon)

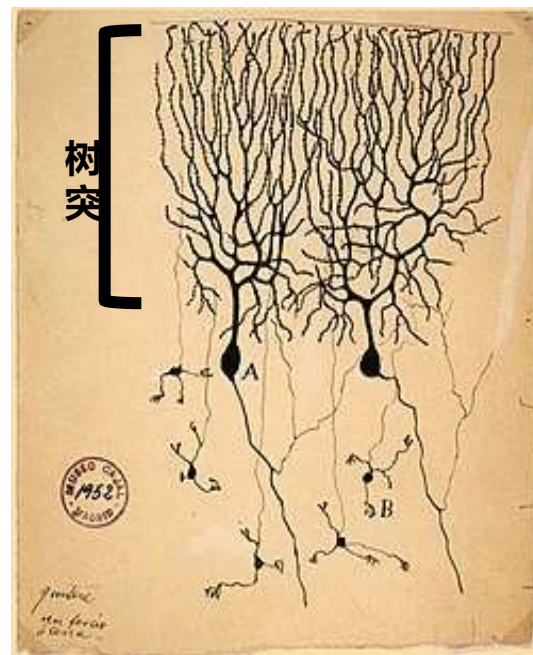
树突和轴突在结构上为神经元赋予极性或区域性。



神经元的结构：树突

通常是大树样突起，它**接收来自其他神经元的传入信息**，具体接收部位为**突触**。

- **一个或多个树突**，呈光滑的椎体状
- 由胞体发出后继续分支，是**胞体的延伸**
- 内部含有高尔基体、组面内质网和核糖体，蛋白主要在胞体合成，小部分可在树突内合成
- 表现形式多样



小脑普金杰细胞
Purkinje neurons
(希腊语“树”)



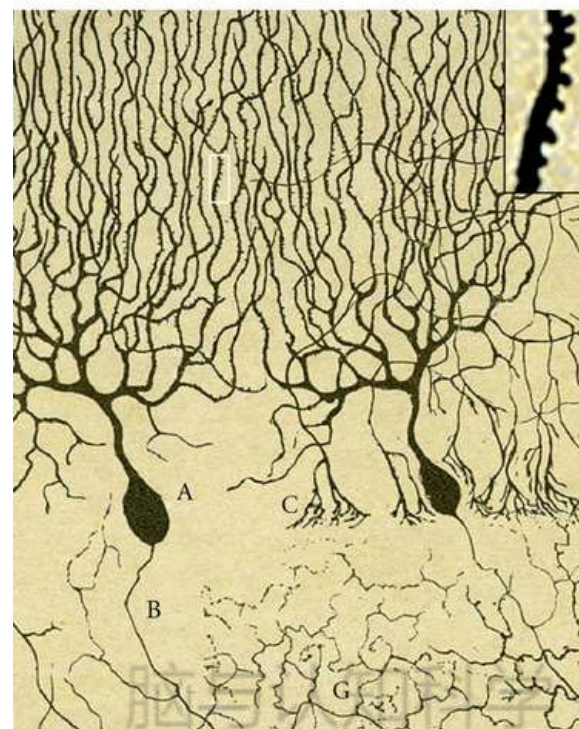
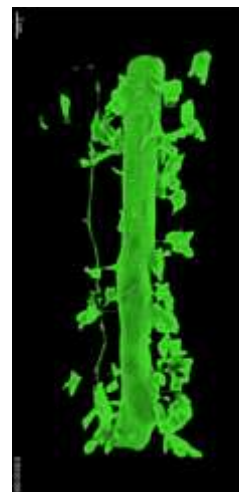
脑与认知科学

脊髓前角细胞(多极神经元)

神经元的结构：树突棘

树突棘（dendrite spine）：树突上特异化突起。即树突表面的细颈连有小的球状突起。形成突触的主要部位，是兴奋传递点。

- 其形态和数量因不同神经元而异，并可随功能的改变而改变
- 参加大脑的学习记忆功能
- 可塑性变化与认知功能改变有关



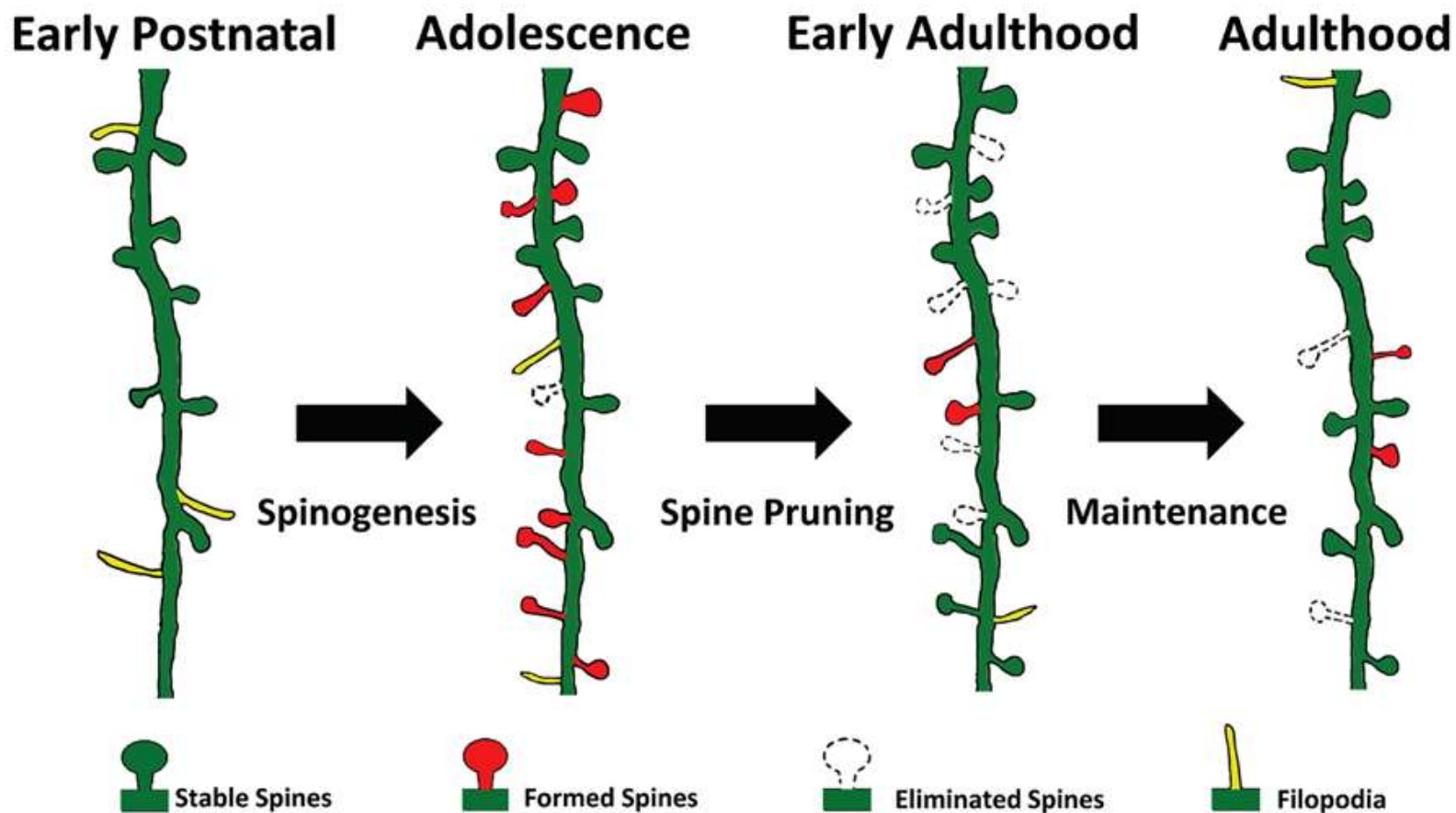
树突的分支及树突棘都使细胞膜面积大幅扩展，提高了神经元信息接收的范围和敏感性

树突棘越多越好吗？

脑与认知科学

作答

神经元的结构：树突棘



神经元的结构：树突棘

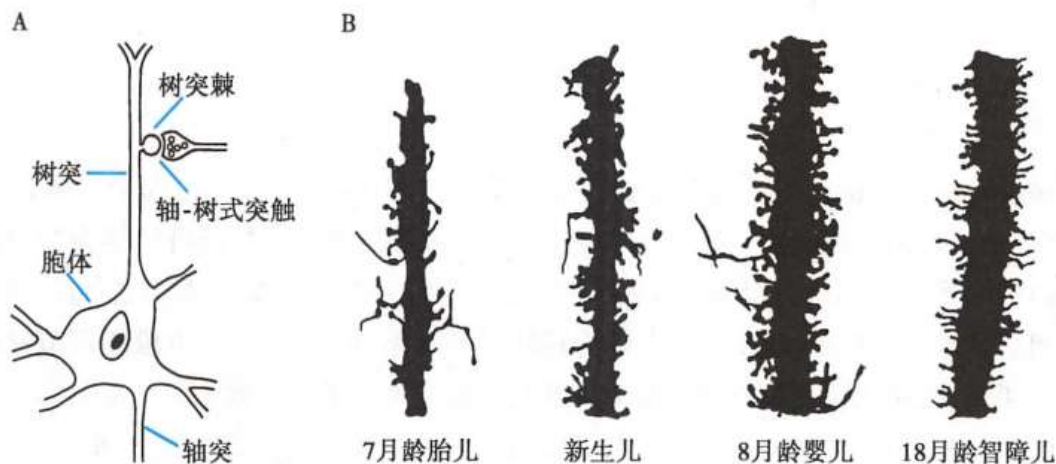
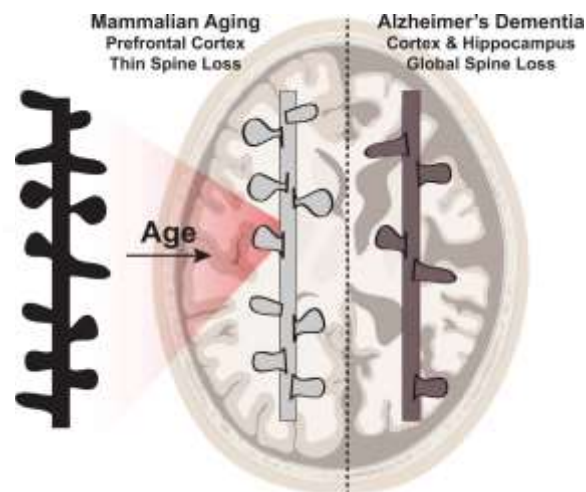


图 10-2 大脑皮层锥体细胞顶树突上的树突棘示意图

A. 突触发生于树突棘的模式图; B. 树突棘的数量和形态随年龄增长而改变, 图示树突棘数量从胎儿到新生儿再到出生后 8 个月明显增多, 但在出生后 18 个月的先天智障儿 (Down 综合征), 其数量明显减少, 且变得异常细长



在阿尔茨海默病 (AD) 中的变化

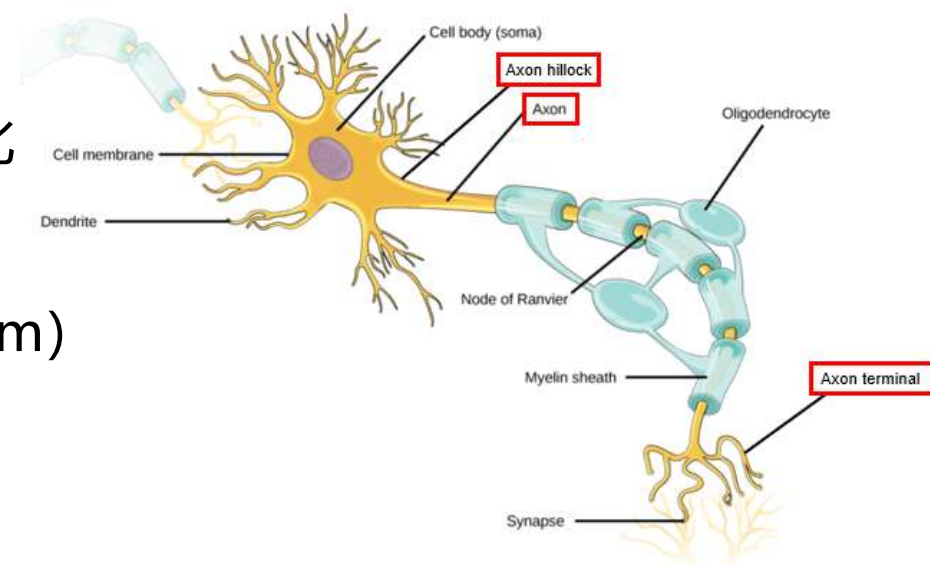
树突棘的大小、形状、数量处于动态变化中

脑与认知科学

神经元的结构：轴突

另一类突起是**远离胞体的轴突**。代表着神经元的**输出端**：电信号传送至轴突末梢即突触所在的位置。通常是一条**细长且均匀**的轴突，**表面光滑无棘状突起**。

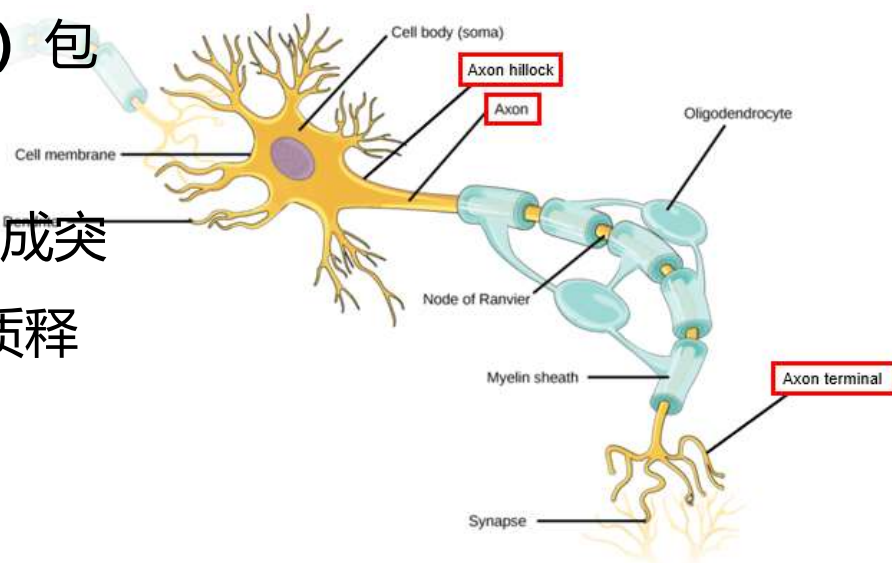
- 传导速度与轴突的直径大小成正比
- 神经元信号输出的结构
- 轴突内的细胞质为轴浆（axoplasm）



神经元的结构：轴突

包括轴丘、中间段和轴突终端

- 轴丘 (axon hillock)：胞体发出轴突的部位，**产生动作电位**
- 中间段：主干，由**髓鞘 (myelin)** 包裹
- 轴突终端 (axon terminal)：形成突触前结构，参与突触前膜神经递质释放



树突与轴突的区别？

作答

脑与认知科学

轴突vs树突

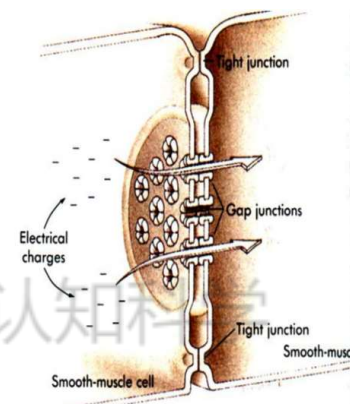
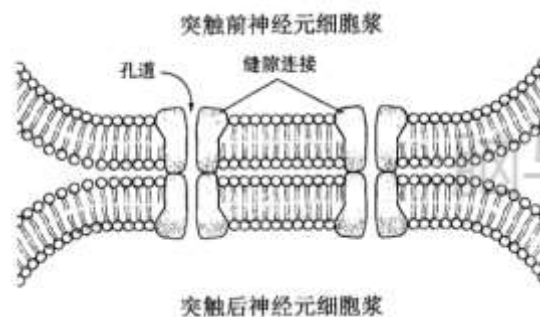
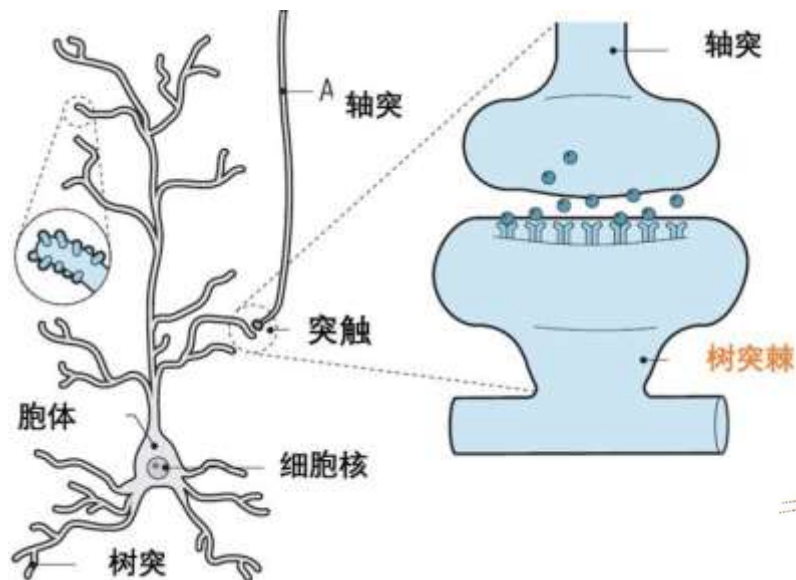
		轴突	树突
形态结构	数量，长度	每个神经元有一根，长且分支少	多且可变，短，有多级分支
	起始阶段	远离胞体	胞体的延伸
	末端	不逐渐变细	逐渐变细
	棘刺	无	常有树突棘
	髓鞘	部分轴突发生髓鞘化	极少发生髓鞘化
功能	信息传递	传出，通常为突触前	接受、处理信息，通常为突触后
	蛋白合成	基本无，不含核糖体和粗面内质网	可局部合成

神经元的结构：突触

突触是神经元与神经元之间，或神经元与非神经细胞等之间的特化细胞连接，是神经元之间信息传递的关键性结构。

突触分类：

- 化学突触
- 电突触
- 混合性突触



神经元的分类

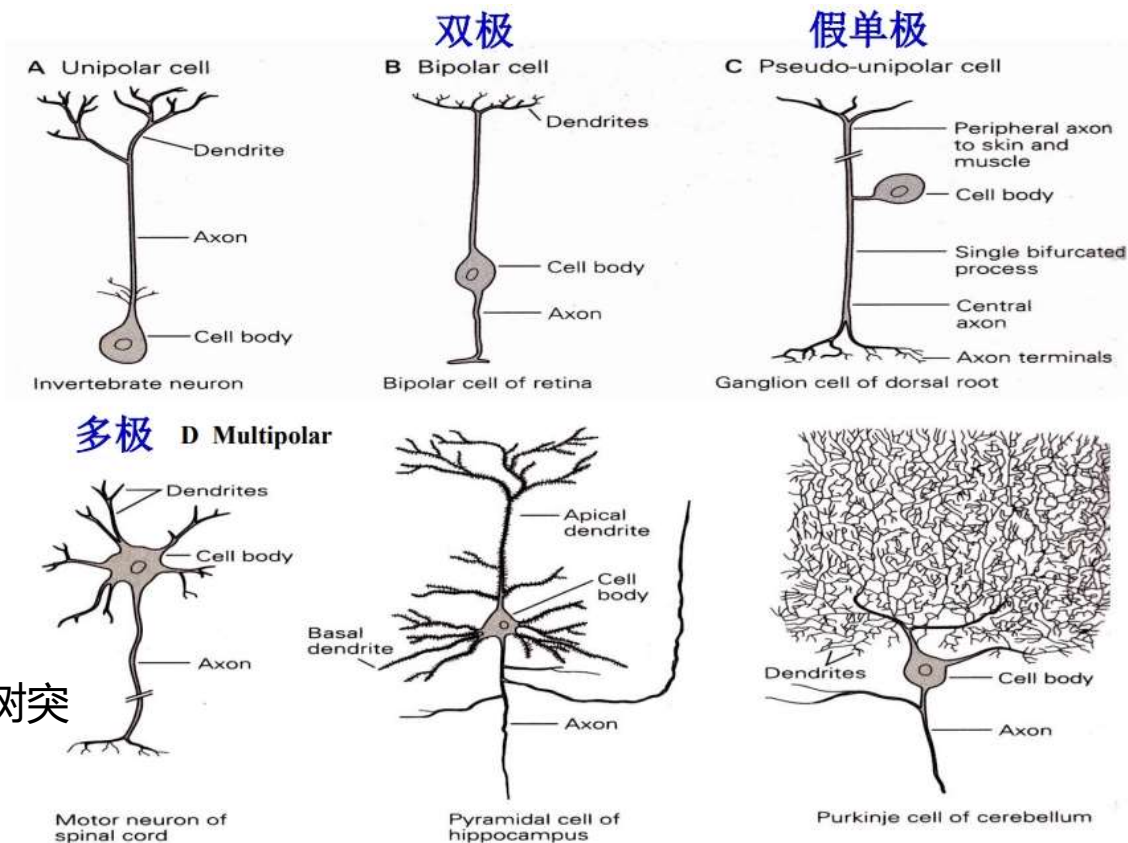
可根据：

- (1) 神经元突起的数量
- (2) 神经元在反射弧中的位置
- (3) 对突触后神经元的影响
- (4) 神经元释放的神经递质
- (5) 轴突的长短

神经元的分类

1) 根据突起的数量

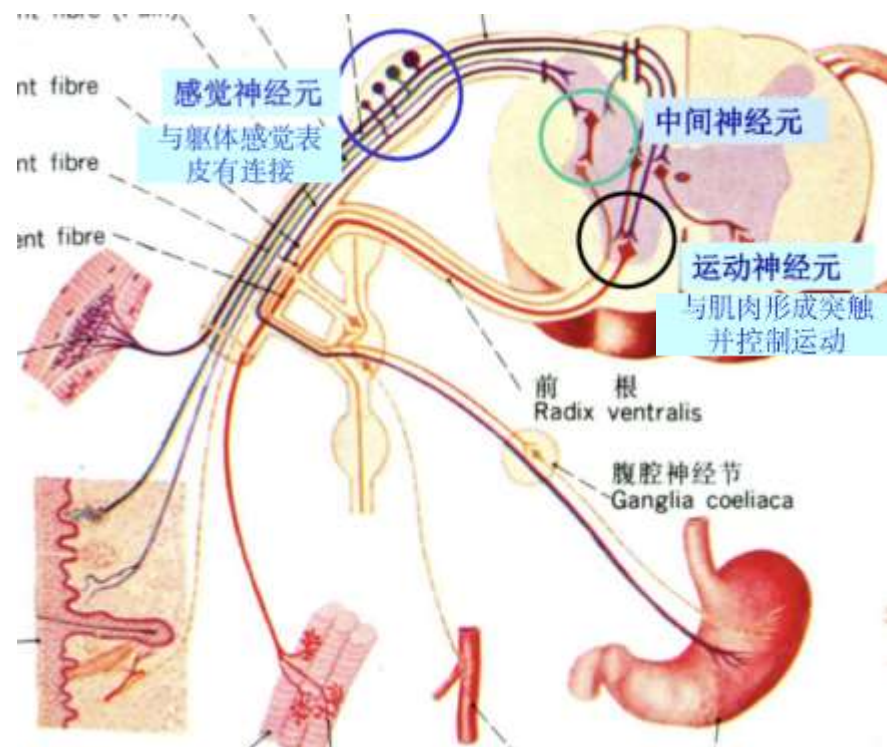
- 单极神经元
 - 后期发育为伪单极神经元
 - 成体的神经系统中较少见
- 假单极神经元
 - 从胞体发出一个突起
 - 呈T型，形成两个分支
- 双极神经元
 - 胞体两端各发出一个轴突和树突
- 多极神经元
 - 多个树突和轴突



神经元的分类

2) 根据神经元在反射弧中的位置

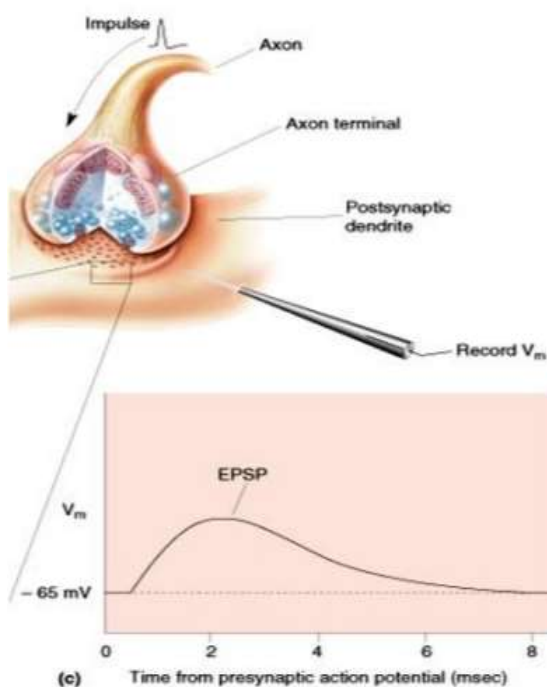
- 传入（感觉）神经元
 - 信号传输外周→中枢
- 中间（联络或称整合）神经元
 - 位于感觉和运动神经元之间，起联络、整合等作用
- 传出（运动）神经元
 - 中枢→肌肉和腺体等效应器



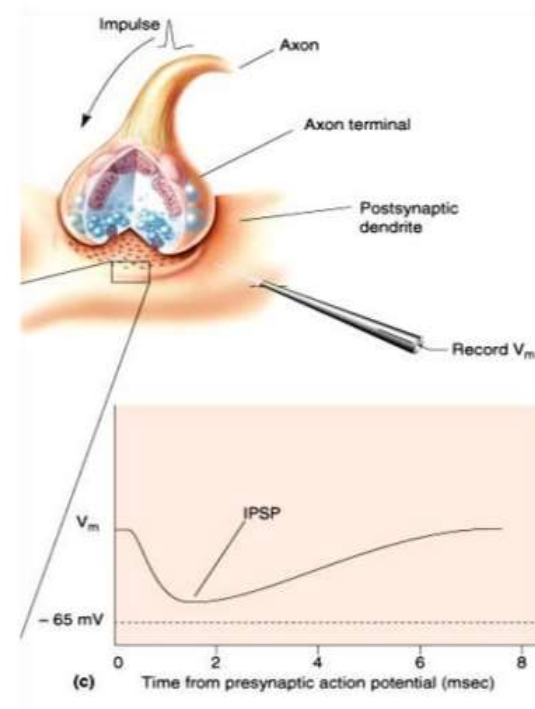
神经元的分类

3) 根据对突触后神经元的影响

- 兴奋性神经元
- 抑制性神经元



EPSP:兴奋性神经元



IPSP:抑制性神经元

神经元的分类

4) 根据神经元释放的递质

- 胆碱能神经元 (Cholinergic neuron) eg: 乙酰胆碱
- 肾上腺素能神经元 (Adrenergic neuron) eg: 去甲肾上腺素
- 氨基酸能神经元 (Amino acidergic neuron) eg: 谷氨酸
- 胺能神经元 (Aminergic neuron) eg: 多巴胺
- 肽能神经元 (Peptidergic neuron) eg: 脑啡肽

神经元的分类

5) 根据轴突的长短

- Golgi type I——胞体大轴突细长，连接范围较广
- Golgi type II——胞体小轴突短，与临近神经元连接

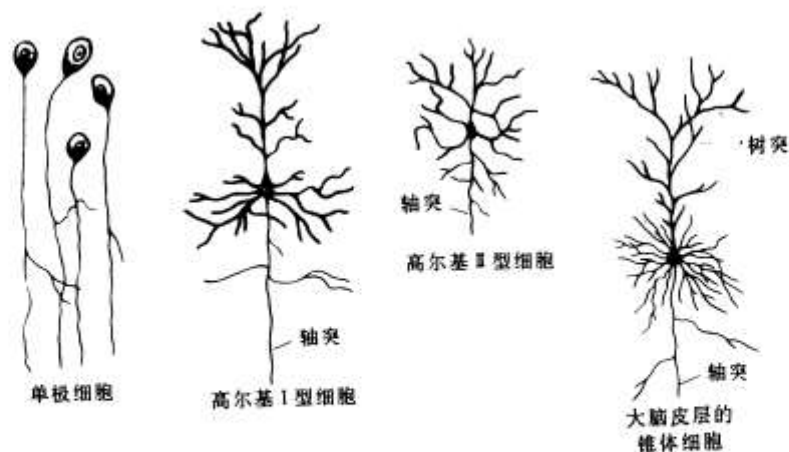
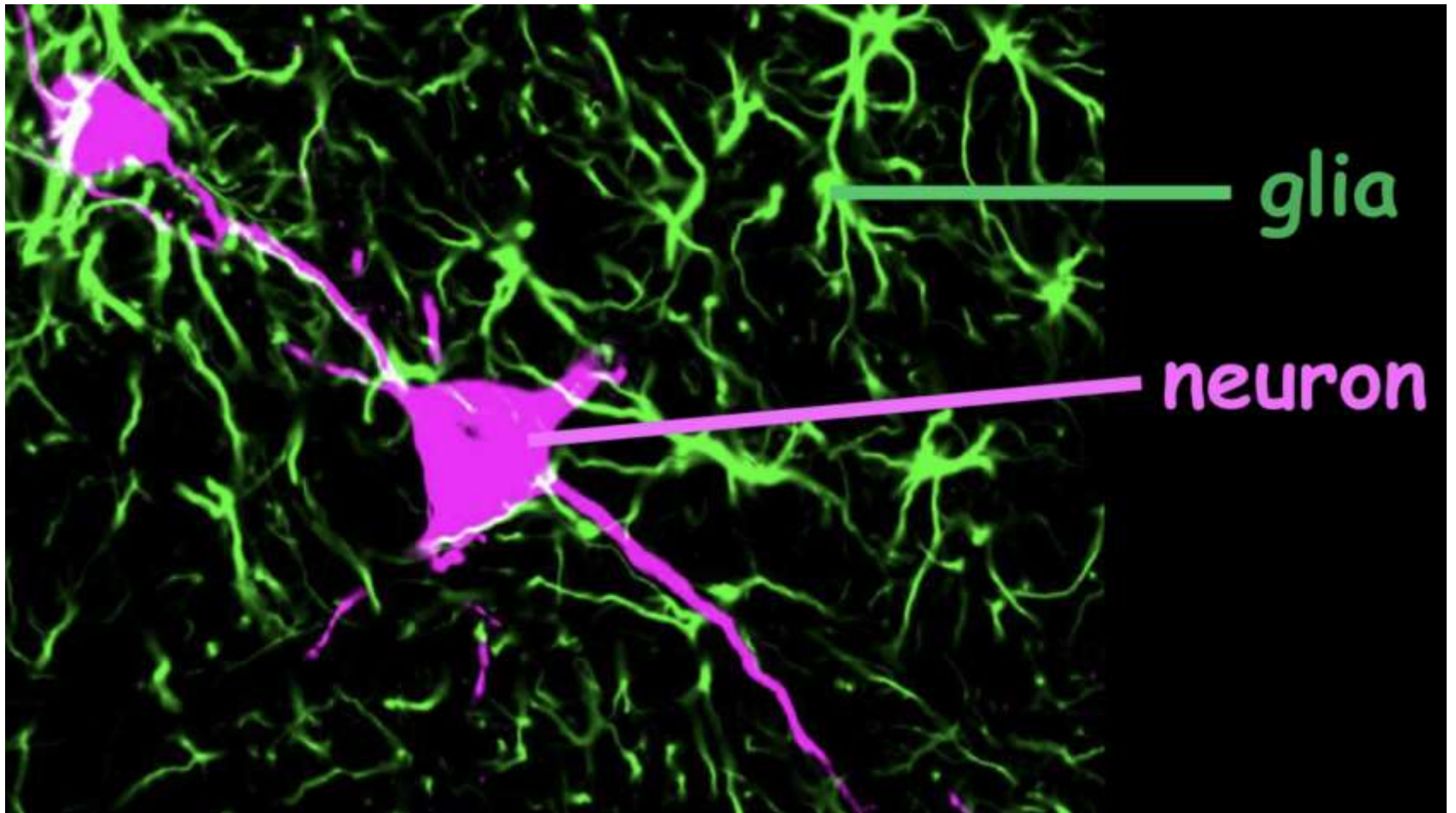


图 8-3 神经系统中的神经元类型

由左自右,依次为:单极细胞、高尔基 I 型神经元、高尔基 II 型神经元和大脑皮质的锥体细胞。(引自 House LE et al, 1978.)



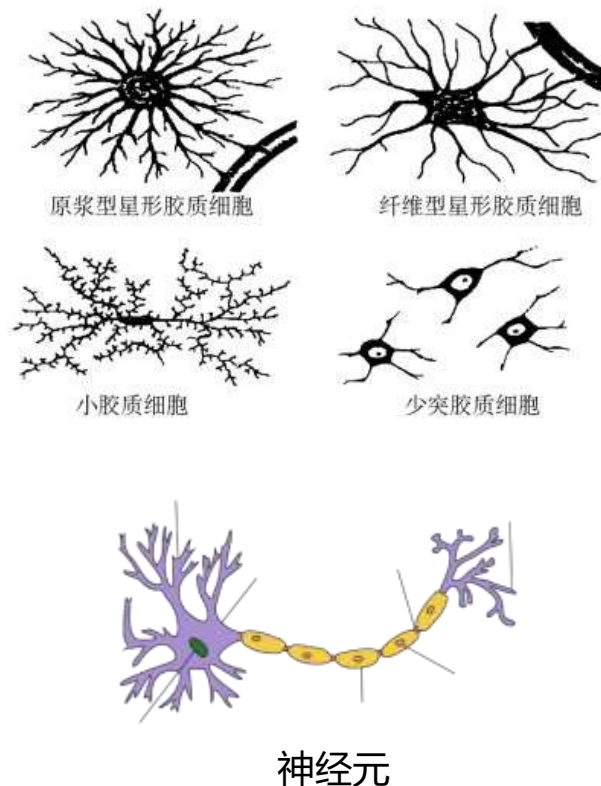
脑与认知科学

胶质细胞 (Glial Cell)

胶质细胞或神经胶质细胞 (neuroglia) 是一类非神经元细胞，承担着包括对神经元提供结构支持和绝缘以保证神经元间信息传递更为有效等。

特点：

- 数量远多于神经元 (10 ~ 50倍)
- 较神经元小
- 突起多而不规则
- 不分轴突和树突
- 具有增殖能力
- 不能传导电信号



脑与认知科学

胶质细胞的分类

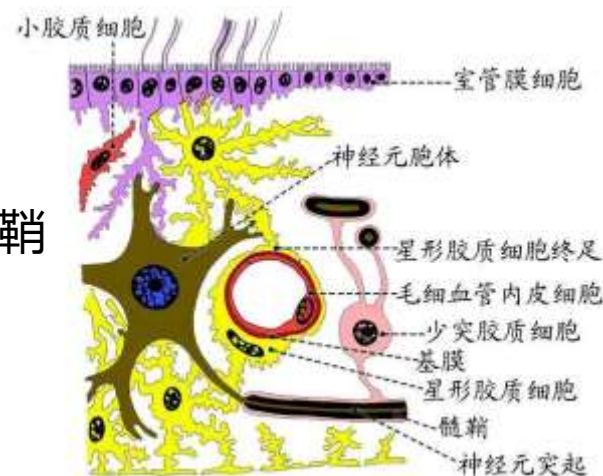
胶质细胞存在于中枢神经系统和周围神经系统，但是存在的胶质细胞的类型是不同的。

中枢神经系统：

- 星形胶质细胞（astrocyte）-- 形成血脑屏障
- 少突胶质细胞（oligodendrocyte）-- 形成髓鞘
- 小胶质细胞（microglia）-- 吞噬作用

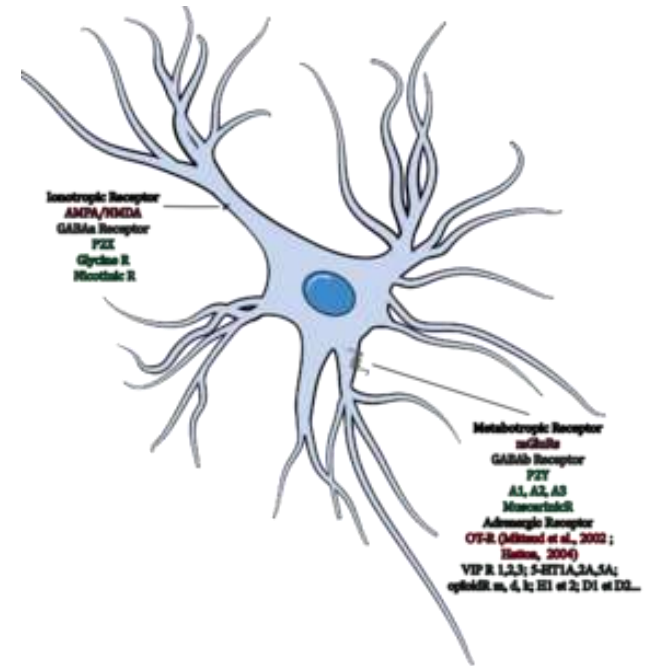
外周神经系统：

- 雪旺细胞（Schwann cell，施万细胞）-- 形成髓鞘
- 卫星细胞（satellite cell）



星形胶质细胞 (Astrocyte)

- **特点**——星形胶质细胞位于中枢神经系统，脑内数量最多，具有星形的突起，体积最大
- **功能**——支持和分离神经细胞的作用；胶质细胞包绕神经元的表面，对神经元与毛细血管起到保护作用；帮助维持血脑屏障 (blood-brain barrier, BBB)



血脑屏障 (Blood-brain barrier)

大脑不能替换受损的神经元，为了降低对大脑不可逆转的破坏，**大脑的血管周围建构了一座屏障，可以阻挡大多数病毒、细菌和有害物质。**

- 血脑屏障的变化是阿尔茨海默病的早期标志物
- 血脑屏障的损坏程度与阿尔茨海默病的严重程度密切相关

nature

[Explore content](#) [About the journal](#) [Publish with us](#)

[nature](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Published: 29 April 2020](#)

APOE4 leads to blood–brain barrier dysfunction predicting cognitive decline

[Axel Montagne](#), [Daniel A. Nation](#), ..., [Borislav V. Zlokovic](#)  [+ show authors](#)

[Nature](#) **581**, 71–76 (2020) | [Cite this article](#)

39k Accesses | **292** Citations | **357** Altmetric | [Metrics](#)

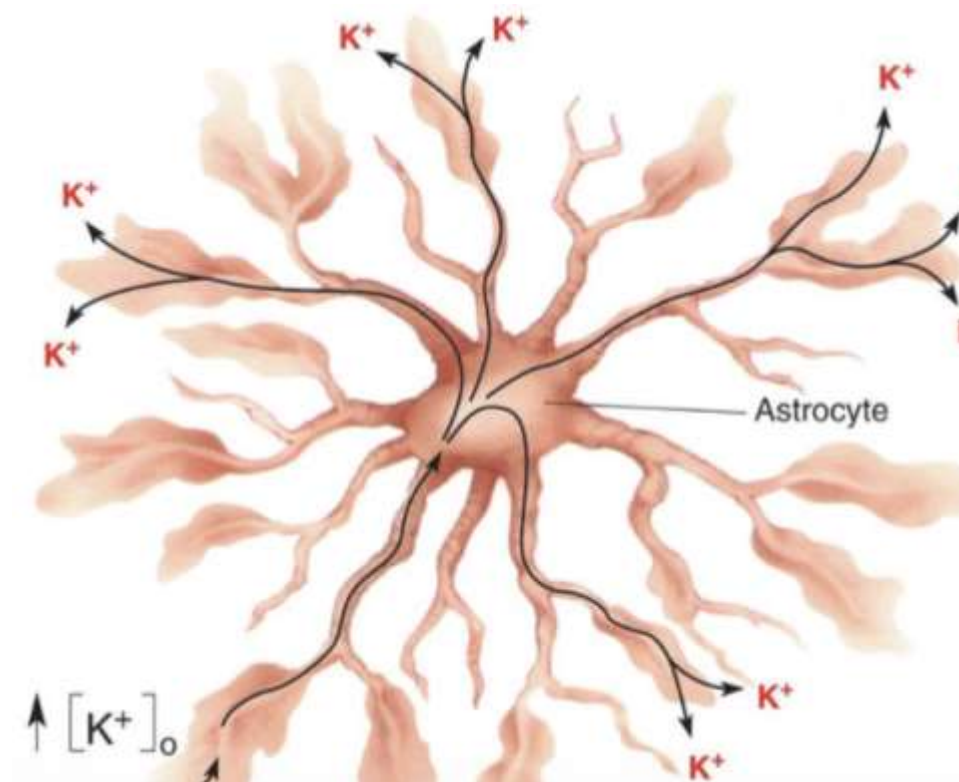


脑与认知科学

调节脑内离子平衡

癫痫 (epilepsy)

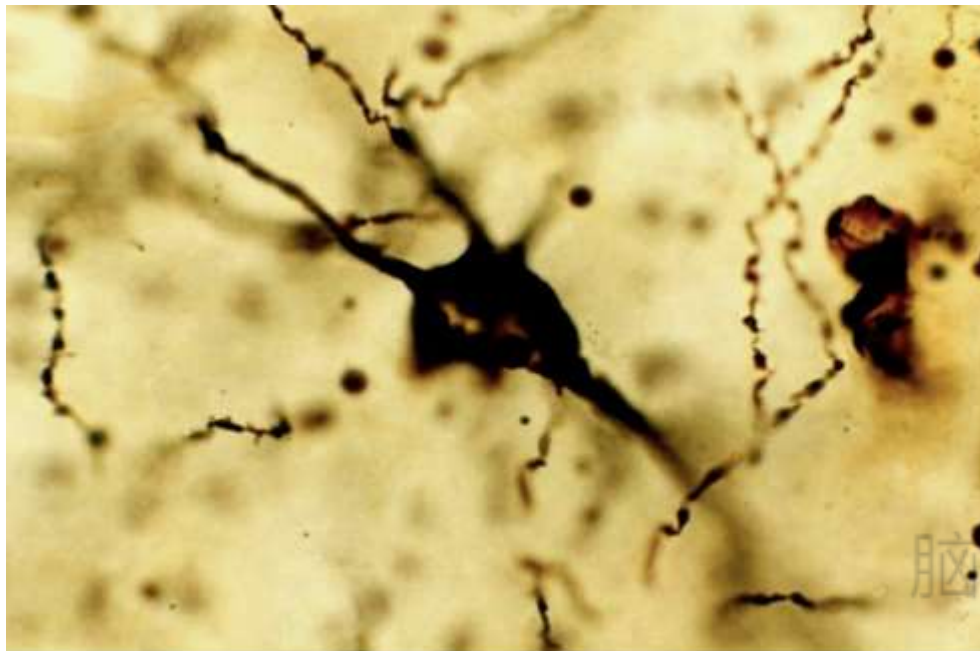
- 星形胶质细胞功能紊乱时，细胞外间隙中钾离子不能被星形胶质细胞所吸收
- 细胞外 K^+ 浓度升高，导致神经元兴奋性增高，从而易使神经元发生癫痫样放电



少突胶质细胞（oligodendrocyte）

又称为寡突胶质细胞

- 提供一层层的膜以隔离轴突，形成有髓神经纤维
- 比星形胶质细胞要小，常规染色只见小而圆的核
- 中枢神经系统内的**成髓鞘细胞**，增加神经信号的传导速度

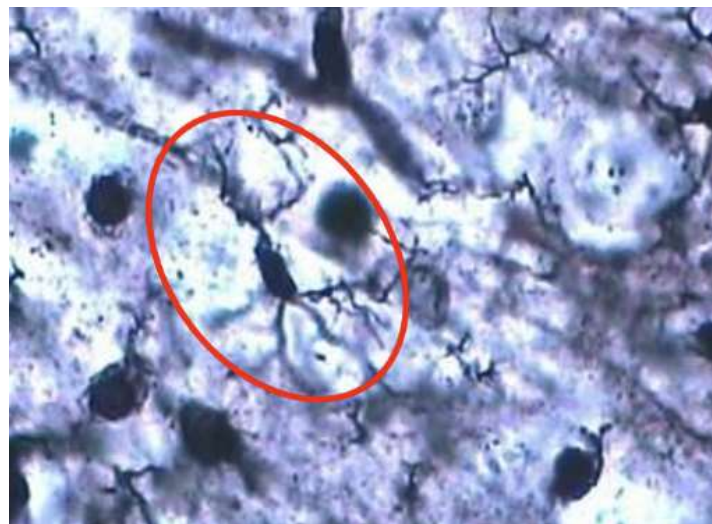


少突胶质细胞光镜像（镀银染色）

小胶质细胞 (microglia cell)

占中枢神经细胞的5-12%，是最小的一种胶质细胞，呈细长或椭圆形，表面有小棘突。

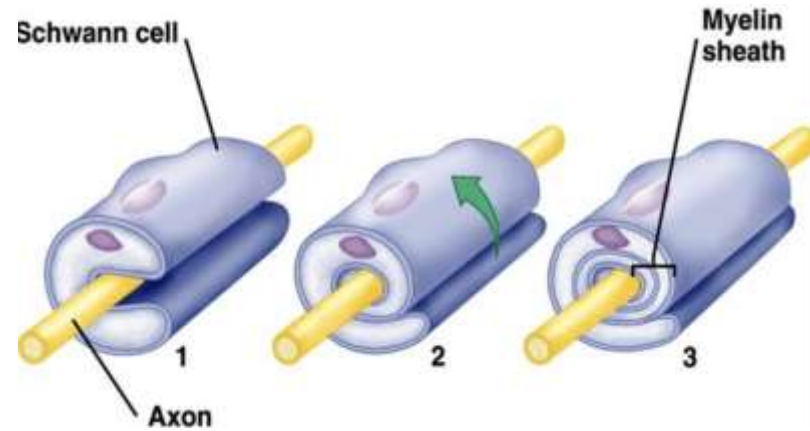
- 在脑及脊髓中各处可见
- 在灰质的分布较白质多
- 突起的分支数因部分不同而有差异
- 作为神经系统的免疫细胞，负责清除死亡细胞和病原体，“清道夫”



施万细胞 (Schwann cell)

周围神经系统形成髓鞘的胶质细胞

- 细胞呈梭形，包绕神经纤维每两个朗氏飞结间的结间段
- 细胞膜上存在电压激活的钠离子通道、钙离子通道等
- 胞内富含脂质，作为传感器，**增强轴突的信号传递**

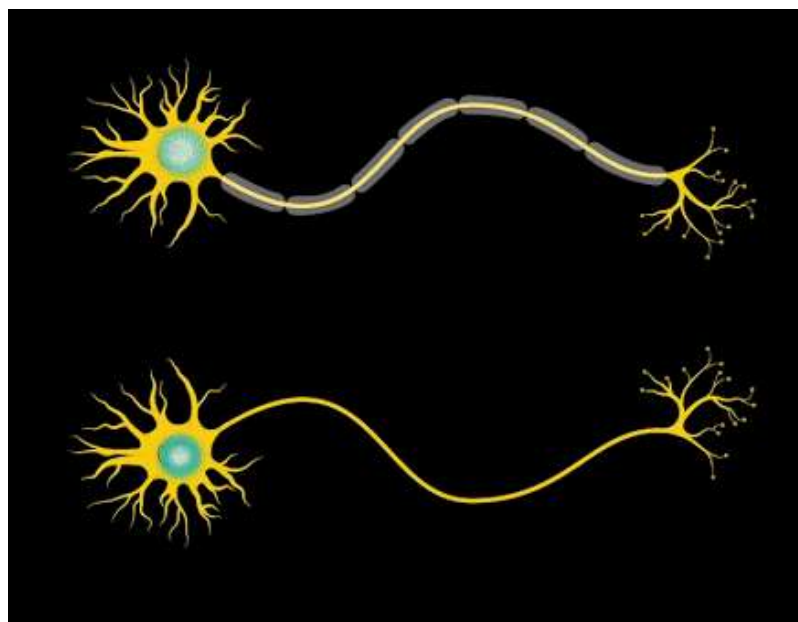
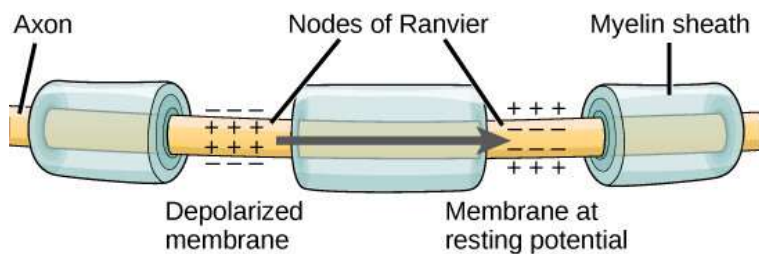


形成髓鞘的过程

髓鞘与郎氏飞结

郎飞结是指**有髓神经纤维中**，髓鞘之间的间隙，轴膜裸露，通常每隔一小段距离就会出现一个郎飞结。

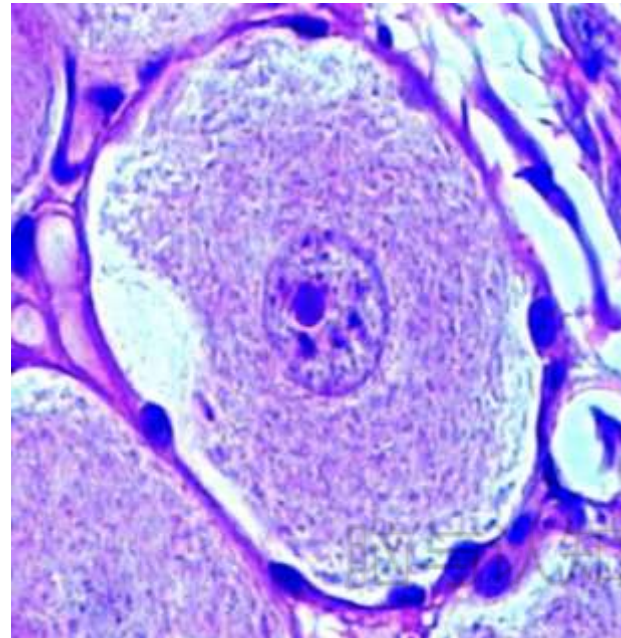
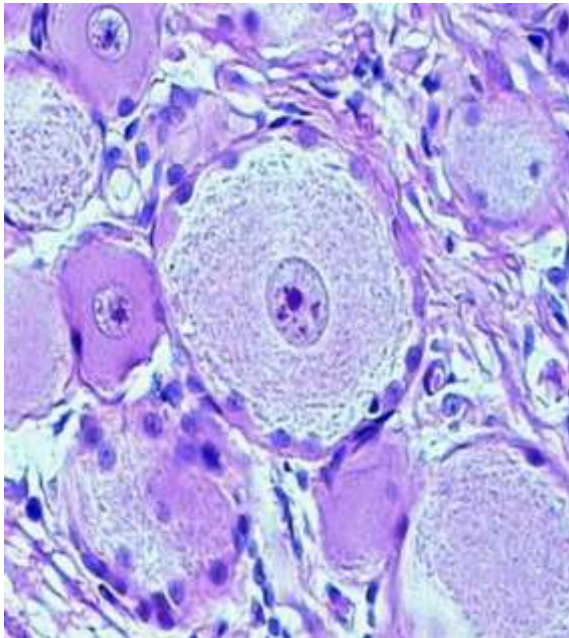
- 由于信号在郎飞结之间**跳跃式传导**，提高了**神经信号的传导速度**



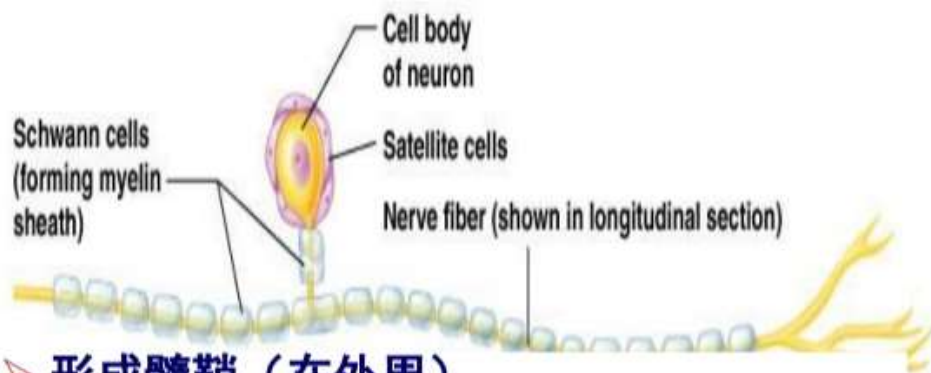
卫星细胞 (satellite cell)

又称神经节胶质细胞，囊细胞

周围神经神经节内，包裹神经元胞体的一层扁平或立方形细胞，对神经元起保护作用。

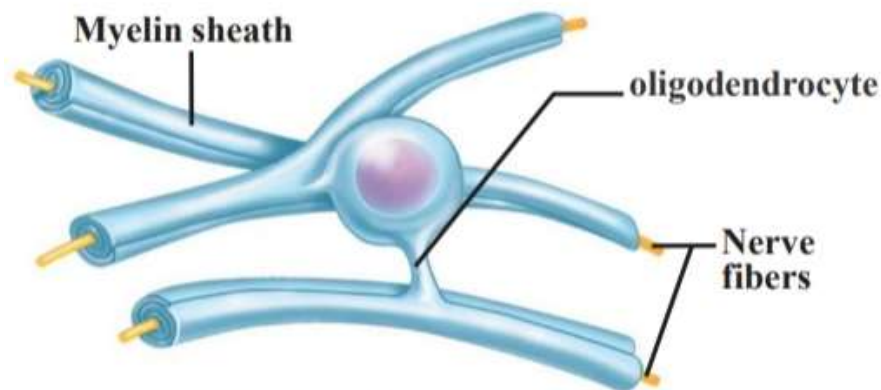


胶质细胞及其功能

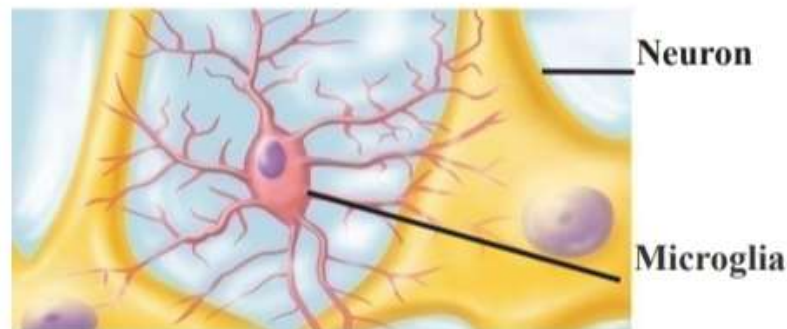


- 形成髓鞘（在外周）
- 具有支持、修复、绝缘、屏障等功能

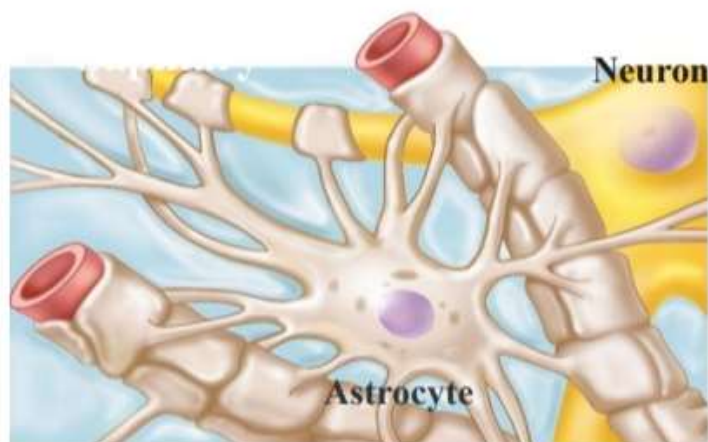
Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



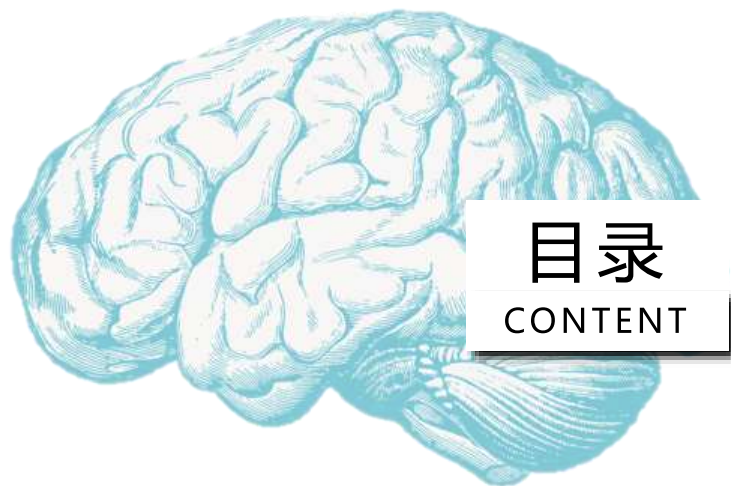
- 形成髓鞘（在中枢）
- 具有支持、修复、绝缘、屏障等功能



- 免疫防御功能



- 支持、神经元与毛细血管间的物质交换
- 参与突触的形成、神经元的发育
- 调节神经元周围的理化环境



目录

CONTENT

A

神经系统的细胞

B

神经电信号及细胞内电传导

C

突触传递

脑与认知科学

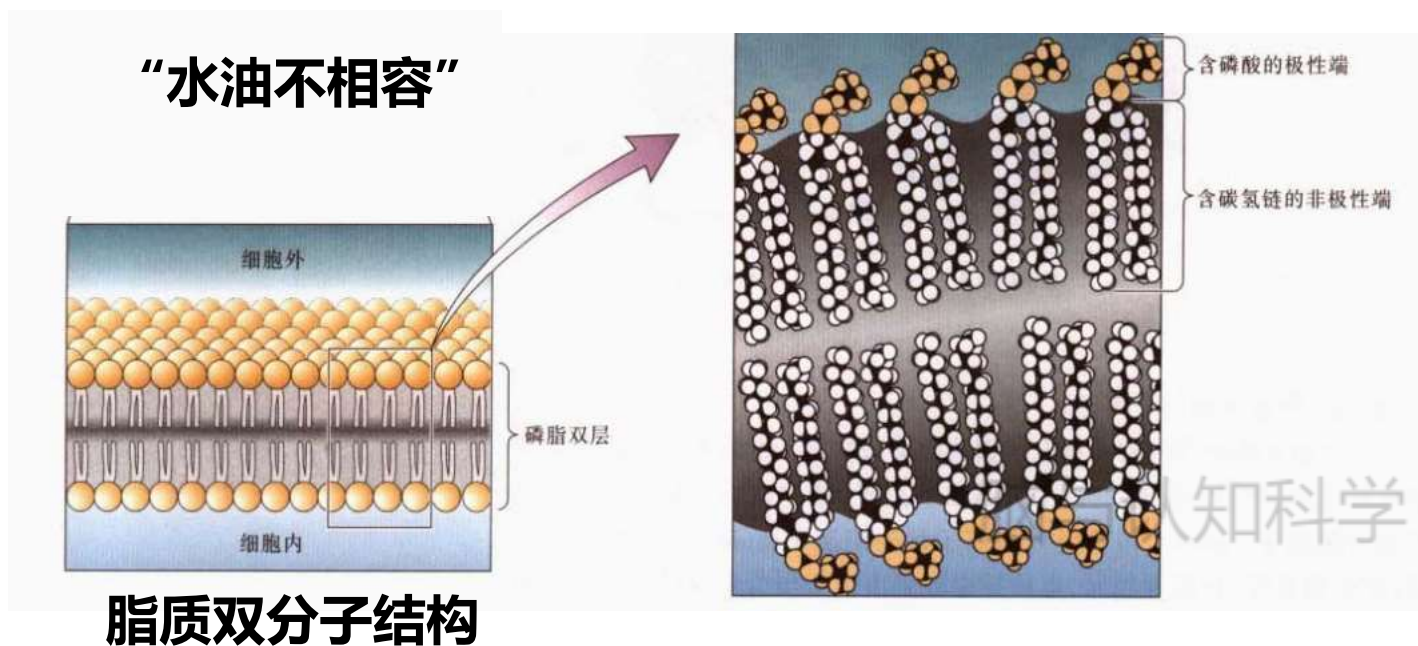
本节关键知识点

- 1、神经元膜的特点
- 2、膜静息电位的定义和产生机制
- 3、动作电位的特征和产生机制
- 4、局部电位的概念和类型

神经元膜 (Neuronal membrane)

其脂质成分70%以上为磷脂，30%为胆固醇和极少量的鞘质。

双层磷脂结构，非水溶，有一个亲水性的极性“头”和一个疏水性的非极性“尾”。两个脂质分子的疏水部分尾尾相接，亲水的两头朝向膜内和膜外将神经元的细胞质和细胞外液分隔开来。

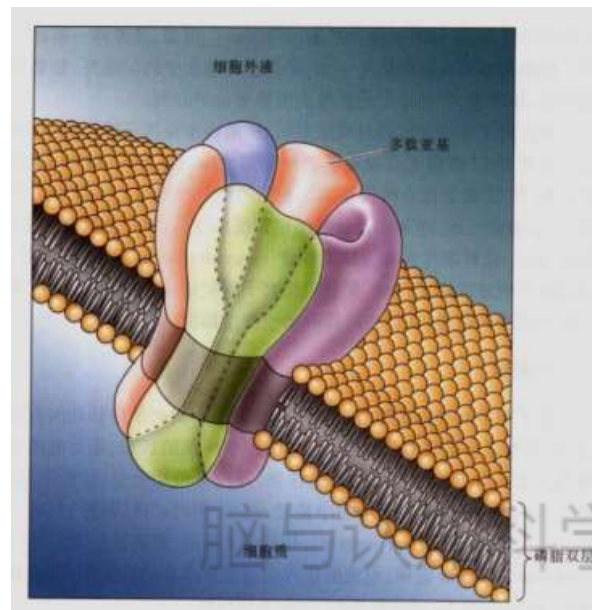


神经元膜蛋白

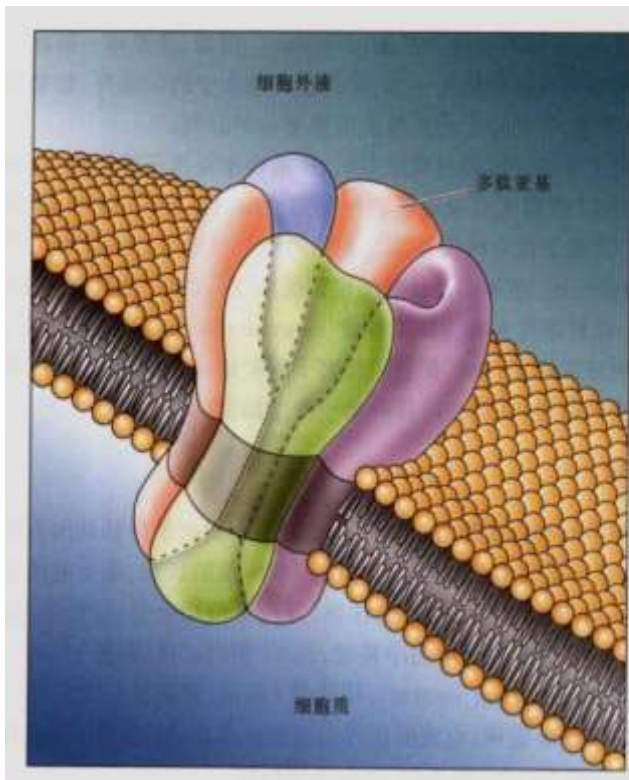
双层磷脂结构中嵌有蛋白质，把膜内物质泵到膜外。包括**离子通道**、运输蛋白、受体、酶等功能蛋白，不同的蛋白往往对特定类型的离子或分子具有专一性，如：

- **离子通道**：悬浮在磷脂双层中，疏水性埋于膜中，而亲水性暴露于膜两侧的水环境中
- **离子选择性 (ion selectivity)**
- **门控 (gating)**
- **载体蛋白**：通过结合特定的分子（如葡萄糖）并改变构象来协助其穿过膜

这些蛋白是离子跨膜转运的途径



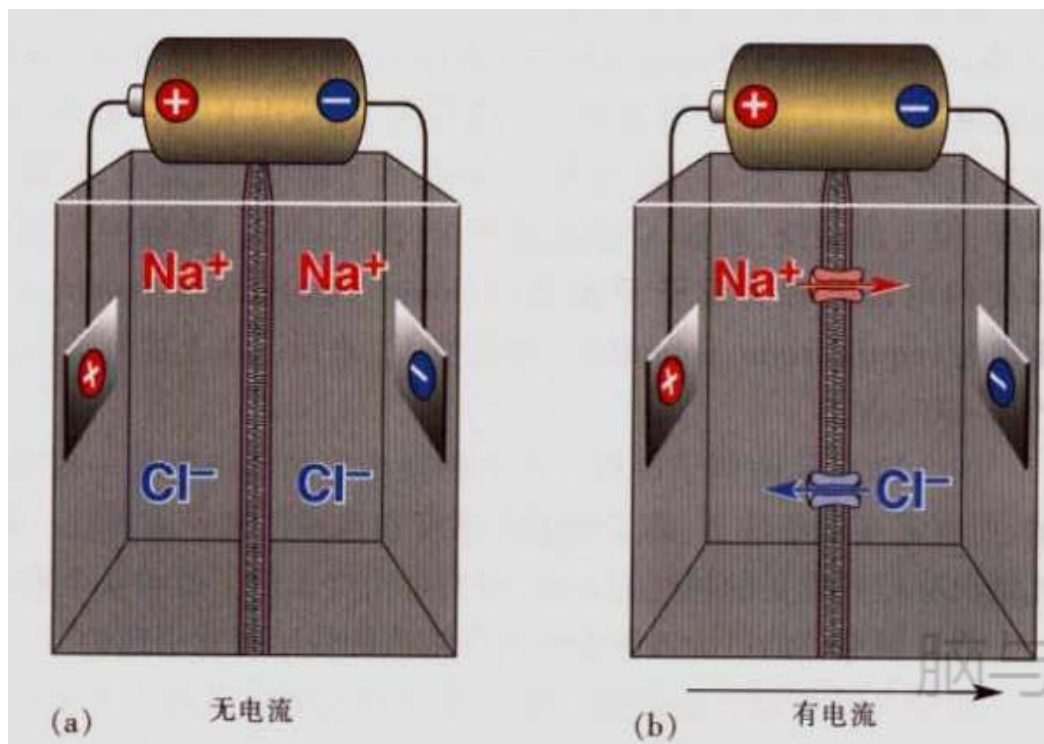
膜离子通道



离子的跨膜运动需要外力的驱动 认知科学

驱使跨膜运动的两个条件

- 膜拥有通透性离子的通道
- 有跨膜电位差的存在（离子浓度差）



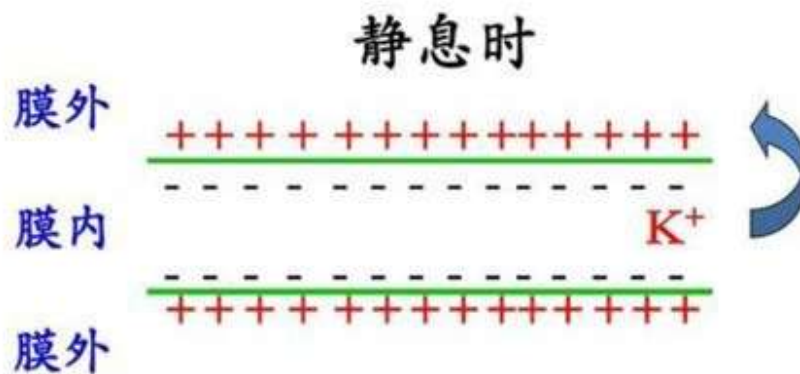
神经元的电活动是由膜电位形成和变化所产生的

脑与认知科学

膜静息电位 (Resting Membrane Potential)

膜电位 (membrane potential) : 细胞膜两侧的**电位差**，通常特指细胞膜内的电位。

膜静息电位：细胞在**未受刺激时**（**静息状态下**）存在于细胞膜内、外两侧的电位差（膜电位）。



静息电位：外正内负

脑与认知科学

膜静息电位 (resting potential, RP)

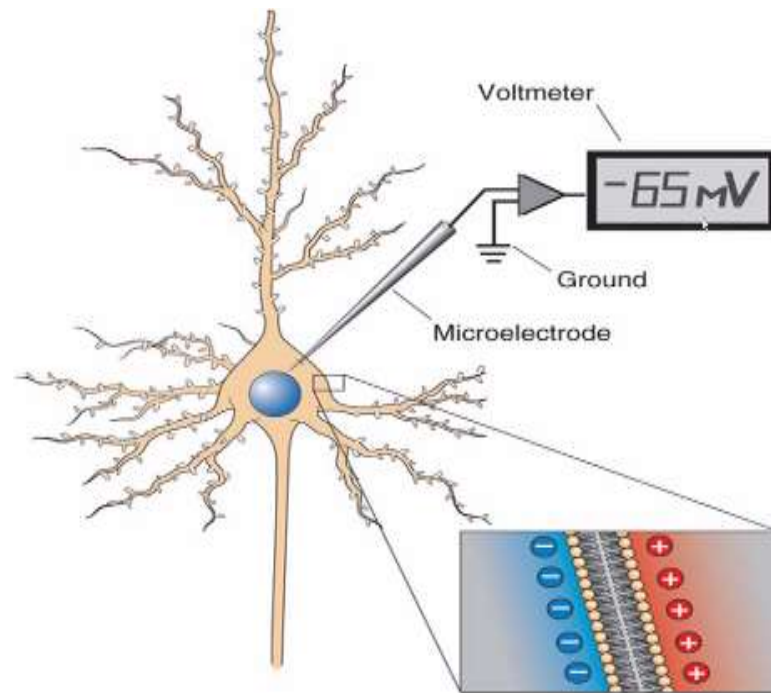
特征:

1) 记录到的电位都是负电位

典型静息电位为-65mV

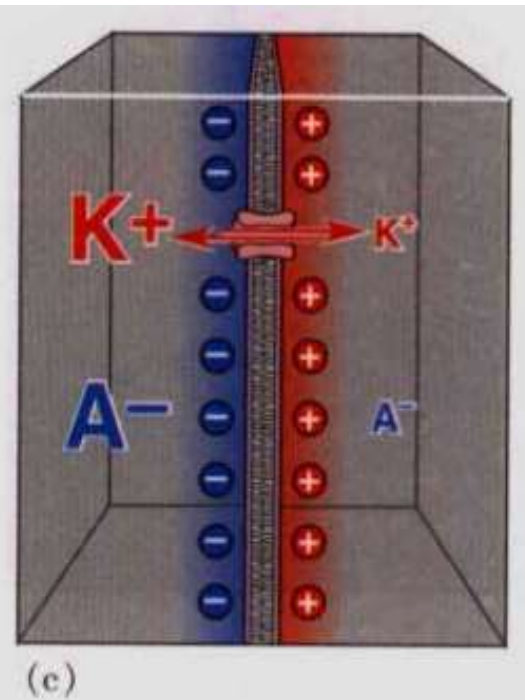
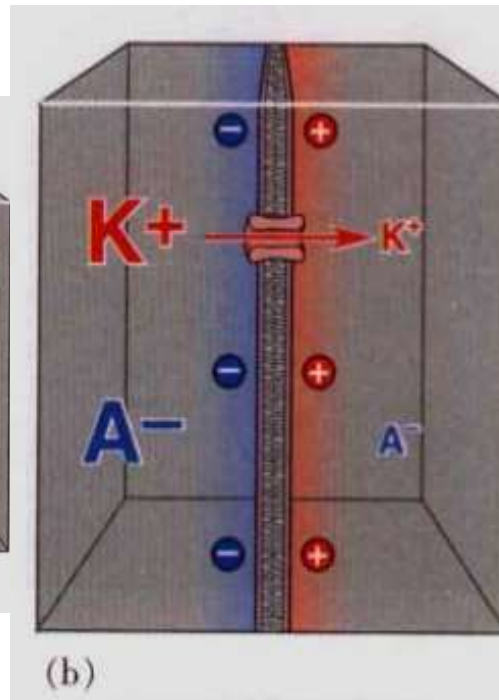
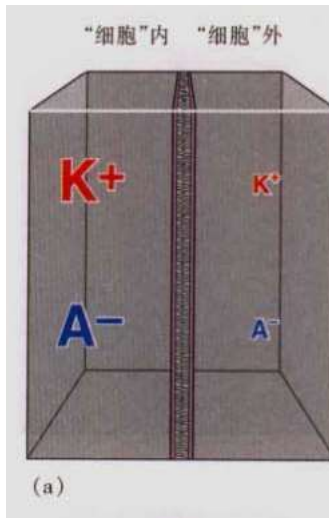
大多数为-60 ~ -90mV

2) 稳定的



静息状态下的细胞膜

假设：



有浓度差

细胞膜的选择性通透性
离子通道

电场驱动力和向外扩散
的驱动力恰好平衡，跨
膜净运动停止

脑与认知科学

离子浓度差

膜内外离子静息状态时，离子浓度分布：

Na⁺：外高内低

Cl⁻：外高内低

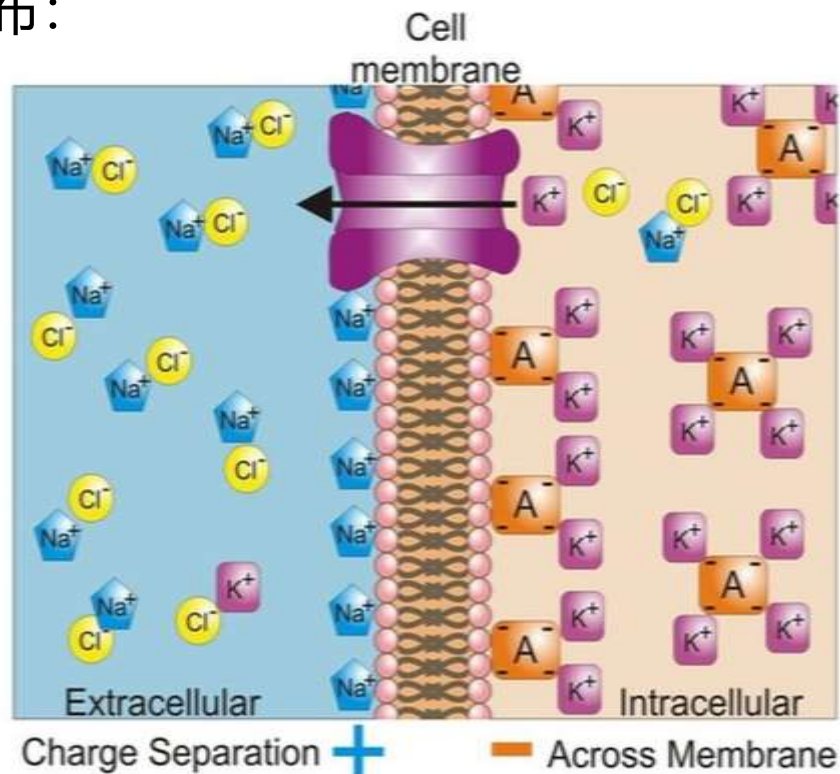
K⁺：外低内高

Ca²⁺：外高内低

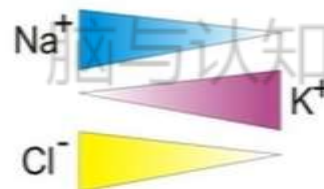
离子	细胞外	细胞内	外：内
K ⁺	5	100	1:20
Na ⁺	150	15	10:1
Ca ²⁺	2	0.0002	10000:1
Cl ⁻	150	13	11.5:1

*膜内K⁺浓度为膜外的20-30倍

*膜外Na⁺浓度为膜内的10-12倍



Ion Concentration Gradients

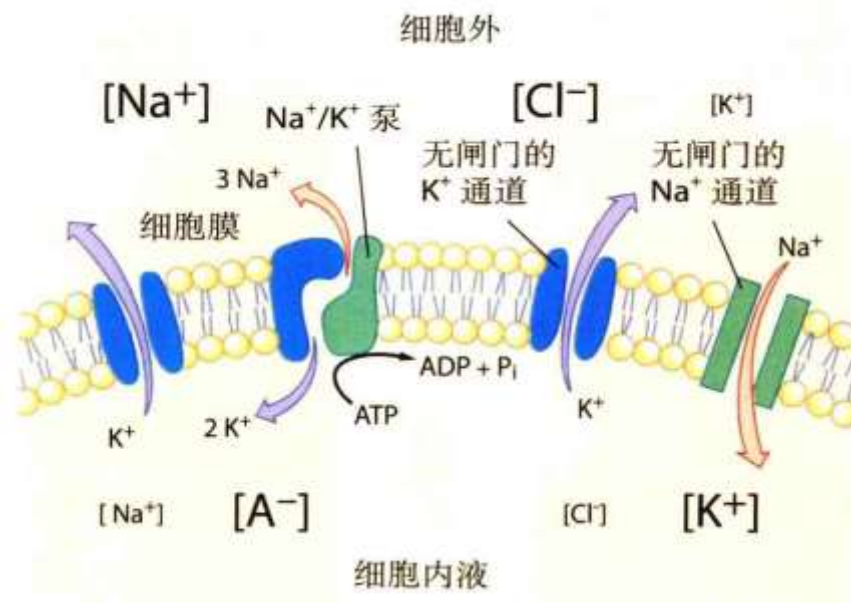


膜静息电位的产生机制

主要是由离子跨膜扩散形成的，带电离子的跨膜运动是神经元生物电活动的基础。

跨膜运动需要两个条件：

- 1) 细胞膜两侧离子的**浓度差**
- 2) 细胞膜对**钾离子**的选择性通透



细胞外的正电荷增加，而细胞内负电荷增加，形成了细胞膜上的钾通道膜内外两端“**外正内负**”的跨膜电位差

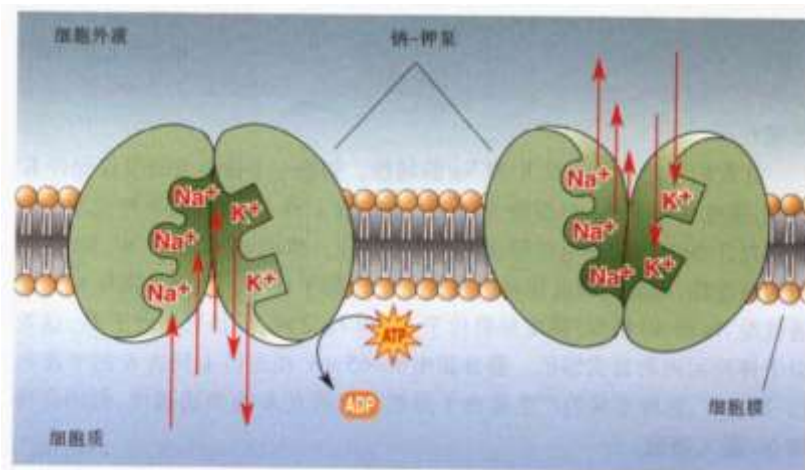
跨膜浓度是如何形成的？

膜内外离子浓度差的形成和维持需依赖新陈代谢，这一过程通过膜上**钠-钾泵**来完成。

钠钾泵

每次ATP水解驱动的泵动作会导致**3个 Na^+ 离子**从细胞内泵出，**2个 K^+ 离子**泵入细胞内，使膜内钠离子和膜外钾离子交换。

钾离子富集于神经元胞内，而钠离子富集于细胞外



离子泵推动离子进行**逆浓度跨膜运动（主动运输）**，需要消耗代谢能量，占到脑ATP消耗能量的70%

神经元静息电位是一种静态或功能的稳态，其变化才代表神经元功能的活动状态，成为神经电信号的表现。

神经元的膜电位变化

局部变化（局部电位）

- 以等级性和局限性为特征（显著衰减，局限于产生部位）
- 改变神经元的兴奋性

传播性变化（动作电位）

- 去极化局部电位基础上产生，大小形态一致，可长距离传播的电信号（不衰减性传导）
- 神经元兴奋或功能活动的标志

局部电位 (localized potential)

神经元受到刺激后，由膜离子活动产生跨膜离子电流所形成的、**不能远距离传播**的膜电位变化。

- **其离子机制为：**去极化的电流刺激产生去极化的电紧张电位，激活**少量钠离子通道而引起钠离子内流**，产生去极化膜电位的波动
- **依据刺激的性质不同，可分为：**感受器电位、效应器电位、突触电位等

局部电位的特点

- **等级性（刺激强度依赖性）**

- 局部电位的反应程度随着刺激强度的改变而改变，呈现分级特点

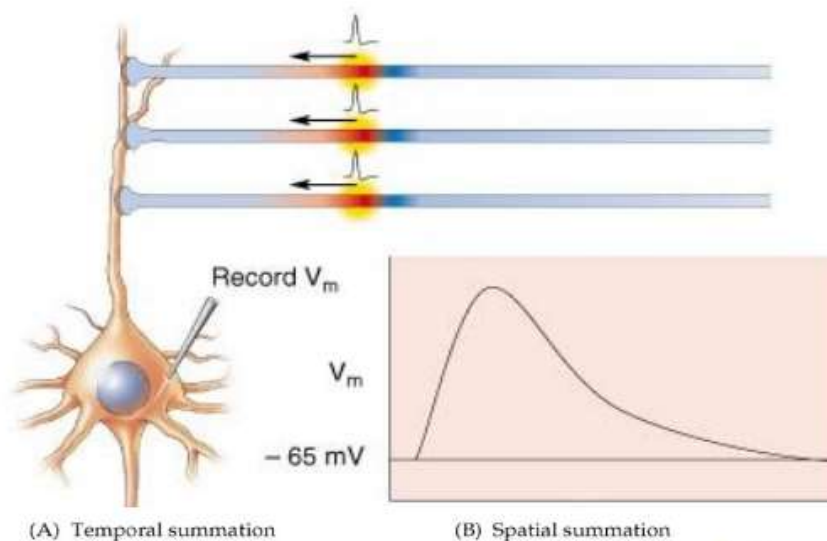
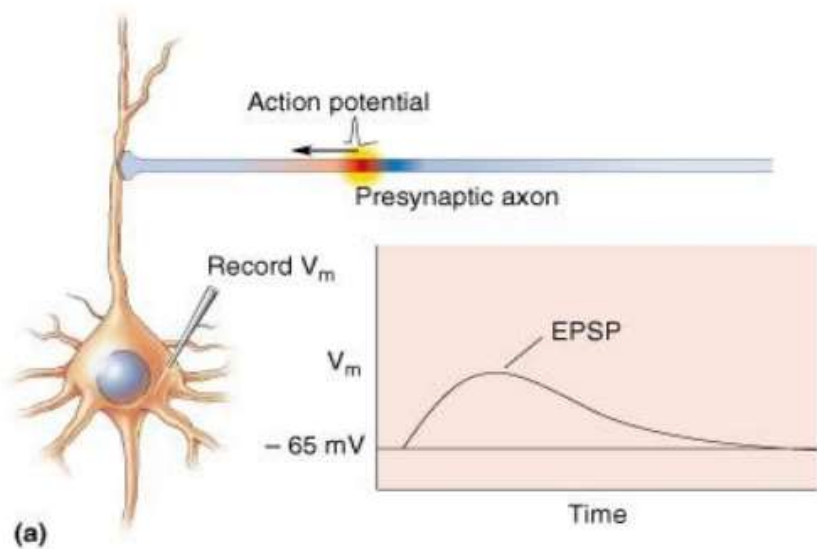
- **电紧张性扩布（局限性）**

- 只能像电紧张电位一样，由膜的被动电学特性决定被动扩布
- 电位变化随着扩布距离的增大迅速衰减，不能进行远距离传导

- **总和性**

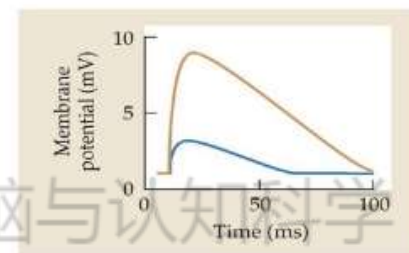
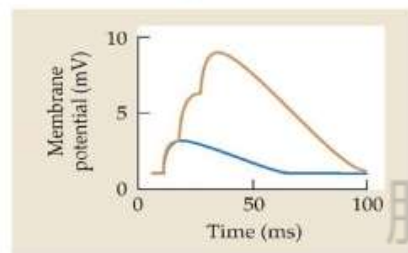
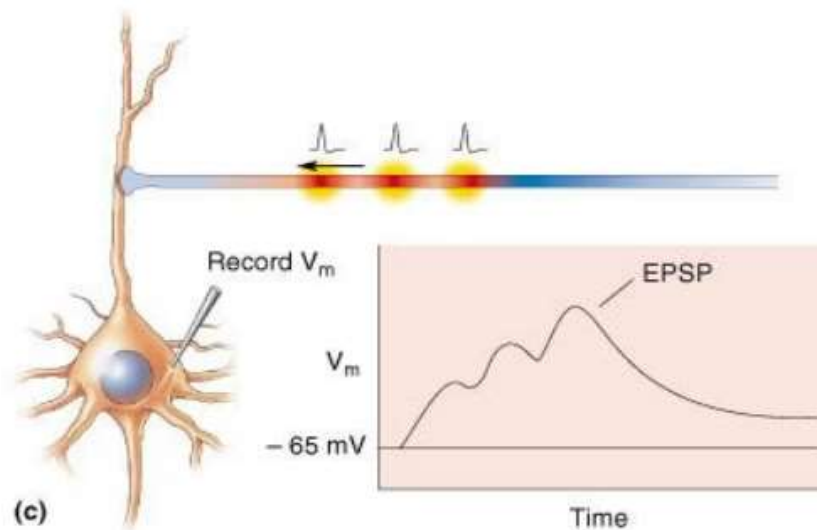
- 局部电位具有可相加性（或相减）
- 空间（spatial summation）和时间（temporal summation）总和

总和性



时间总和

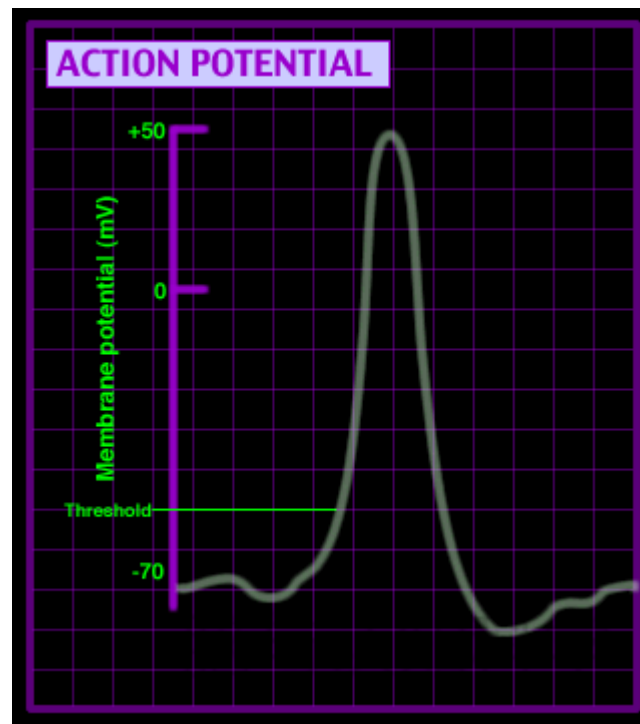
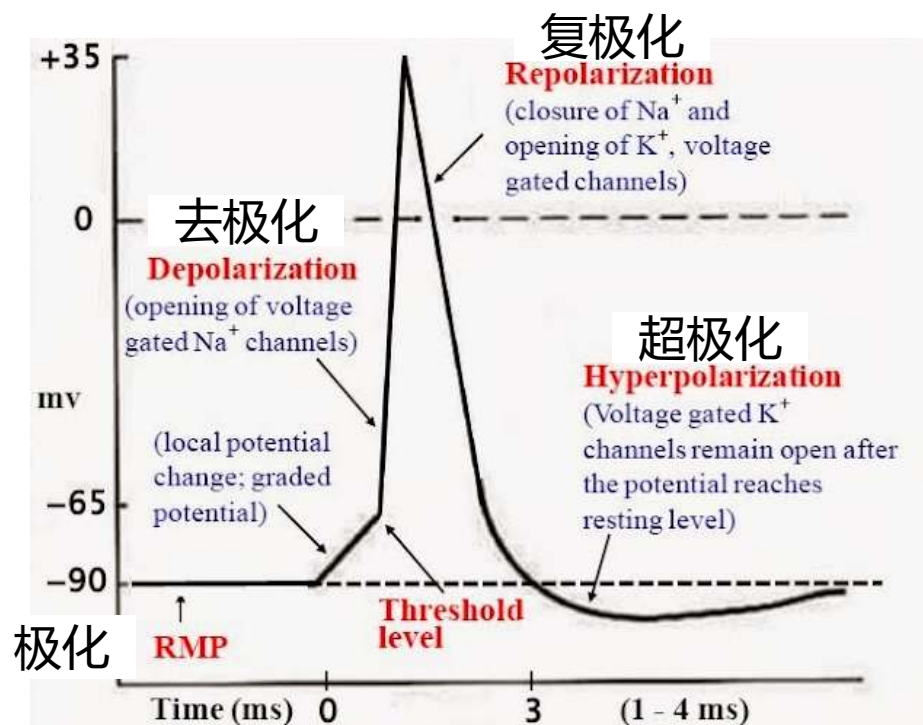
空间总和



脑与认知科学

动作电位 (action potential, AP)

神经元受到**阈上刺激**时，膜内电位发生**快速去极化和复极化**的兴奋性反应，并可**向远端快速扩布**的膜电位变化。



动作电位产生机制

通过钠离子通道和钾离子通道的有效开放和关闭来实现的。

- 在动作电位的产生过程中，**钠通道的快速开放**导致细胞内**钠离子大量流入**，使膜电位迅速**去极化**。这一过程是动作电位**上升相**的关键部分
- 在动作电位的后期，**钾通道开放**导致钾离子流出细胞，促使**膜电位复极化**并恢复到静息电位。这是动作电位**下降相**的关键

动作电位的特点

“全或无” 法则 (all or none)

- 阈下刺激不会形成动作电位
- 动作电位的变化幅度和速率与激活它的刺激强度和性质无关
- 刺激仅是产生AP的诱发因素

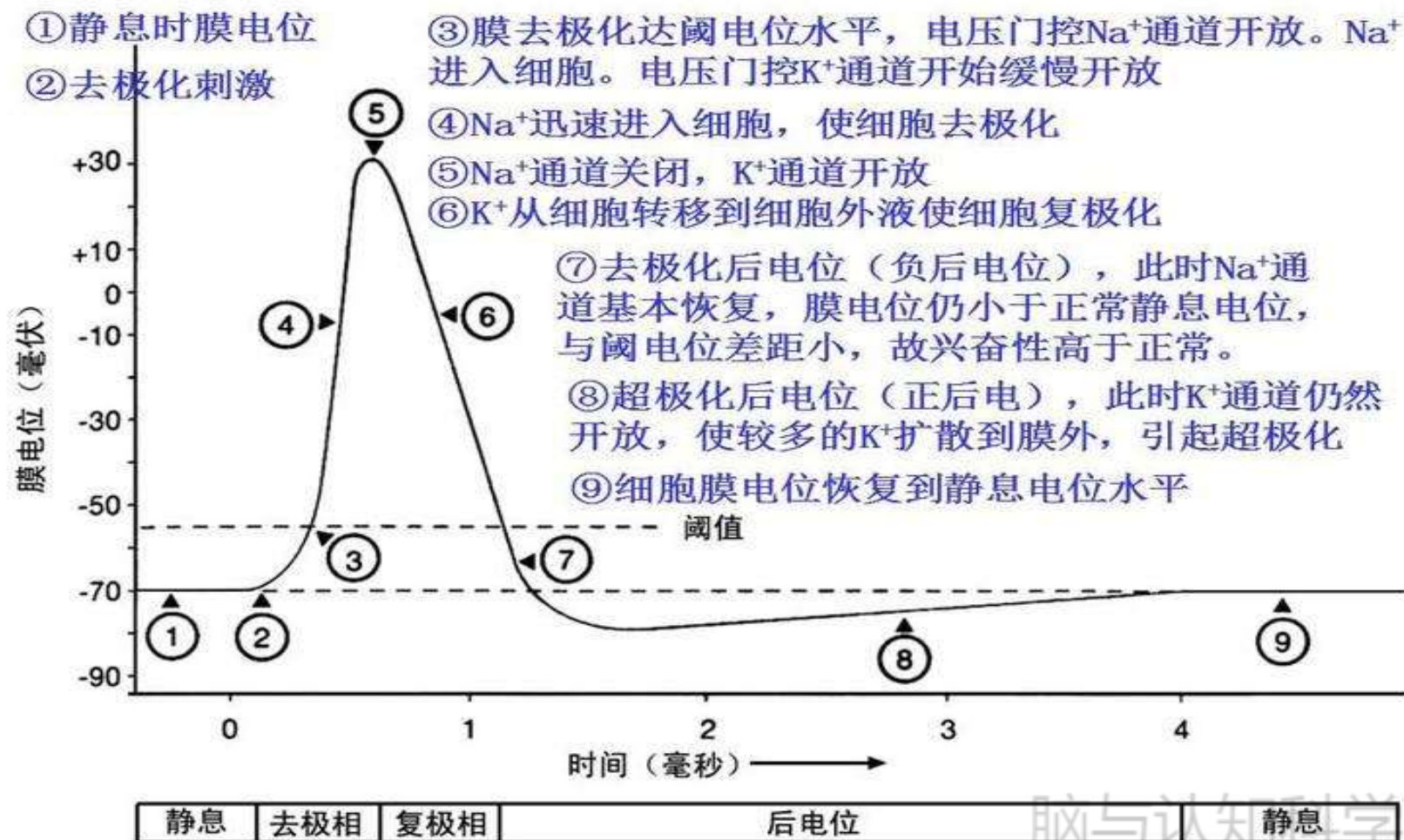
动作电位的特点

- “全或无”法则 (all or none)
- **全幅式传导**
 - 动作电位形成后，可沿着细胞膜**向远端扩散传播**，直至传播到末端，在扩散过程，其**波形和大小不变**
 - **不衰减性传导**，也可理解为“全或无”性质之一

动作电位的特点

- “全或无”法则 (all or none)
- 全幅式传导
- **不可叠加性**
 - 产生AP期间，神经元的兴奋性会发生改变，特别是有**绝对不应期的存在**，不可能在发生AP的同时又出现另一个AP，也就是**不能出现总和或叠加现象**
 - 更体现了“全或无”，即不受时间因素的影响

动作电位的过程



以下哪项正确地概述了局部电位与动作电位在神经信号传导中的生理机制差异？

- ☐ A 局部电位能沿长距离传播而不衰减，而动作电位只能在局部区域形成
- ☒ B 动作电位在其传播过程中需要达到阈值才能触发，而局部电位的形成不需要达到阈值
- ☒ C 局部电位的强度与诱发它的刺激强度成线性关系，而动作电位的发放频率与刺激强度有关
- ☐ D 动作电位可以叠加导致合并，而局部电位因绝对不应期现象不能叠加

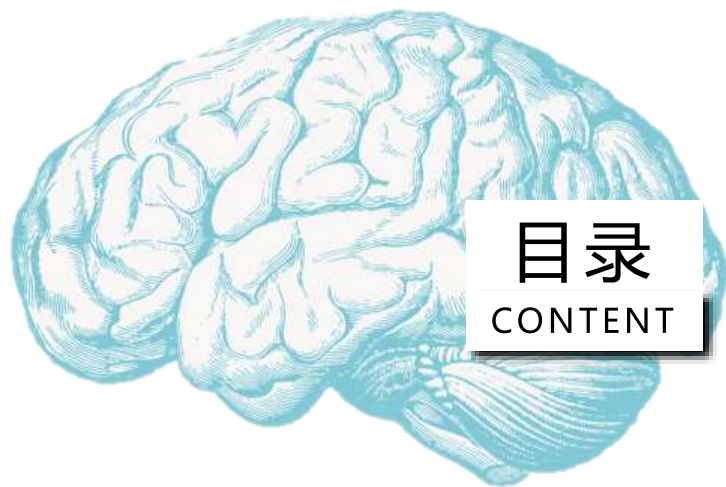
脑与认知科学

提交

局部电位 vs 动作电位

表 2.2 分级电位和动作电位的主要差异

特征	分级电位	动作电位
振幅	随刺激而改变	全或无；通常振幅相同
总和	可以累加	不能累加
阈值	无	有
不应期	无	有，绝对和相对
传导	衰减	不衰减
持续性	多变的	在恒定条件下，对于某种细胞类型是恒定的
极化	去极化或超极化	只有去极化
启动	信号传递和神经传递启动	分级电位启动
通道	非电压门控	电压门控



目录 CONTENT

A

神经系统的细胞

B

神经电信号及细胞内电传导

C

突触传递

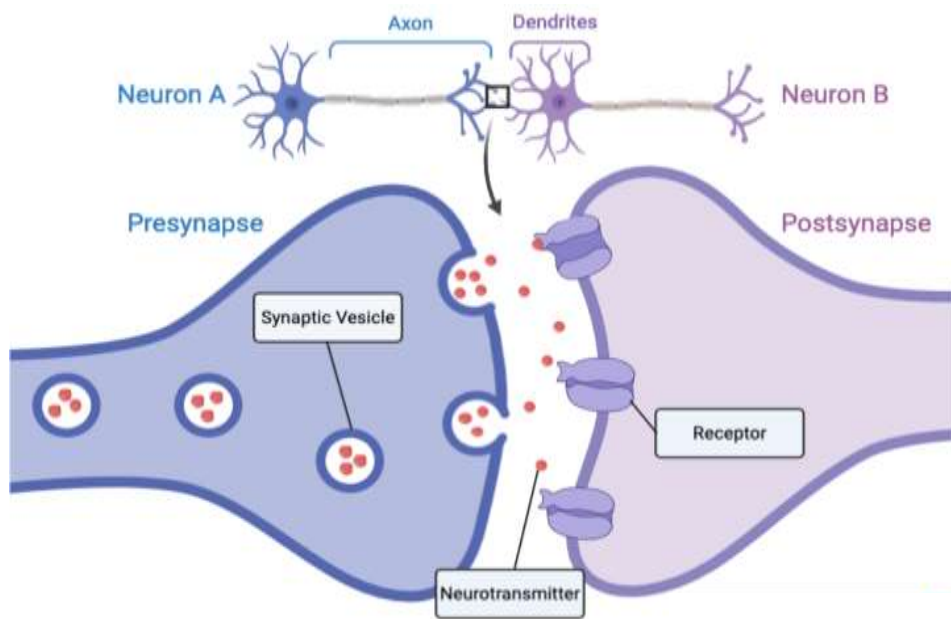
脑与认知科学

本节关键知识点

- 1、突触的类型与特点
- 2、化学性突触与电突触的区别
- 3、经典性化学突触传递的全过程

神经元之间的相互作用：突触 (synapse)

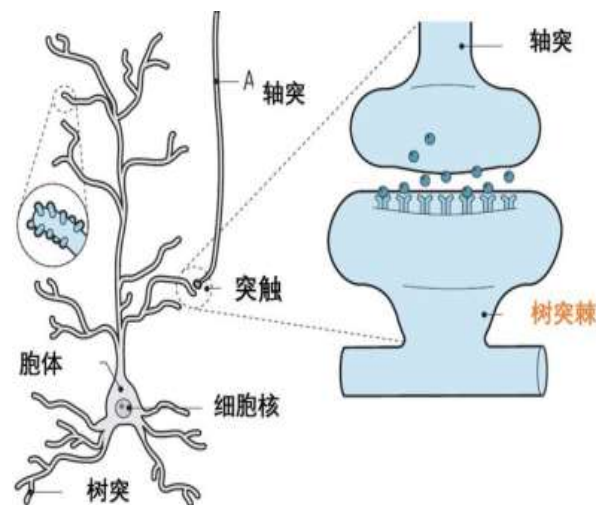
突触是神经元与神经元之间，或神经元与非神经细胞等之间的特化细胞连接，是神经元之间信息传递的关键性结构。



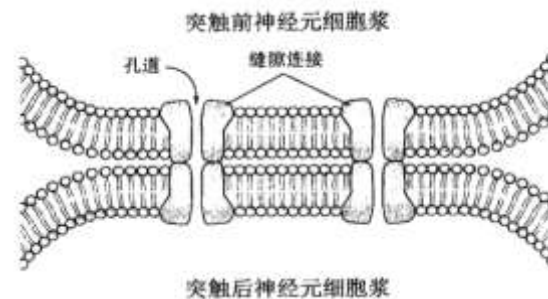
突触的分类

突触分类，以传递方式:

- 化学性突触(chemical synapse)
 - 神经递质
- 电突触(electric synapse)
 - 局部电流
- 混合性突触



化学突触
(大多数高等动物)

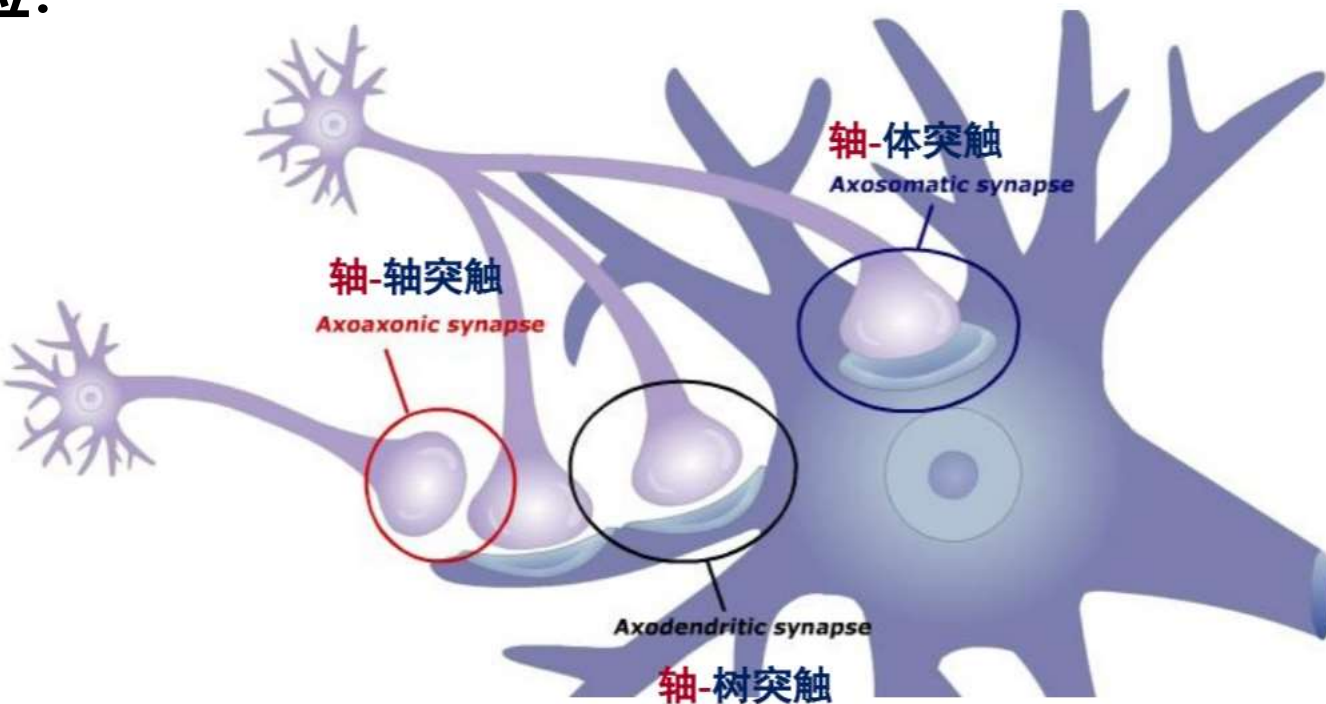


电突触

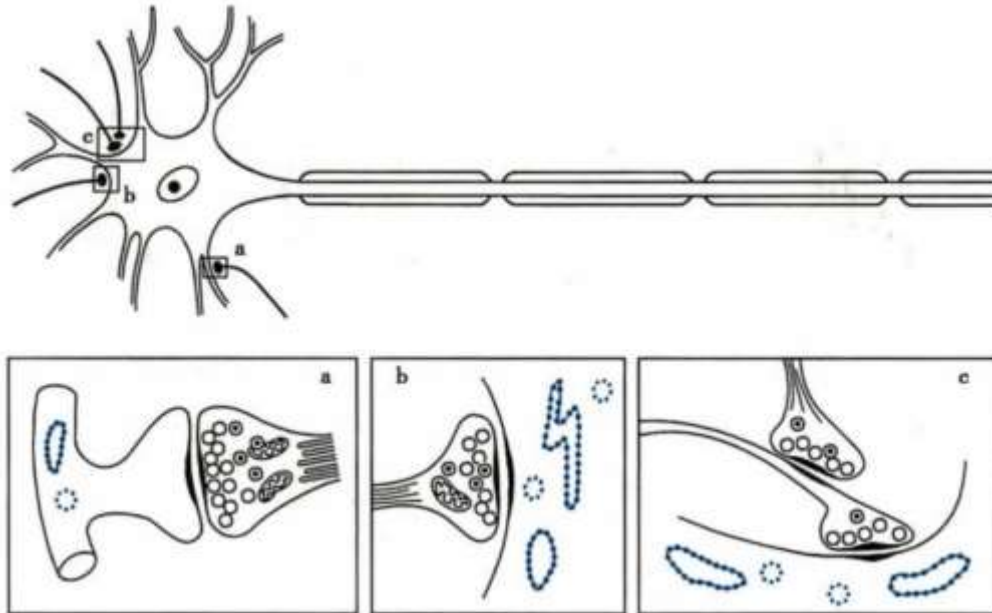
突触的分类

以突触连接的部位：

- 轴-树突触
- 轴-体突触
- 轴-轴突触
- 树-树突触等



以下分别为哪种突触：



A: [填空1]

B: [填空2]

C: [填空3]

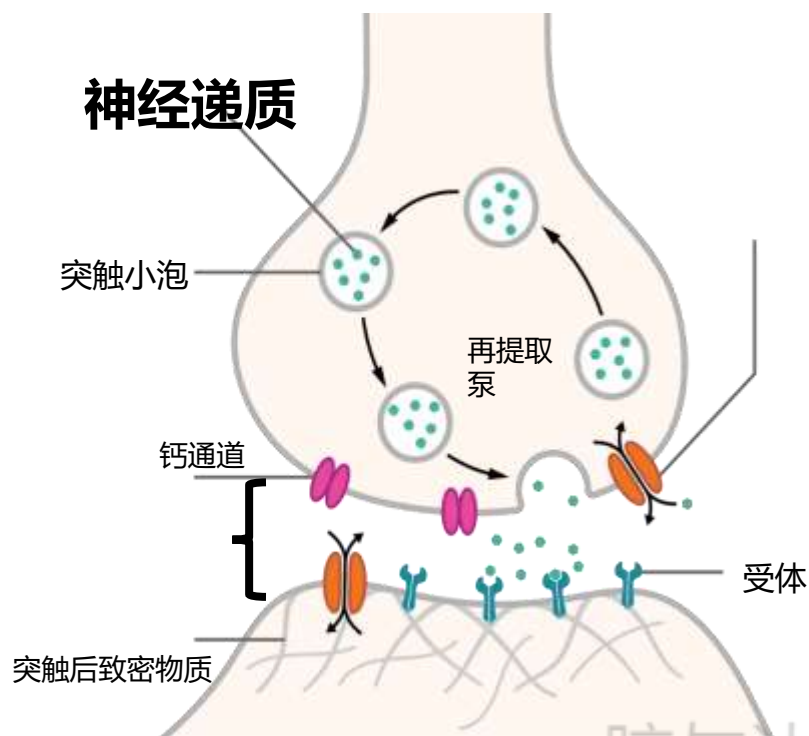
作答

脑与认知科学

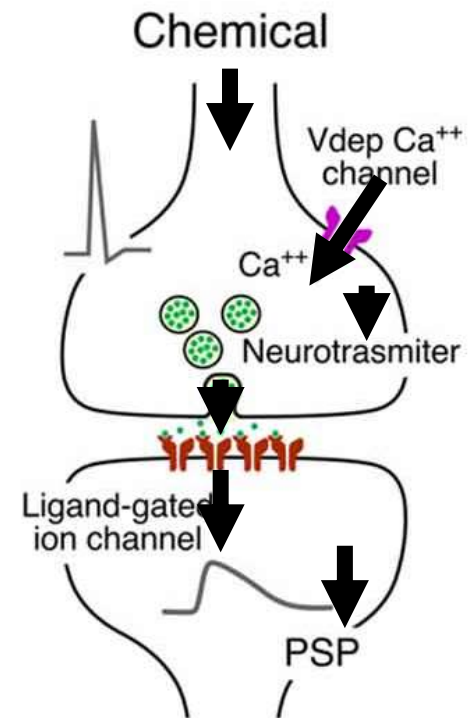
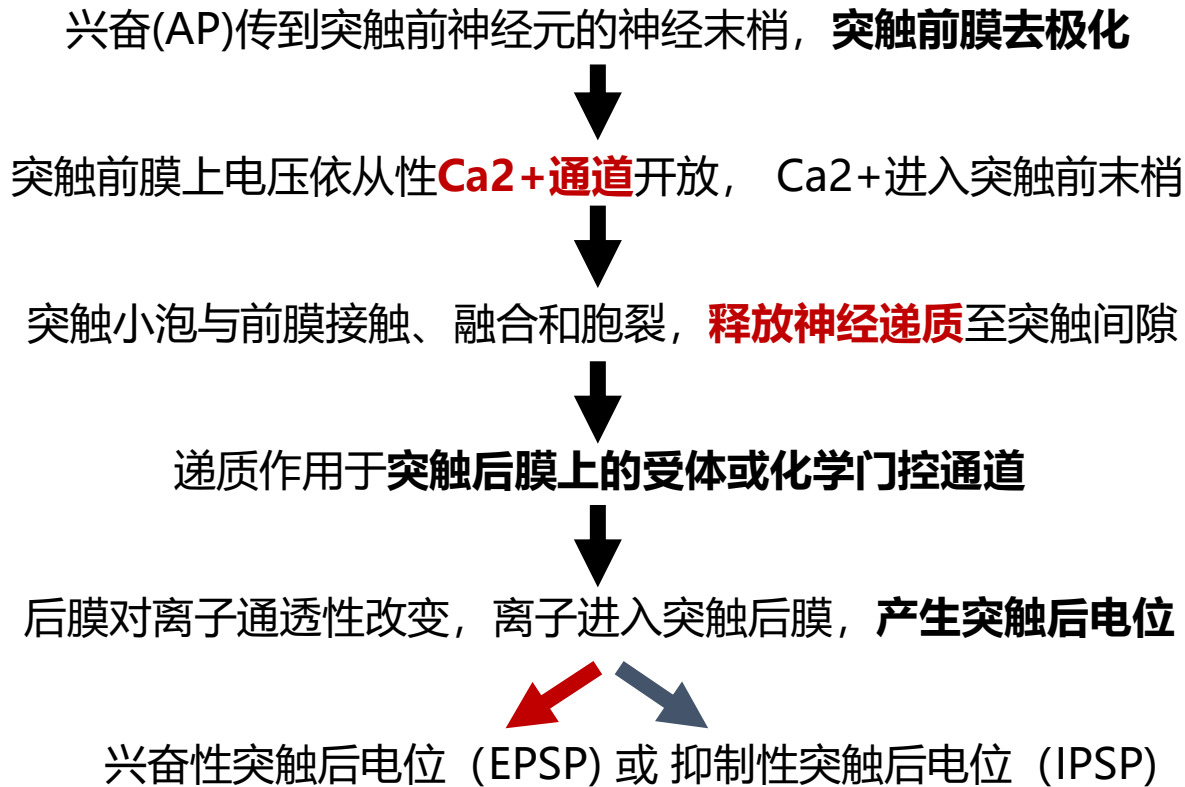
化学突触

通常所说的突触一般指化学突触，即通过**神经递质**在细胞间传递信息的突触。结构为：

- 突触前
- 突触后
- 突触间隙



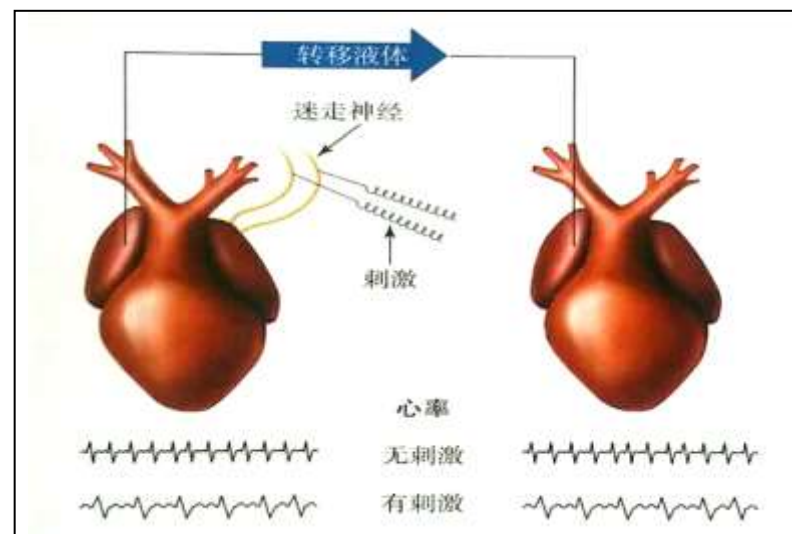
经典的突触传递过程（电-化学-电）



神经递质的发现：离体蛙心灌注实验

1921年德国科学家O. Loewi依睡梦中的实验灵感：**在刺激一个离体蛙心的迷走神经使心搏受到抑制后，将该蛙心的灌注液转到另一个离体蛙心时，也得到了相同的抑制作用。**

- 迷走神经刺激时有**化学物质**释放到灌注液中
- **乙酰胆碱 (Ach)**
- 1929年，H. H. Dale分离并鉴定出该物质的化学结构，第一个被发现的神经递质
- 奠定了神经冲动化学递质学说的基础
- 1936年，两人共享了诺贝尔生理学或医学奖



电突触

也由突触前膜、间隙和后膜组成。但是：

- 突触间隙只有2-3nm
- 无突触囊泡存在
- 其前后膜无结构分化
- 存在沟通胞浆水相通道，允许小离子通过

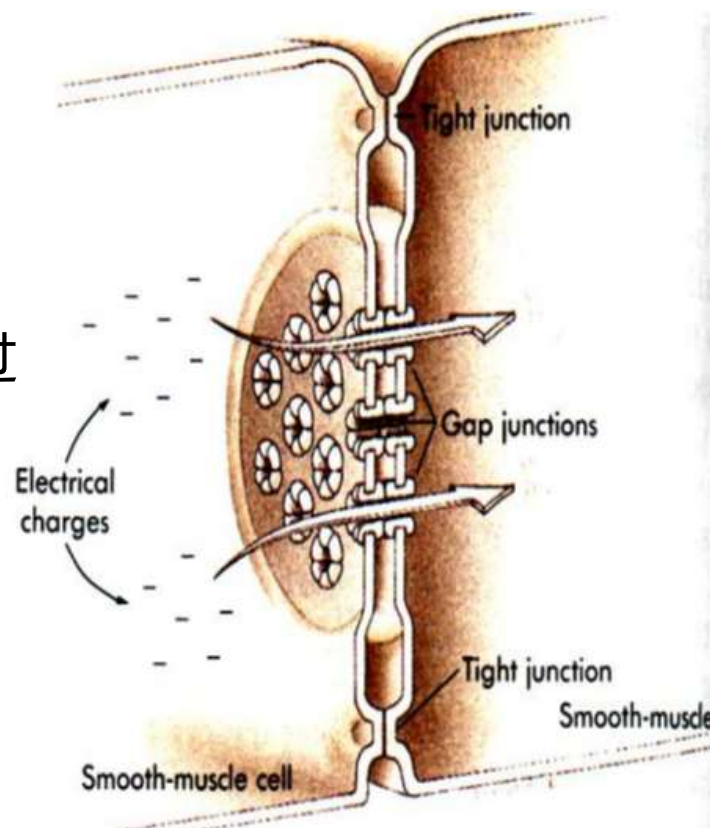
特点：

双向传递，传递速度快，潜伏期短

功能：

使不同神经元产生同步性活动

**结构基础：缝隙连接
(gap junction)**



脑与认知科学

关于化学突触和电突触的特性，以下哪些是正确的？

A

化学突触通过直接的离子流连接细胞，而电突触利用神经递质进行信号传递

B

电突触通常允许信号的双向传递，且传递速度较快

C

化学突触传递信号时不受药物和毒素影响，因为信号通过直接离子流动传递

D

电突触在传递信号时不引入突触延迟，而化学突触则可能有延迟

E

化学突触使信号传递具有更高的灵活性和复杂性，能够实现信号放大和调制

脑与认知科学

提交

小结：化学突触 vs 电突触

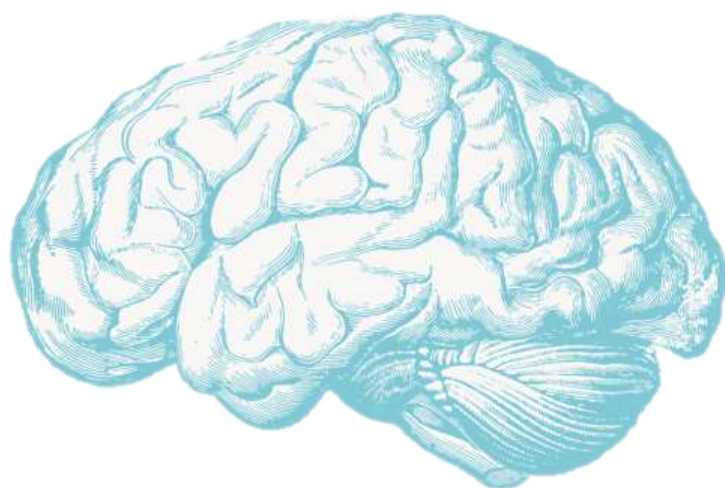
表 1-3 电突触与化学突触的特征比较

特 征	电 突 触	化 学 突 触
突触前后膜之间的距离	3.5 nm	30~50 nm
突触前后细胞之间胞质连续性	有	无
超微结构	缝隙连接通道	突触前活性区与囊泡；突触后受体
传递因子	离子流	化学递质
突触延搁	基本无	明显,最短 0.3 ms,通常 1~5 ms 或更长
传递方向	通常双向	单向



思考题

- 1、当脑严重缺氧时，这种情况对膜电位有什么影响？为什么？
- 2、如何看待神经胶质细胞在中枢神经系统所扮演的角色？
- 3、如何理解突触可塑性在学习和记忆中的作用？



【下一讲】
神经科学生物基础（二）

脑与认知科学