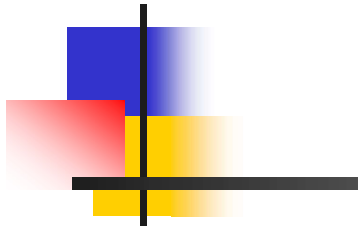


第二章 神经系统的信息活动

Chapter 2 Information Activities of the Nervous System



一、神经元与神经胶质细胞的一般功能

General Functions of Neuron and Glial Cell

1、神经元 Neuron

(Ref: 《神经生物学》 P5-8)

即神经细胞，是神经系统的基本结构和功能单位；

Neural cell is the basic structure and functional unit of nervous system.

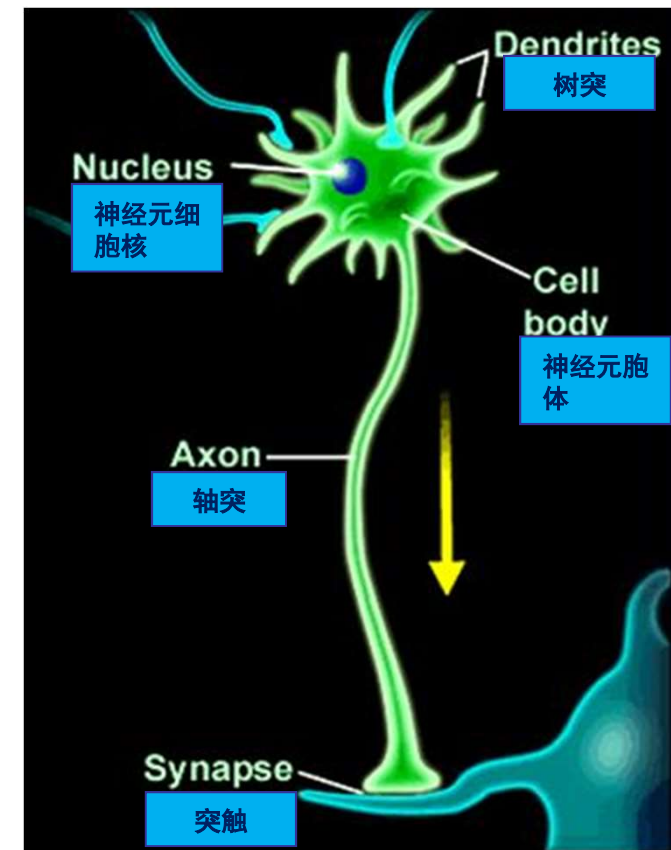
分为胞体和突起两部分；

soma : the body of neuron

dendrite and axon

功能是接受、整合、传导和输出信息。

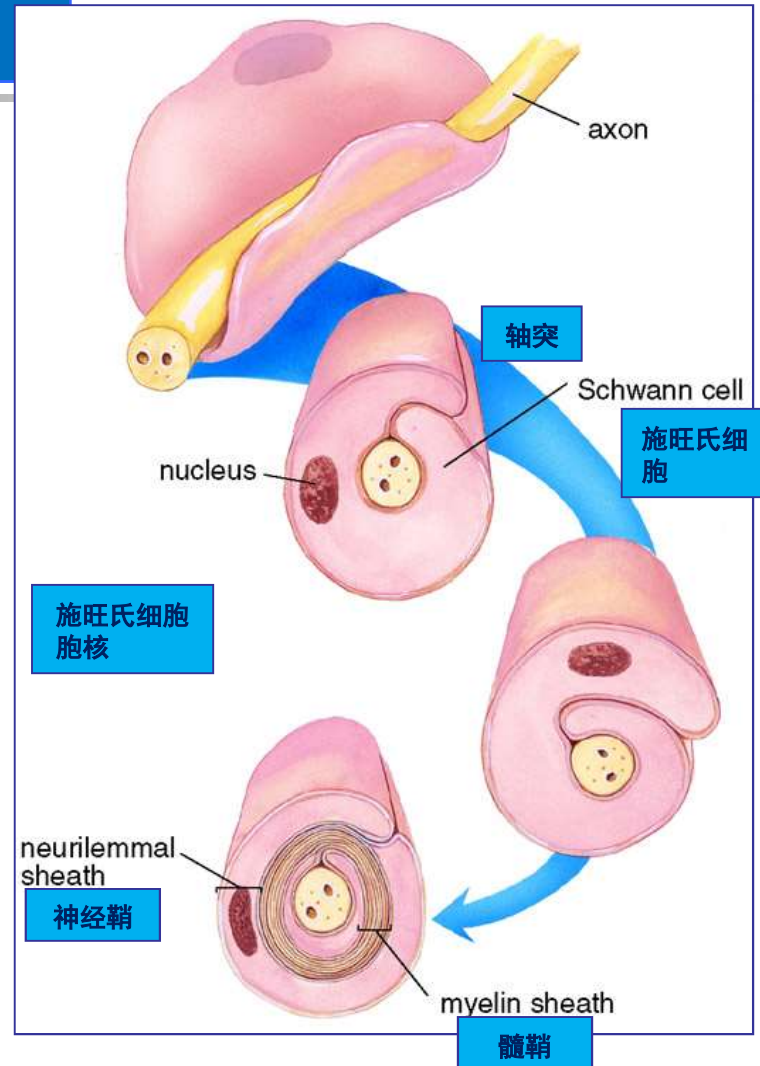
The function of neuron is to process and transmit information.



神经纤维 nerve fiber

神经纤维：由神经元的突起和包在其外面的绝缘的神经胶质细胞所组成。

Nerve fiber is made up of axon and insulating cells (neuroglia) around the axon.



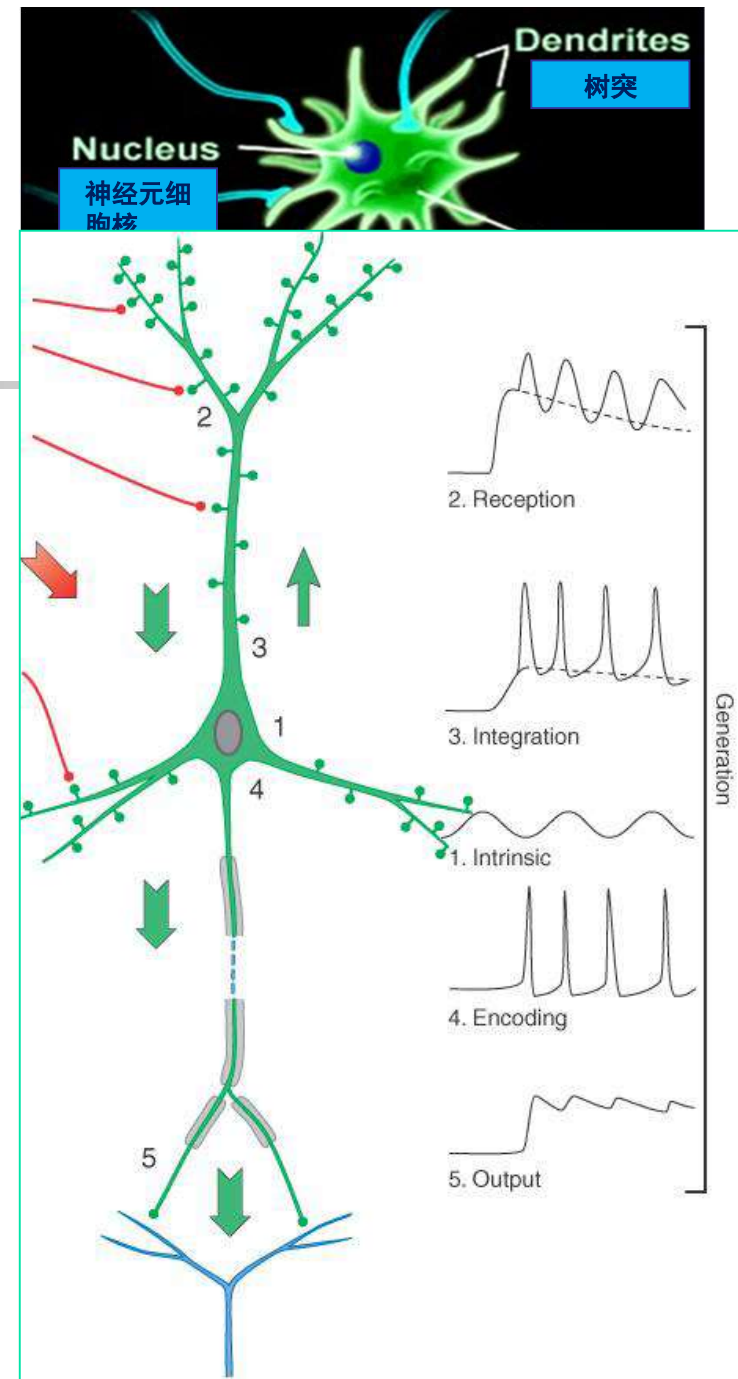
神经纤维的基本功能

基本功能：传导兴奋

Function: conducting nerve impulses(signal)

在神经纤维上传导的兴奋或动作电位称为**神经冲动**。

The excitation or action potential conducted on the nerve fiber is called the nerve impulses.



神经纤维的类别

根据神经胶质细胞包被的区别
分为：

有髓神经纤维

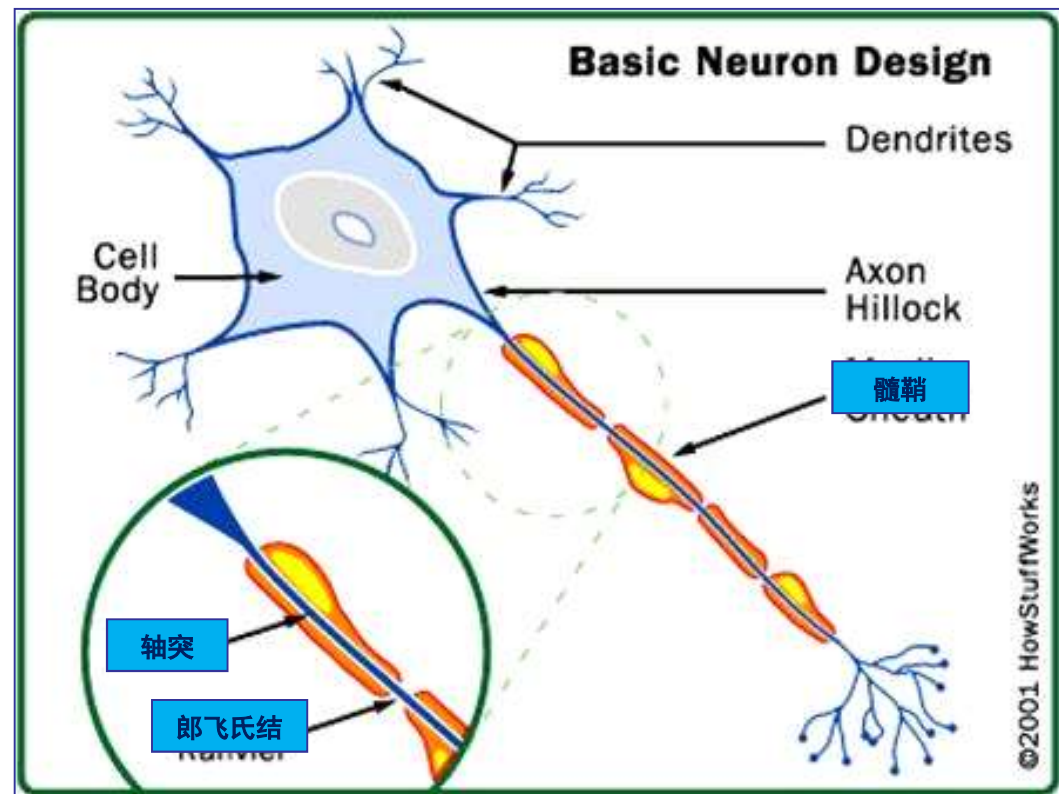
myelinated nerve fiber

- 由施万细胞膜包卷轴突形成
- 髓鞘并不是连续的
- 郎飞氏结 Ranvier node

无髓神经纤维

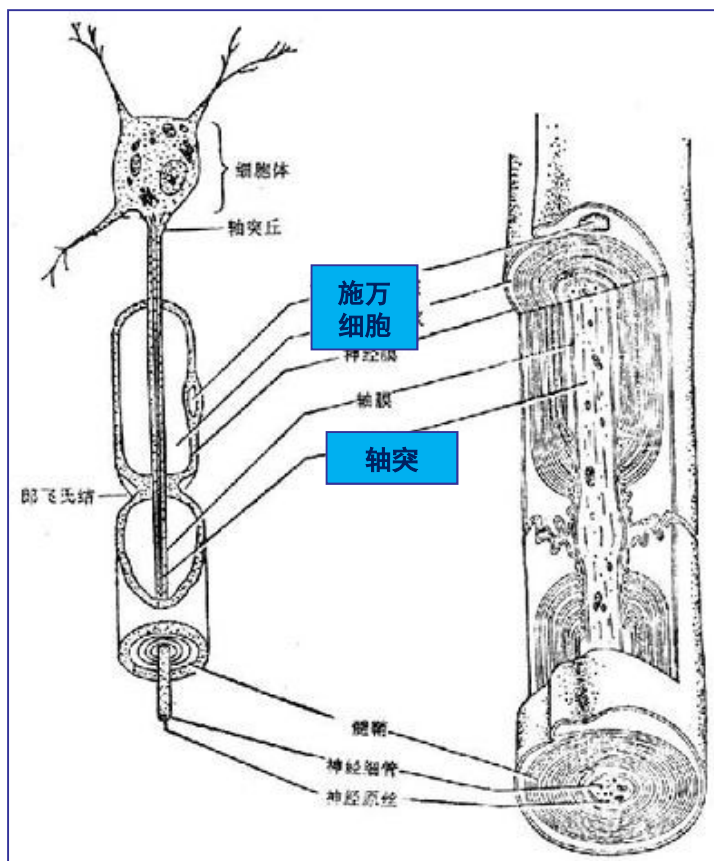
unmyelinated nerve fiber

- 轴突外面也有一薄层的髓鞘
- 施万细胞膜不做反复的缠绕

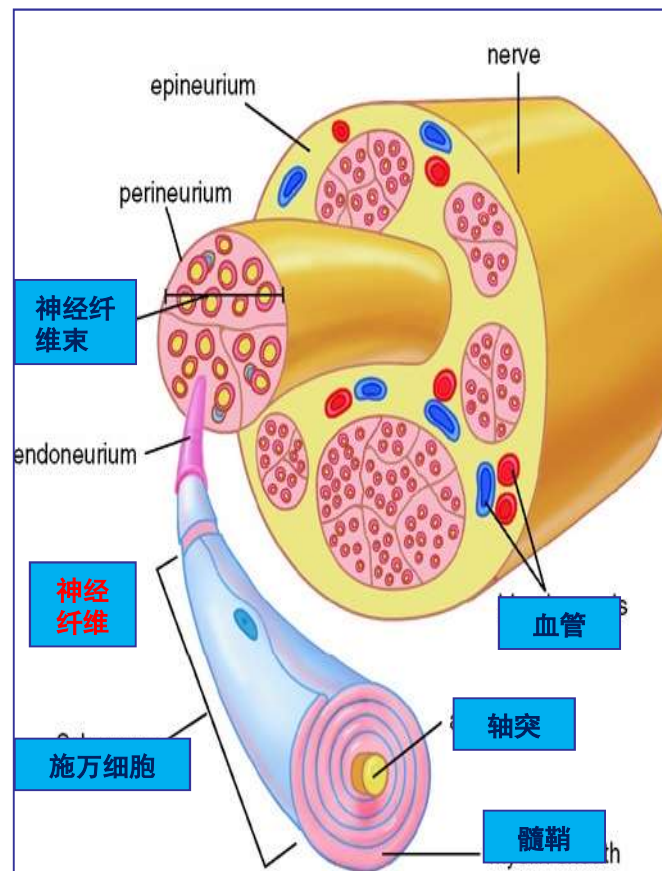


神经纤维和神经

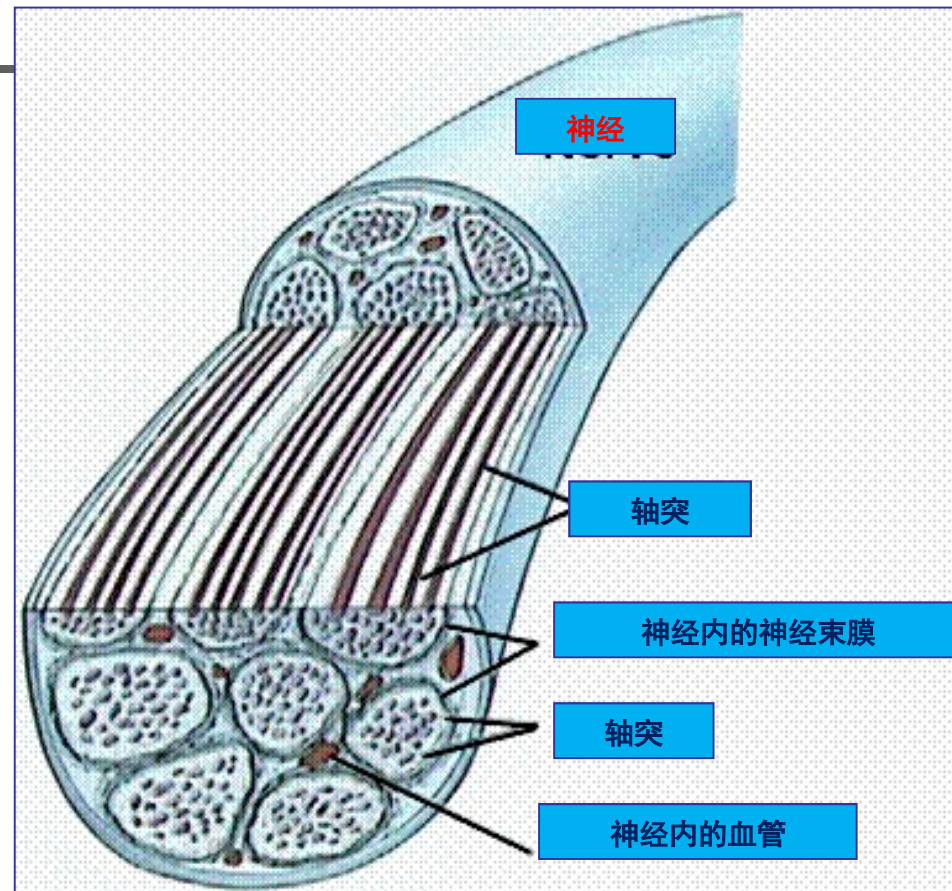
神经纤维常集成束，构成脑和脊髓的白质或外周神经系统的神经 (nerve)。



神经纤维的结构

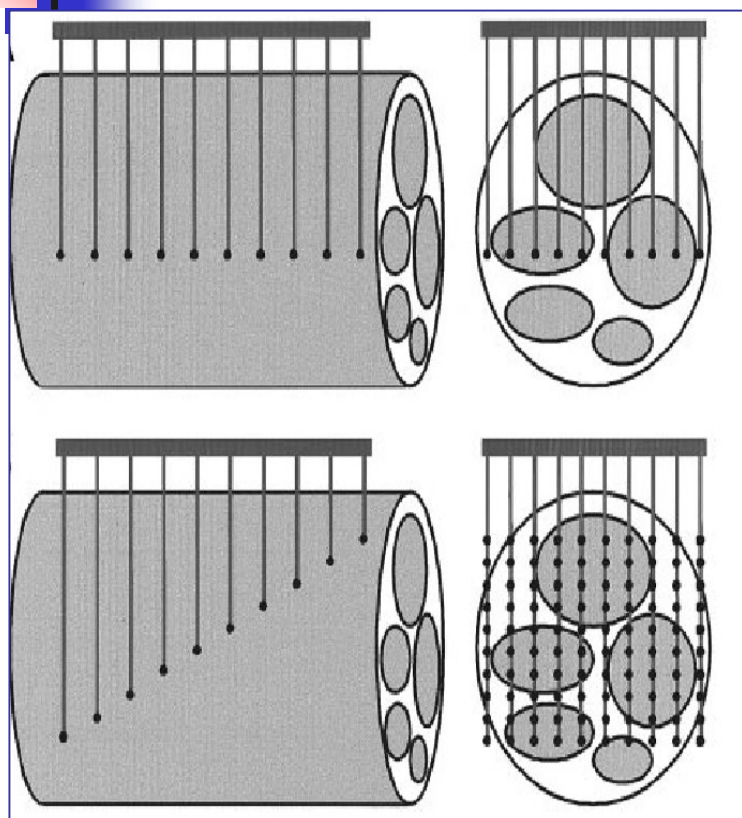


神经纤维和神经

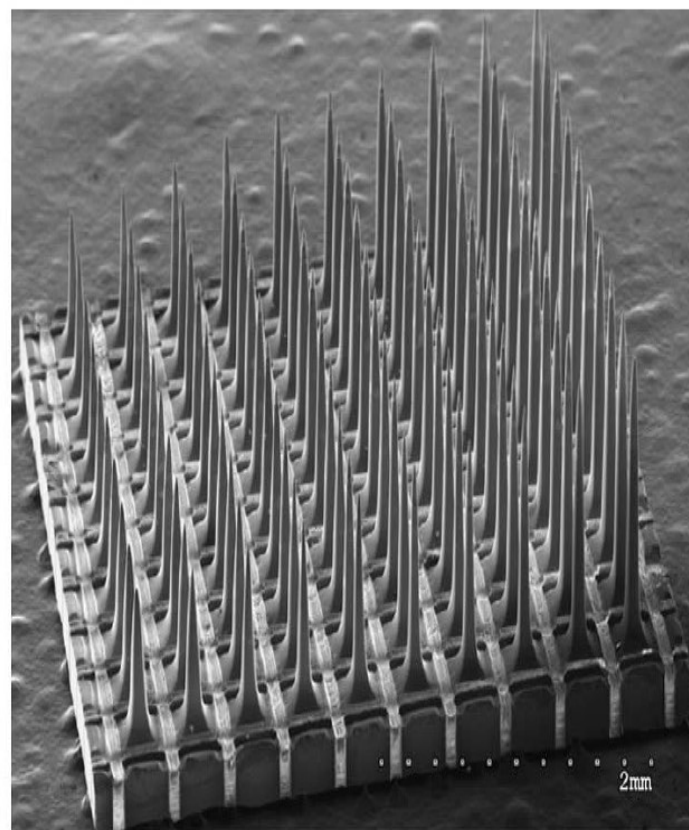


神经的结构

补充内容： 基于神经纤维和神经结构的脑机接口



非倾斜式UEA和倾斜式USEA立体透视模式图的比较，植入外周神经后的侧面观和横截面观



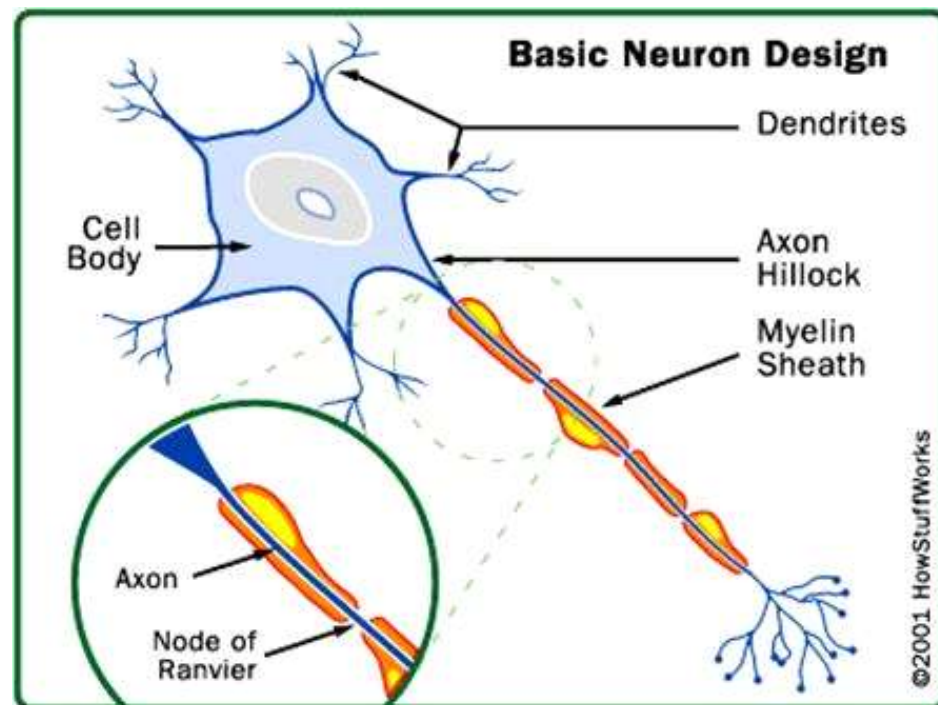
三维倾斜式犹他微电极阵列 USEA
(Utah Slanted Electrode Array, USEA)



神经纤维传导兴奋的特征

Characteristics of nerve fibre conducting excitation

- (1) 完整性;
- (2) 绝缘性;
- (3) 双向性;
- (4) 相对不疲劳性。

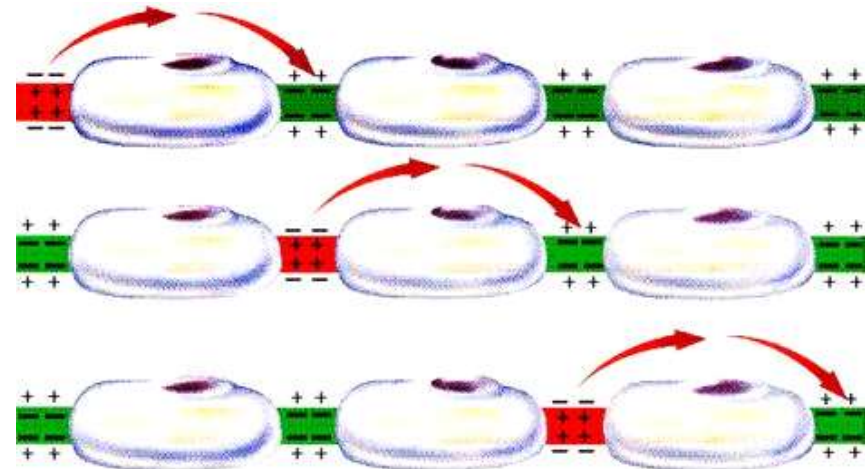
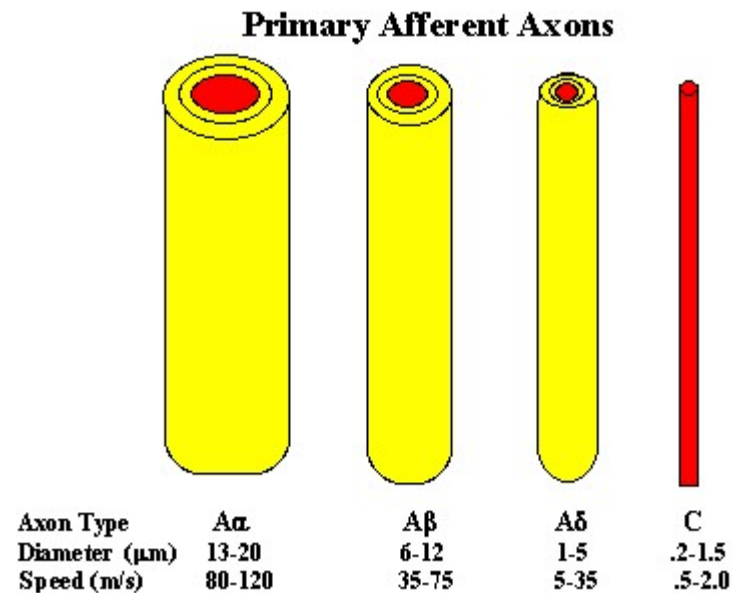


神经纤维的传导速度

Velocity of Nerve Fibers transmitting information

- 直径粗比直径细的纤维传导速度快;
- 有髓鞘的比无髓鞘的纤维传导速度快;
- 温度对传导速度影响也很大

温度降至**0°C**时, 即终止传导 冷冻麻醉



2、神经胶质细胞 Neuroglial cell

(《神经生物学》 P14-15)

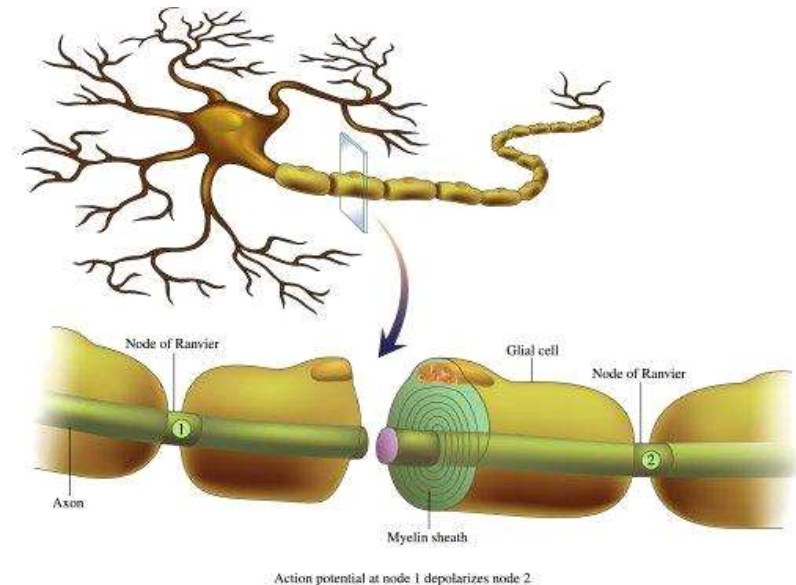
是神经系统的重要组成部分，约为神经元数量的**10~50**倍。

It is an important part of the nervous system, about 10 to 50 times the number of neurons.

神经胶质细胞的功能

Function of neuroglia:

- (1) 支持作用；
- (2) 修复和再生作用；
- (3) 免疫应答作用；
- (4) 物质代谢和营养性作用；
- (5) 绝缘和屏障作用；
- (6) 维持细胞外合适的离子浓度；
- (7) 摄取和释放神经递质。



课后讨论主题
Discussion topic after-class

神经元和神经纤维的结构和功能
Structure and function of neuron and nerve fiber

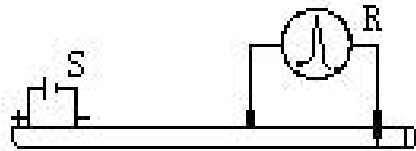
二、细胞的生物电现象与兴奋性

Bioelectricity Phenomena of Cells and Excitability

■ 1、细胞生物电现象 Bioelectricity Phenomena

意大利生理学家L.A.Galvani “凉台实验”

——生物电的发现



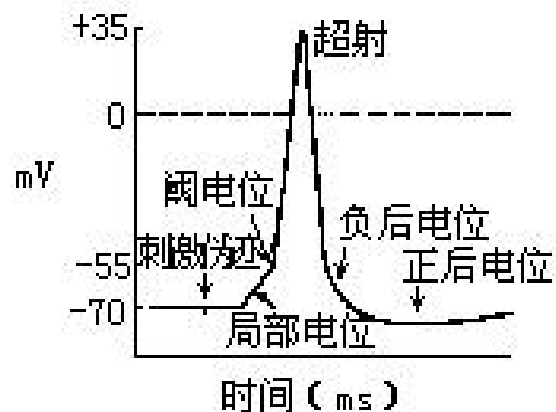
反应 reaction

刺激 stimulation

兴奋性 excitability

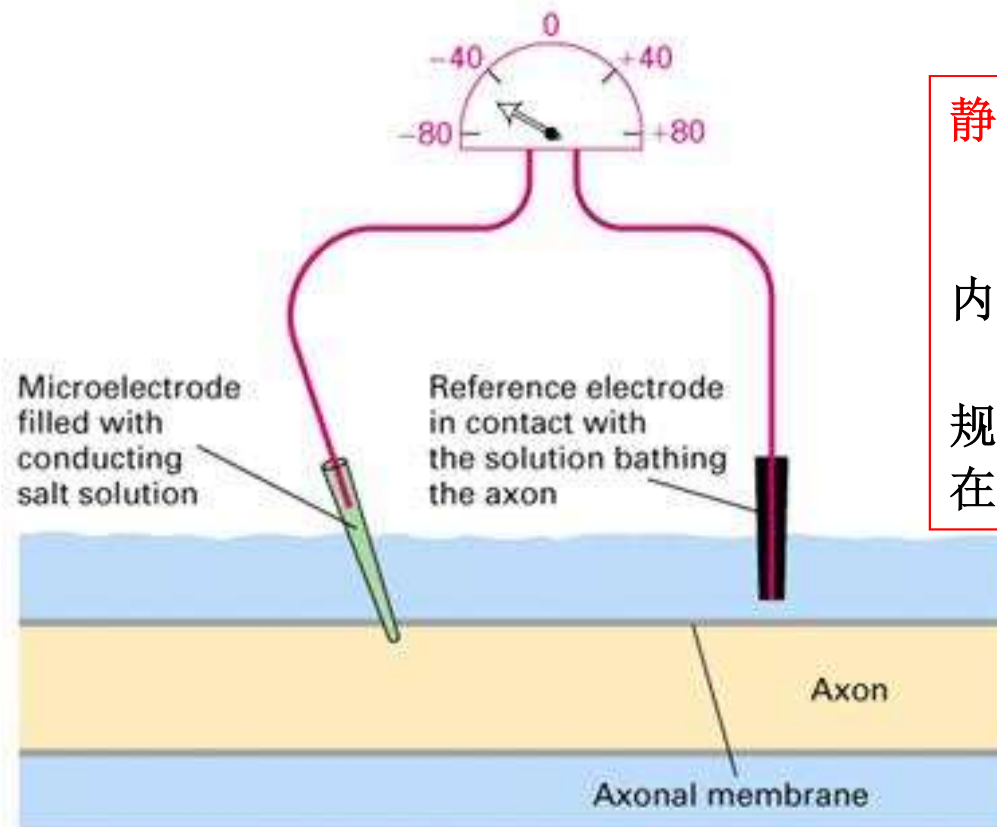
生物电 bioelectricity

兴奋 excitement



2 细胞的静息电位 Resting Potential

(《神经生物学》P25, 29-31)



静息电位 (resting potential, RP)

是指细胞未受刺激时存在于细胞膜内外两侧的电位差。

表现为膜内电位较膜外为负，如果规定膜外电位为**0mV**，则膜内电位都在**-10~-100mV**之间。

极化 polarization: $E_{\text{膜}}$ 内负外正
静息电位 resting potential, RP

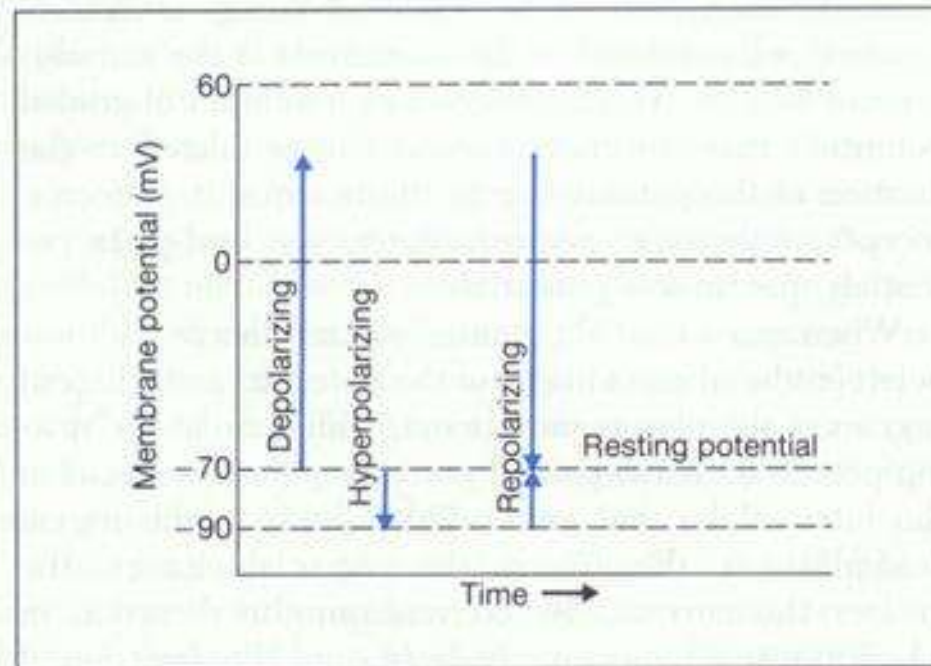
英国Hodgkin和Huxley 离子机制证明和离子通道学说 (1963年诺奖)

3 膜电位状态 Membrane potential state

去极化 **depolarization**: $E_{\text{膜内}}$ --负值减小

超极化 **hyperpolarization**: $E_{\text{膜内}}$ --负值增大

复极化 **repolarization**: 去极化后，又向原来极化状态恢复的过程





细胞跨膜电位形成的两个必备条件

Two Essential Conditions for Transmembrane Potential

- Nernst公式: 平衡电位 $E=59.5\lg[C]_A/[C]_B$ (mV)
- 细胞内、外带电离子浓度梯度
Intracellular and extracellular ionic concentration gradients
- 细胞膜对不同带电离子选择的通透性
Selective permeability of cell membrane to different charged ions

4 静息电位产生的机制

The Mechanism of Resting Potential

J.Bernstein 膜学说 (membrane theory)

细胞在安静状态时：膜主要对 K^+ 有通透性

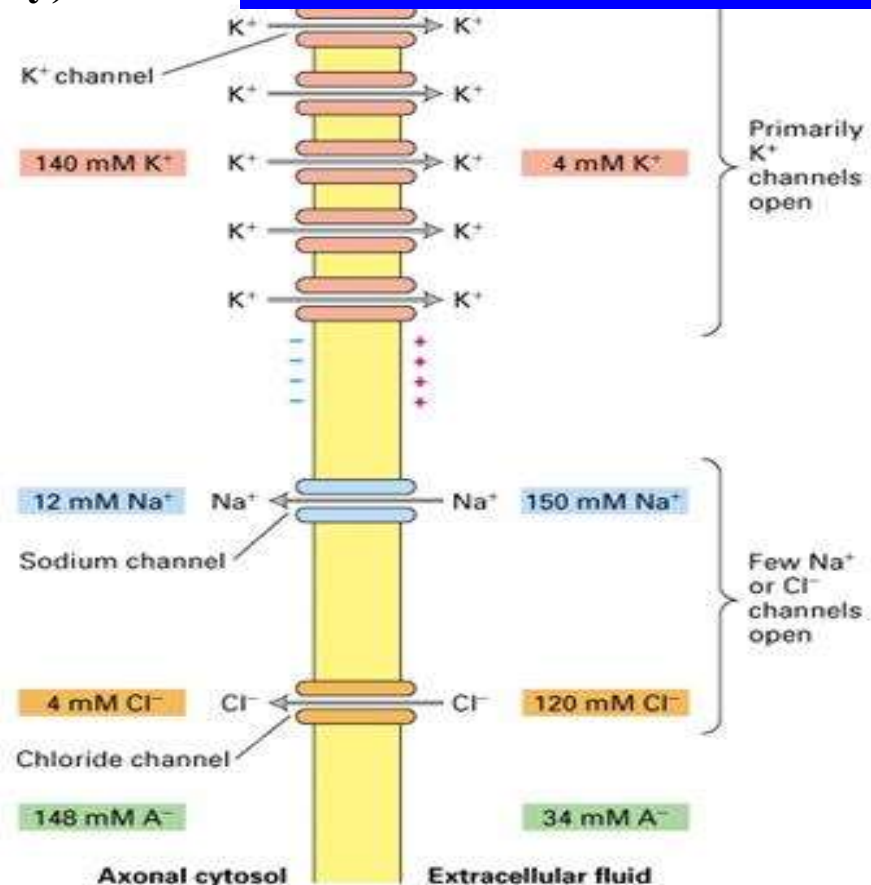
In the resting state of cells, the membrane is mainly permeable to K^+ .

$$[K^+]_i \gg [K^+]_o$$

静息电位主要是 K^+ 跨膜扩散达到平衡时的电位值

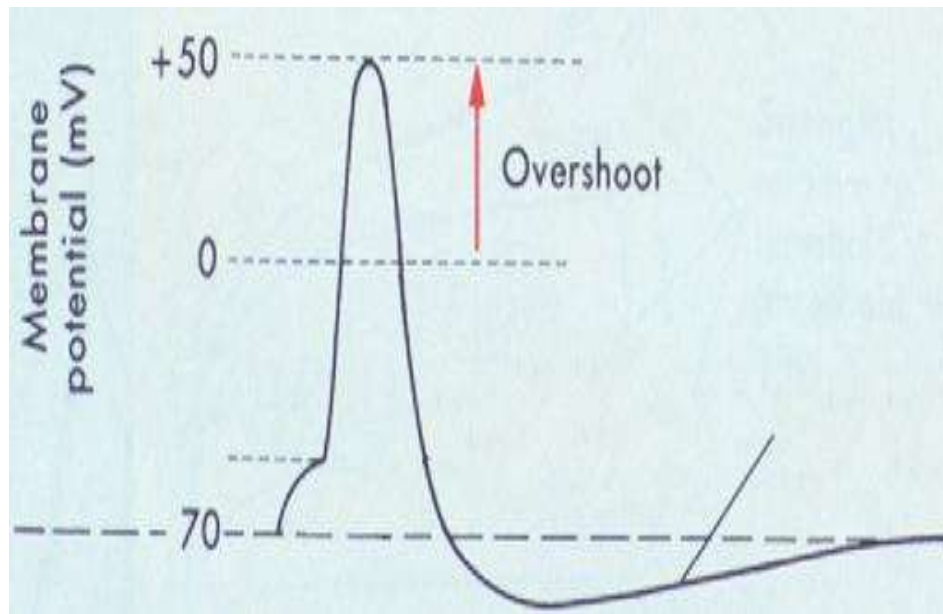
The resting potential is mainly the potential value at which the K^+ diffusion across the membrane reaches equilibrium.

德国E.Neher和B.Sakmann 证明离子通道存在（1991年诺奖）



5 细胞的动作电位 Action potential

(《神经生物学》P34-46)



动作电位 (**action potential, AP**)

是指细胞受到刺激时膜电位所经历
的快速而可逆的倒转和复原。

包括快速去极化的上升支，即**去极相**，
和快速复极化的下降支，即**复极相**。

锋电位 (**spike potential**)

历时**0.5-2ms**

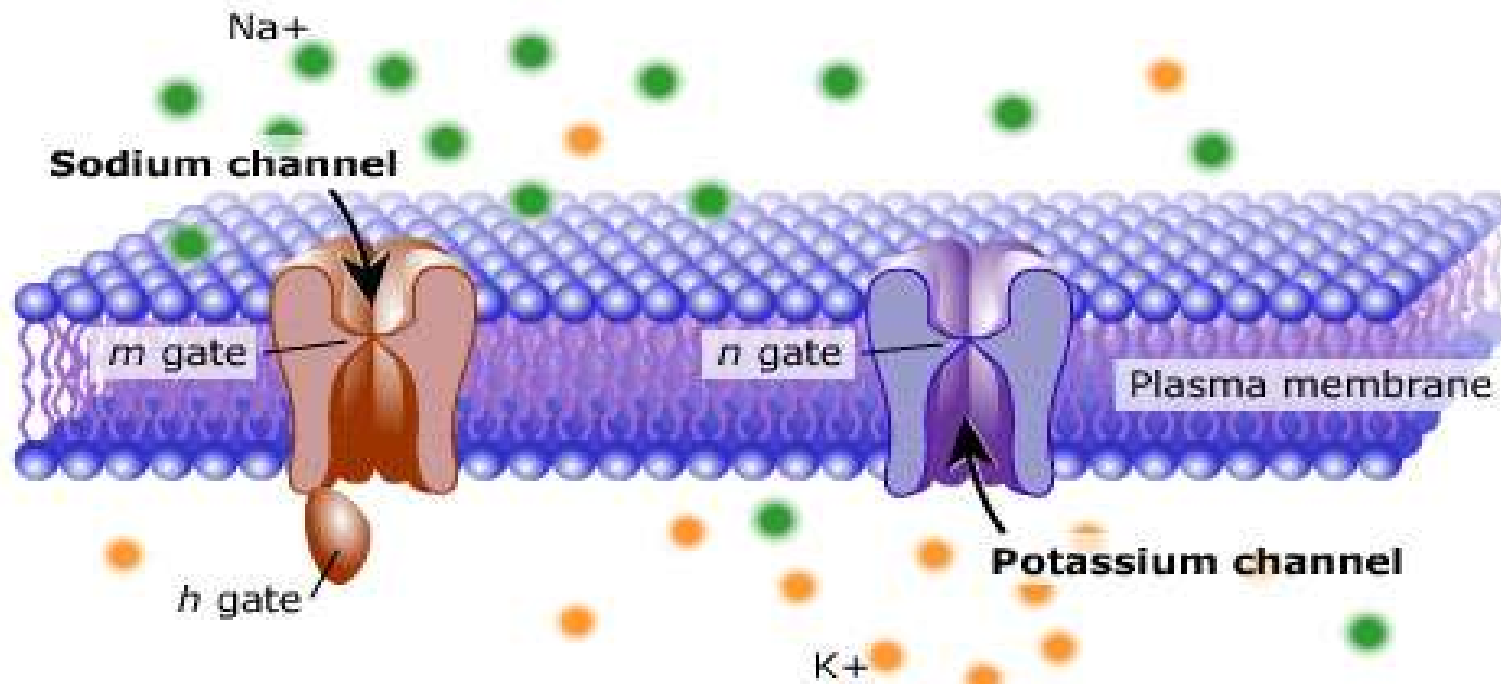
动作电位的特点：“全或无” (**all or none**)现象
不衰减性传导

6 动作电位产生的机制

The mechanism of action potential

- Voltage sensitive channel / Voltage gated ion channel

(《神经生物学》 P37--47 , P82--89)

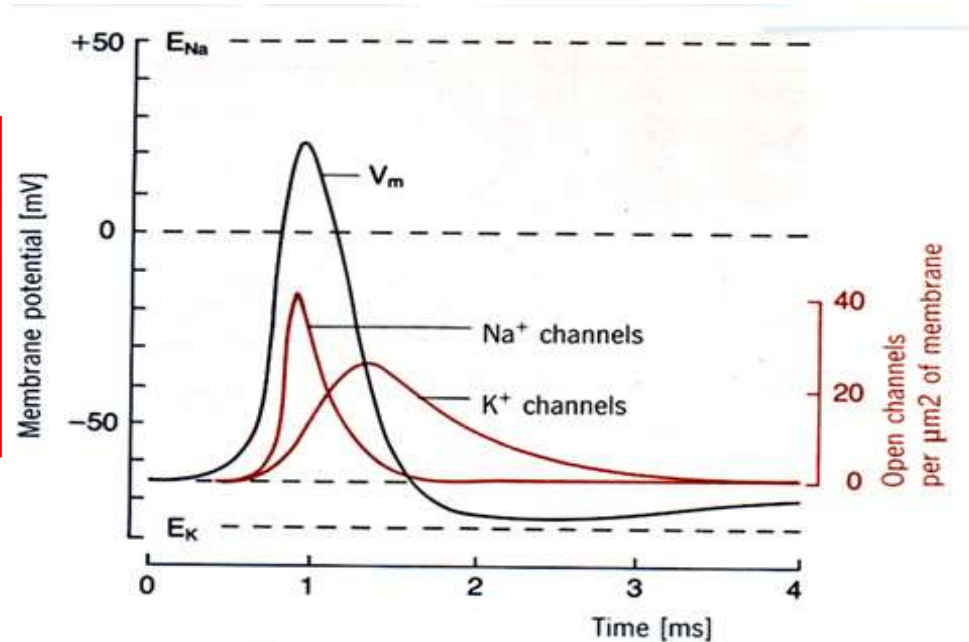


动作电位的离子机制

Ionic Mechanism of Action Potential

- 去极化Depolarization: 钠电导迅速增加使大量 Na^+ 内流导致去极
- 复极化Repolarization: 钠电导减小, 钾电导增加, 大量 K^+ 外流导致复极

神经动作电位和与它有关的膜对 Na^+ 、 K^+ 通透性(电导)改变在时间上的相互关系



膜电导的分子基础

Molecular Basis of Membrane Conductivity

■ Na^+ 通道：快通道

静息态：激活门关闭

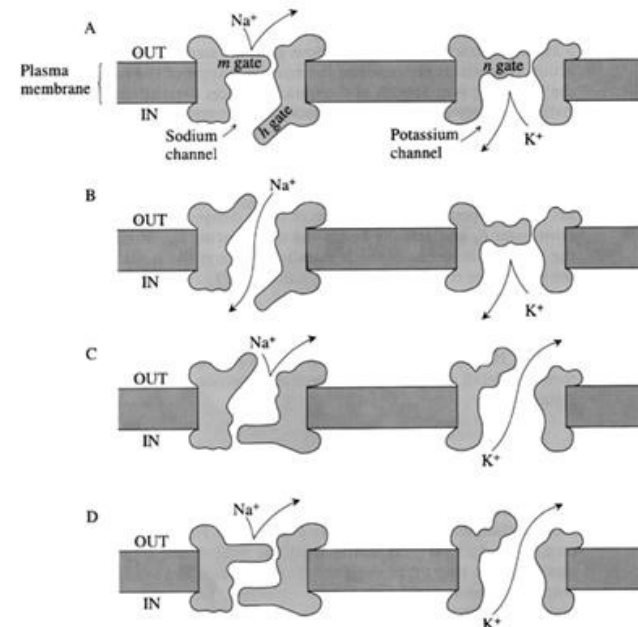
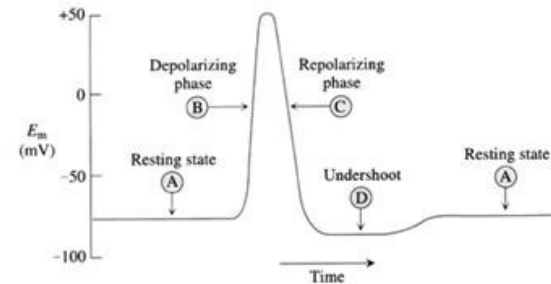
失活门开放

激活态：激活门开放

失活门开放

失活态：失活门关闭

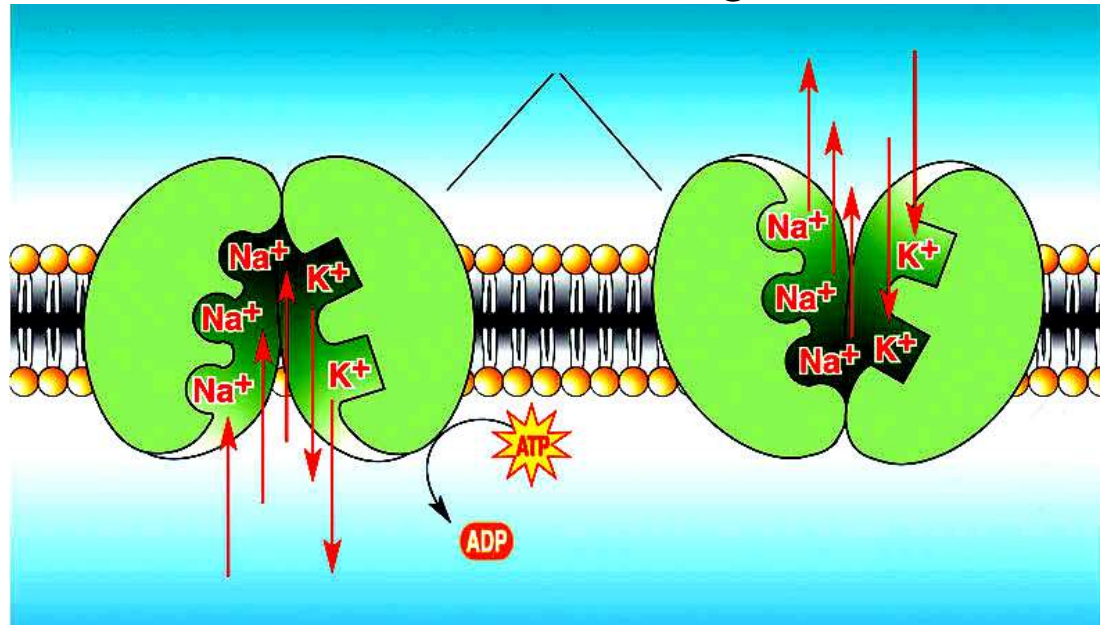
■ K^+ 通道：激活缓慢



钠钾泵 Sodium-Potassium Pump

(《神经生物学》 P20-21)

- Na^+ , K^+ -ATP酶 Na^+/K^+ -ATPase
- 可以分解ATP获得能量，并利用此能量进行 Na^+ 、 K^+ 的主动转运，即能逆浓度梯度把 Na^+ 从细胞内转运到细胞外，把 K^+ 从细胞外转运入细胞内
- It can decompose ATP to obtain energy, and use this energy to transport Na^+ and K^+ actively, that is, it can transport Na^+ from intracellular to extracellular and K^+ from extracellular to intracellular against the concentration gradient.

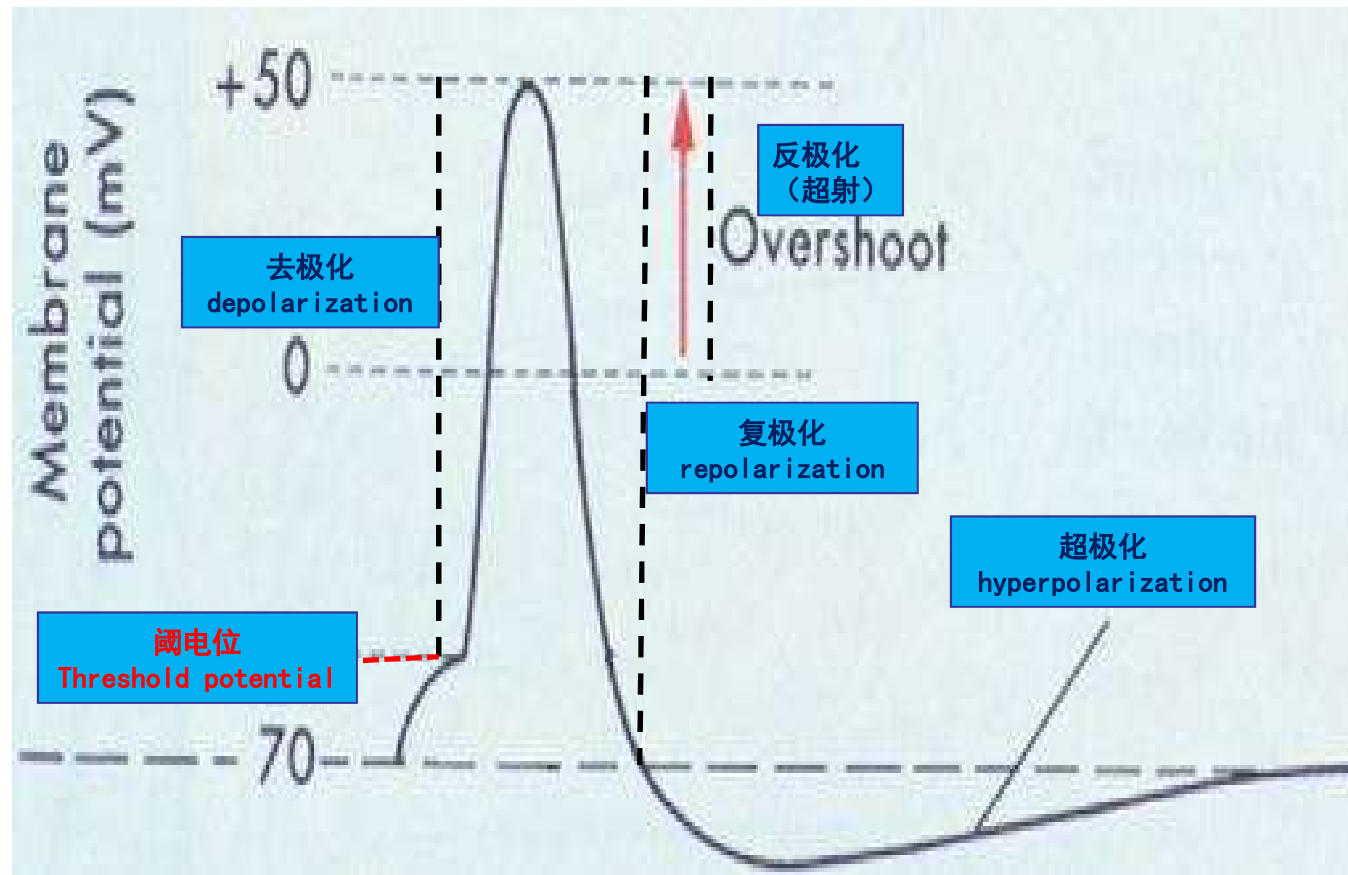


课后讨论主题
Discussion topic after-class

静息电位和动作电位的发生机制
Mechanism of action potential and action potential

7 阈电位与动作电位的产生

Action Potential and Threshold Potential





阈电位 (threshold potential)

- 当静息电位减小到某一临界值时，引起细胞膜上大量钠通道的开放，触发动作电位的产生。这种**能触发动作电位的临界膜电位的数值称为阈电位**。它是产生动作电位的必要条件。

When the resting potential decreases to a certain critical value, it causes the opening of a large number of sodium channels on the cell membrane and triggers the generation of action potential. The threshold potential is **the value of the critical membrane potential which can trigger the action potential**. It is necessary to produce an action potential.

约比静息电位的绝对值小**10-20mV**

About 10-20 mV less than the absolute value of the resting potential

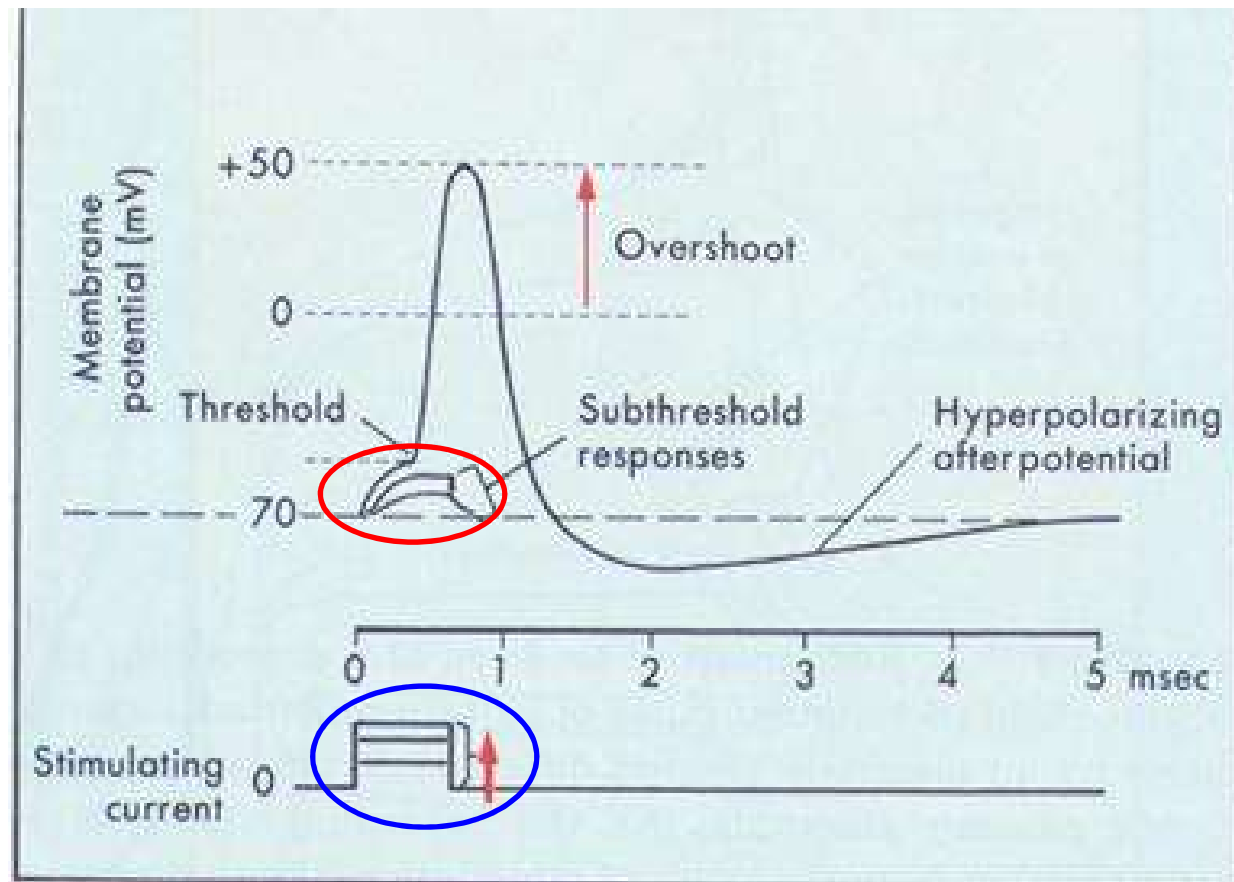
细胞兴奋性的高低与细胞的静息电位和阈电位的差值呈**反变关系**

Cell excitability is relative inversely to the difference between resting potential and threshold potential.

8 局部反应或局部兴奋

Local Response or Local Excitability

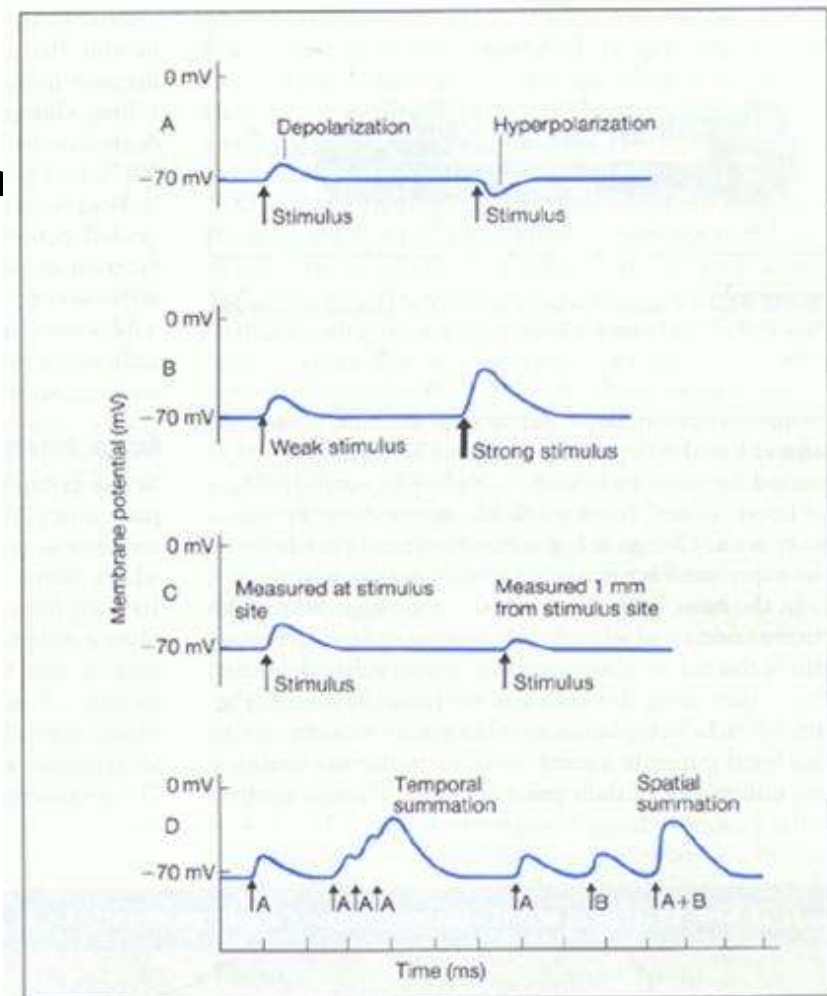
阈下刺激 **subthreshold** 引起



局部反应的特征

Characteristics of local response

- 一定程度的去极化或者超极化
A certain degree of depolarization or hyperpolarization
- 不表现“全或无”的特征
NO “all or none”
- 电紧张性扩布
electrotonic potential spread
- 总和现象
时间总和 temporal summation
空间总和 spatial summation



课后讨论主题
Discussion topic after-class

局部兴奋及其总和在神经信息处理中的意义
The significance of local excitability and its summation
in neural information processing

三、动作电位的传导和传递

Action potential conducting and transmitting

1 动作电位在同一细胞上的传导

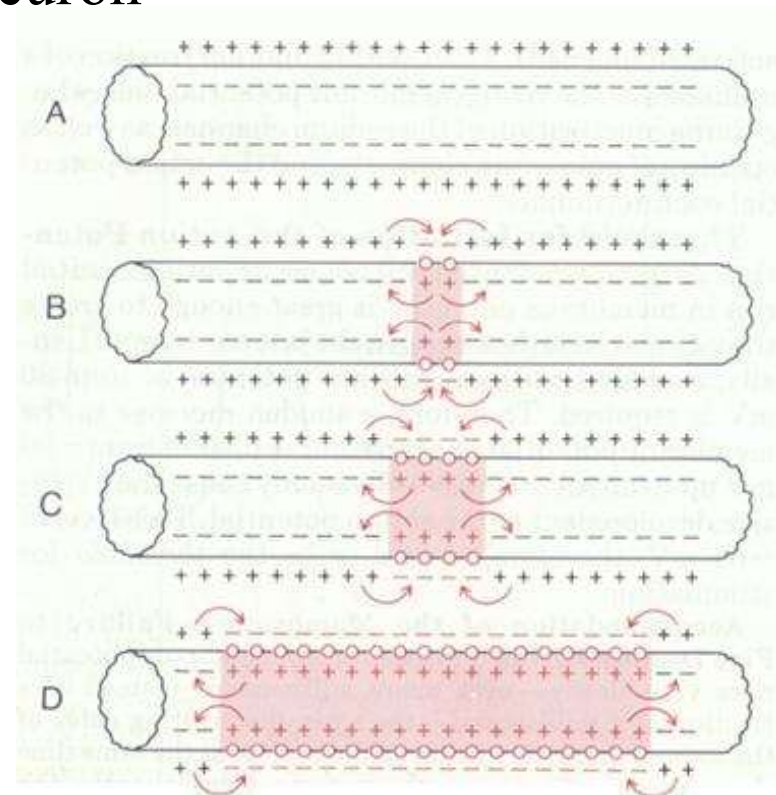
Action potential conducting in a neuron

- 无髓神经纤维动作电位的传导

Conduction of action potential in unmyelinated nerve fiber

局部电流

Local current



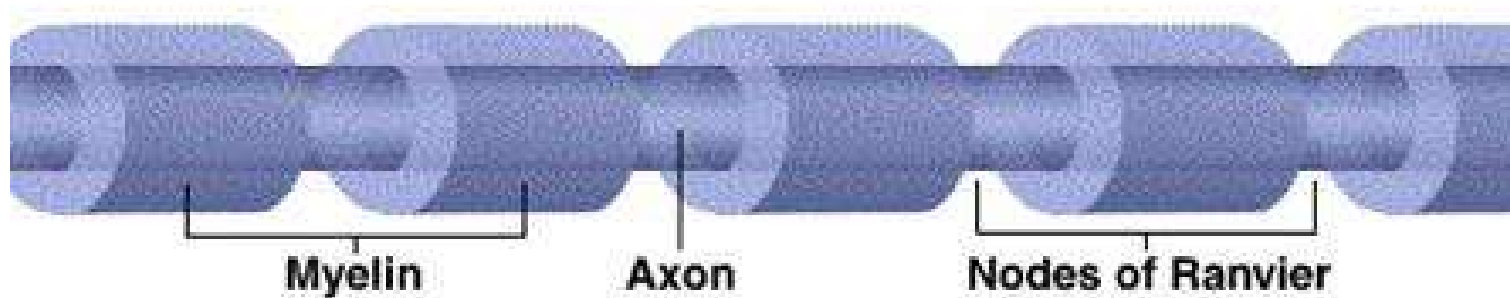
- 有髓神经纤维动作电位的传导

Conduction of action potential in myelinated nerve fiber

跳跃式传导

高 (高速)
保真 (不衰减)

Saltatory Conduction





2 动作电位在不同细胞之间的传递

Transmitting Action Potential between Different Cells

- **通过缝隙连接Gap Junctions的传递**

传导速度快，便于细胞同步活动

Fast transmitting speed, easy to synchronize cell activity

作为机能上的合胞体

Functional syncytium

- **通过神经突触Synapses或神经-肌接头Neuromuscular Junctions的传递**

突触、神经递质、化学门控的离子通道

synapse, neurotransmitter, chemical-gated ion channel

四、神经元之间的信息传递 (《神经生物学》 P49-63)

Transmitting information between Neurons

突触传递

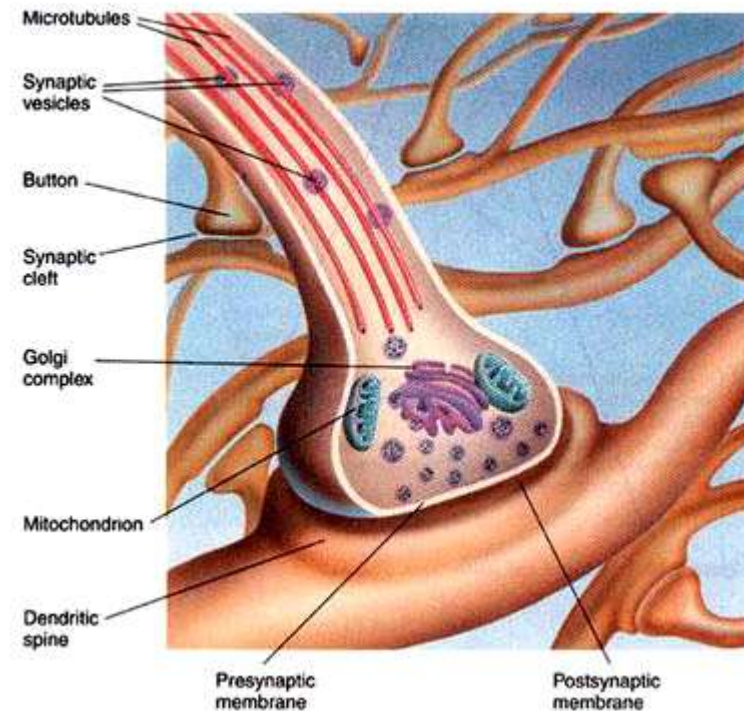
Synaptic Transmission

突触 (synapse)

(《神经生物学》 P10-13)

是指神经元之间相接触的部位。

► Anatomy of a Typical Synapse



1 化学性突触传递

chemical synaptic transmission

突触的结构 Structure of synapse

突触前膜 Presynaptic membrane

递质 neurotransmitter

受体 receptor

突触间隙 Synapse cleft

水解酶 hydrolytic enzyme

突触后膜 Postsynaptic membrane

受体 receptor

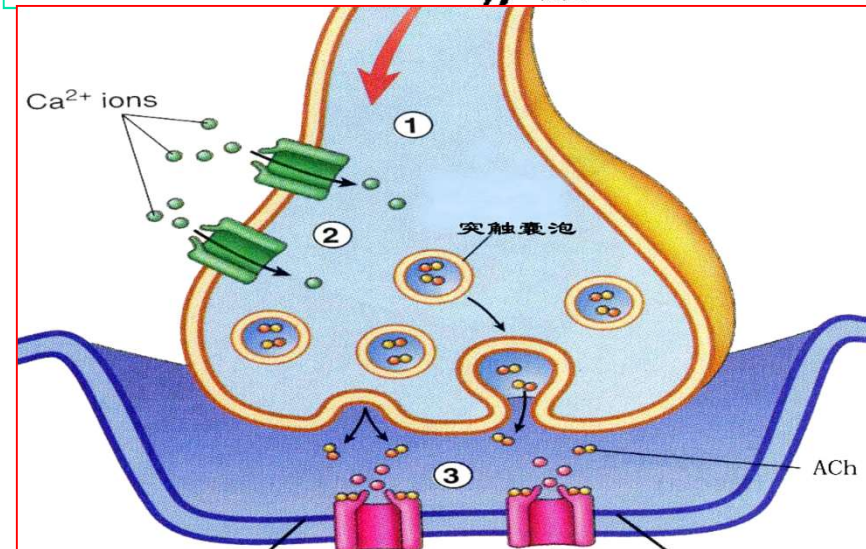
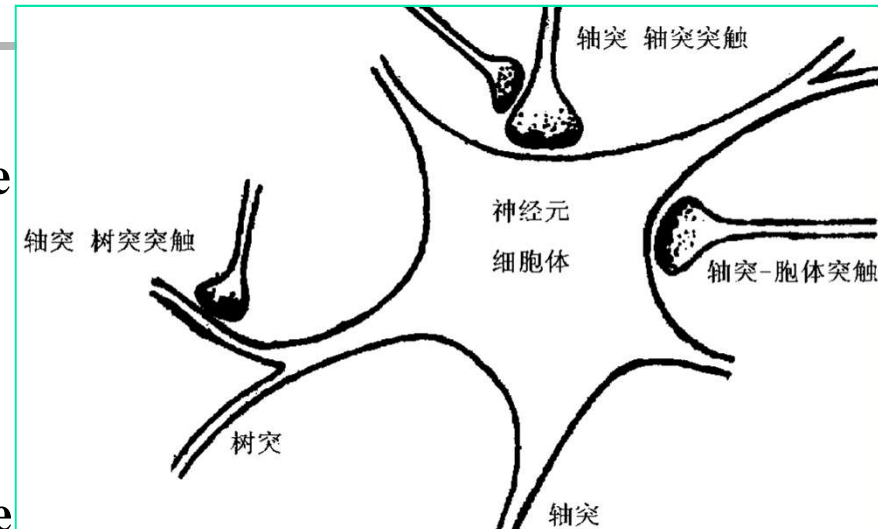
离子通道 ion channel

分类 Types of synapses

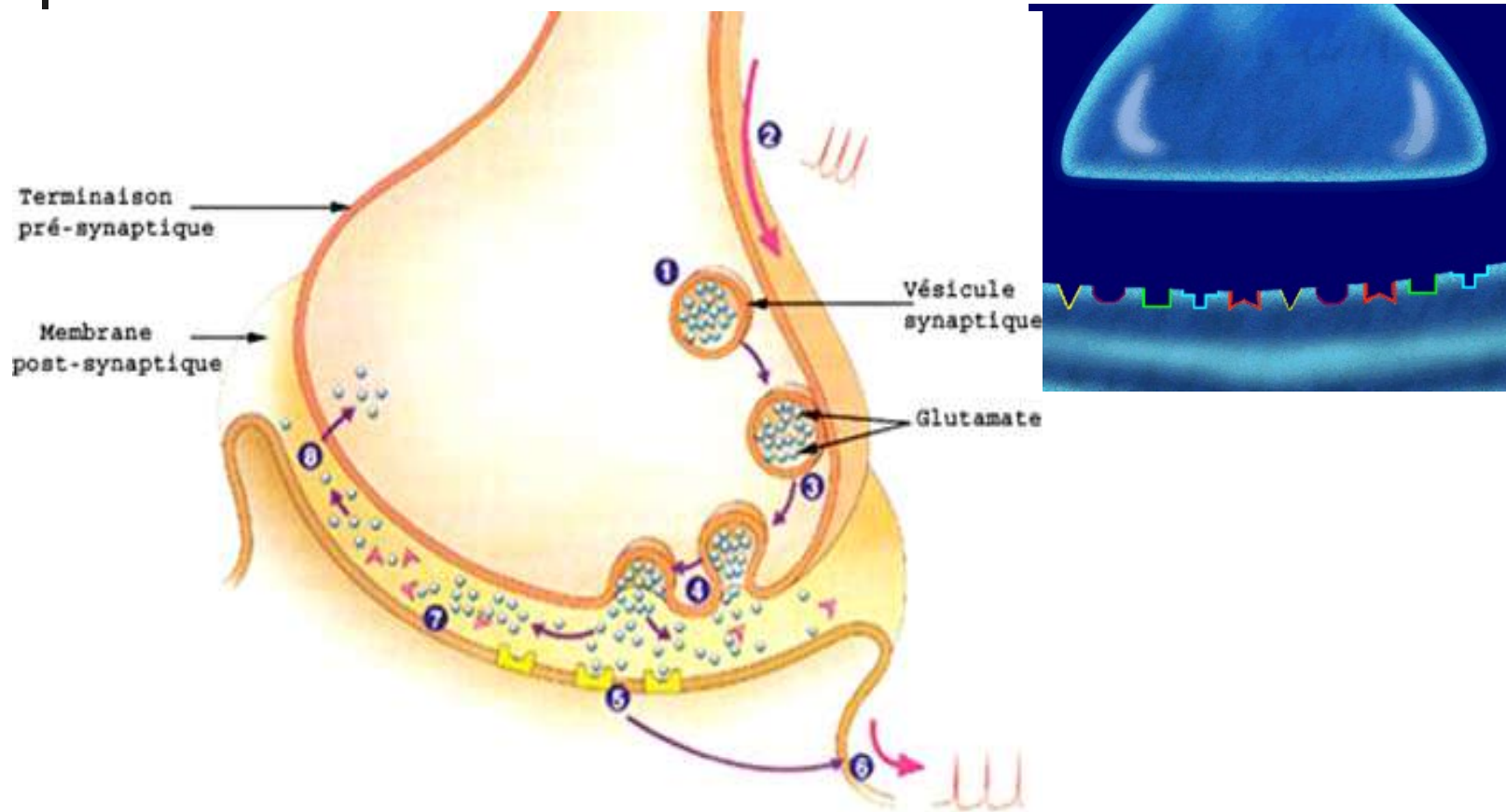
轴-胞、轴-树、轴-轴、树-树突触

兴奋性 excitatory synapse

抑制性突触 inhibitory synapse



突触传递的过程 Process of Synaptic Transmission



2 突触后神经元的电活动

Bioelectricity of Postsynaptic Neuron

兴奋性突触后电位 EPSP

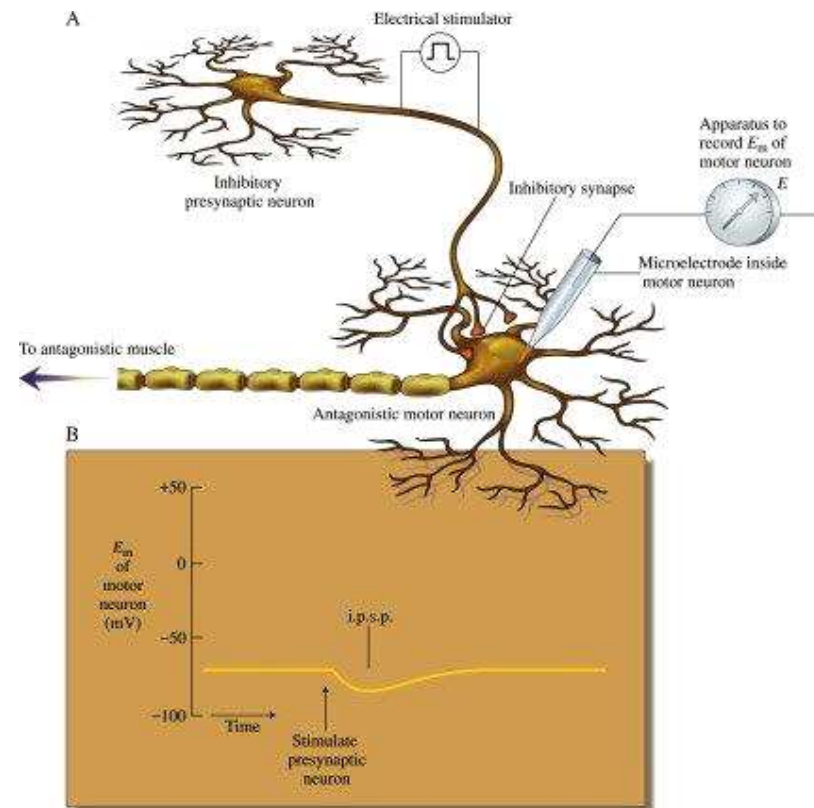
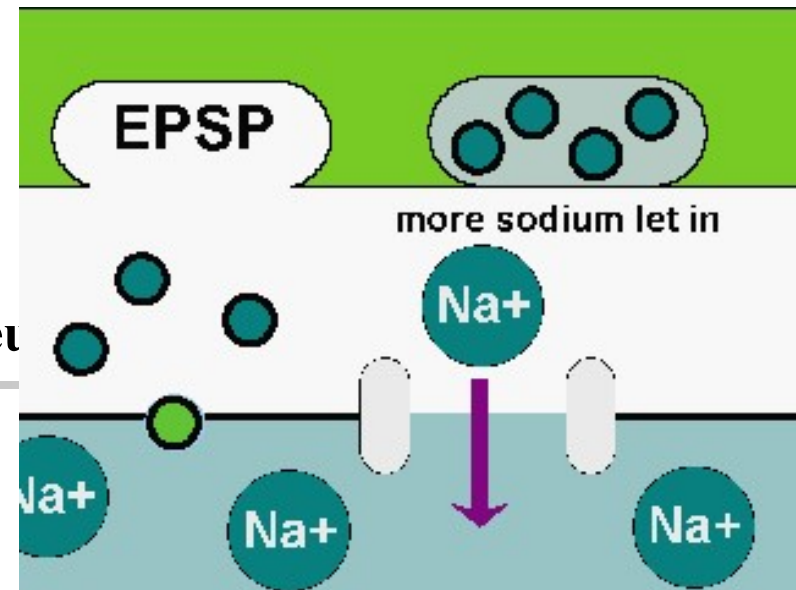
特征是突触后膜出现局部去极化

Characterized by local depolarization in postsynaptic membrane.

抑制性突触后电位 IPSP

特征是突触后膜产生超极化

Characterized by local hyperpolarization in postsynaptic membrane.

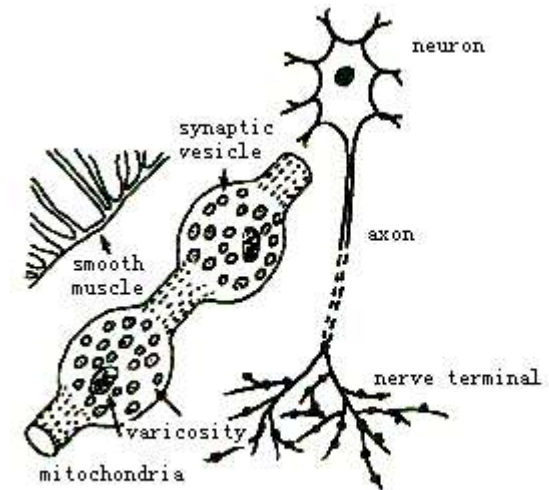


3 非定向突触传递

Non-directional Synaptic Transmission

- 曲张体

扩散方式 **Diffusion Mode**



4 电突触传递

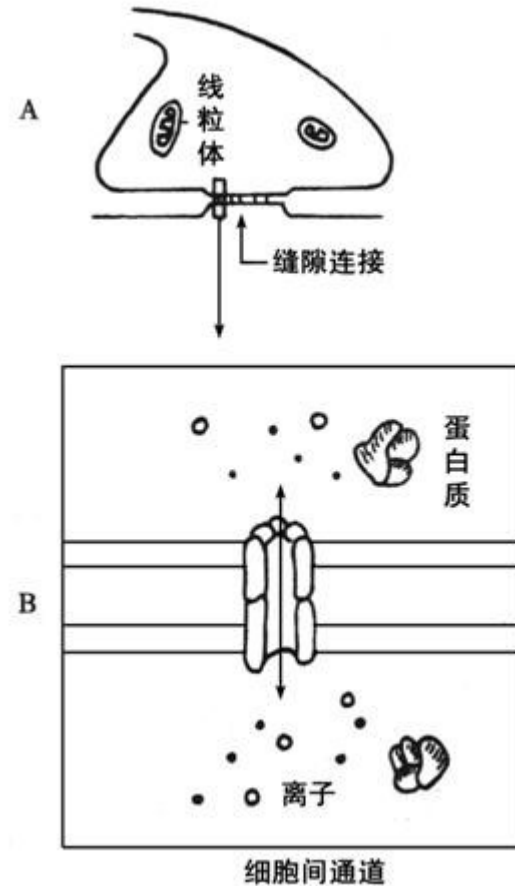
Electrical Synaptic Transmission

- 结构基础是缝隙连接

Gap junction

- 电突触传递速度快，几乎没有潜伏期，有助于实现同步化活动

Electrical synaptic transmission is fast, almost no latency, help to achieve synchronization activities.

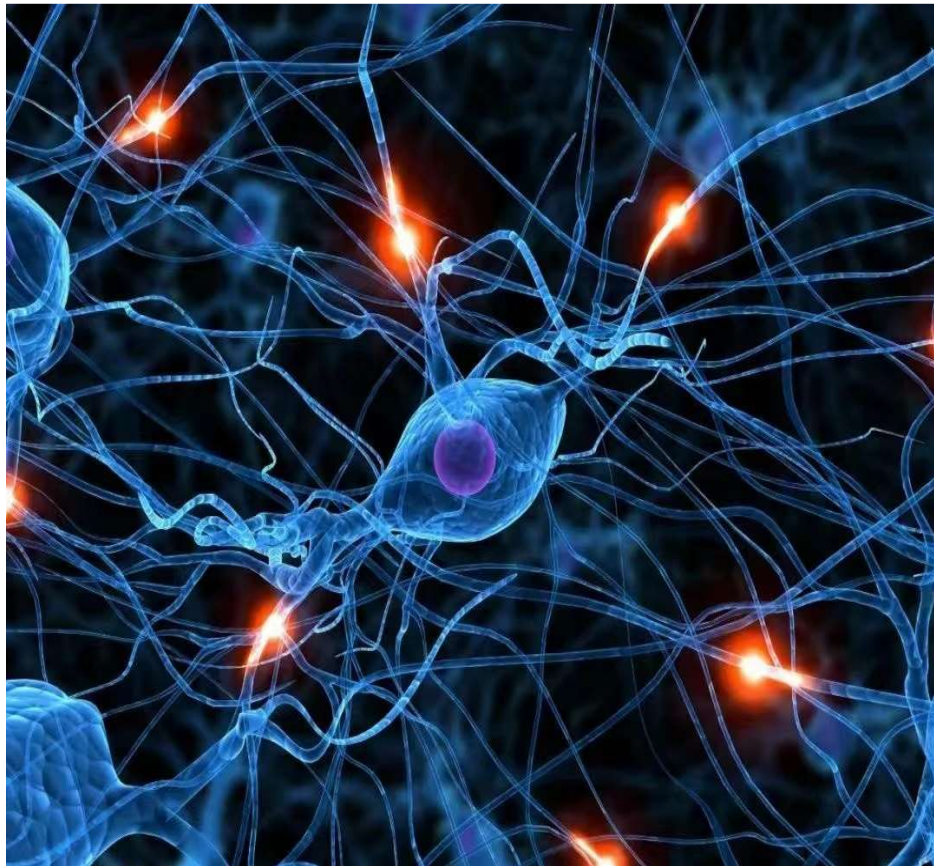


Discussion topic after-class

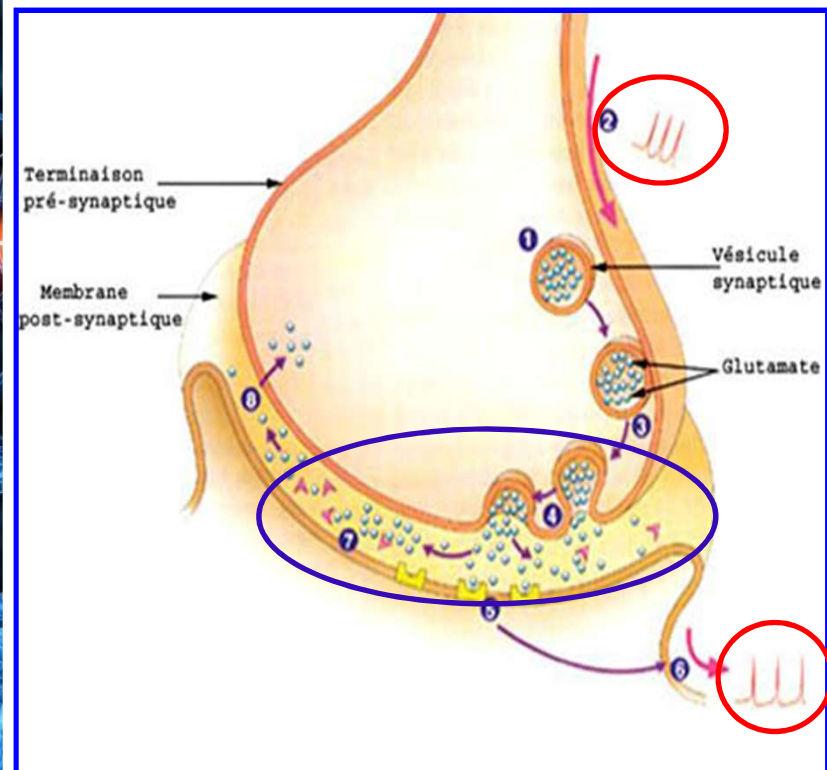
Action potential conducting and transmitting

动作电位的传导和传递

神经递质 (Neurotransmitter)



电信号--化学信号--电信号

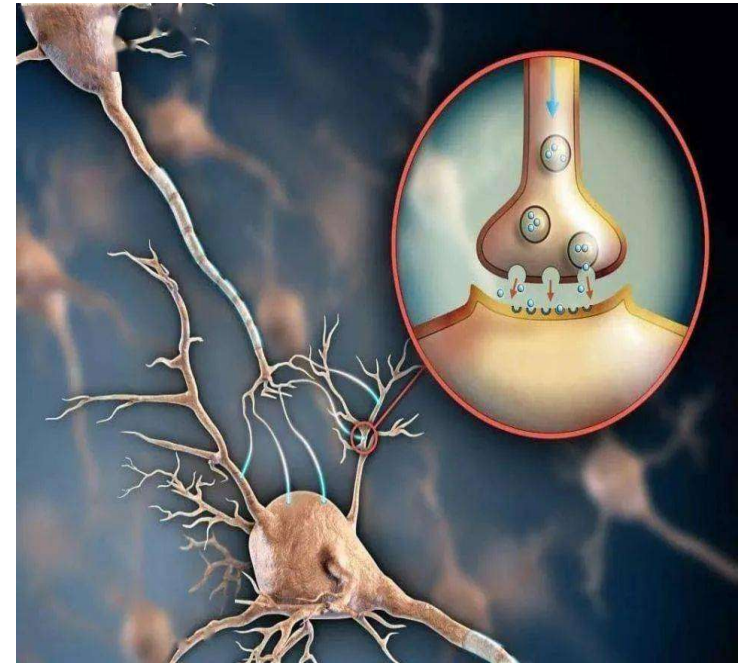


(《神经生物学》 P64-74; P97-110)

神经递质 (Neurotransmitter)

神经递质是指由突触前神经元合成并在末梢处释放，经突触间隙扩散，**特异性地作用于突触后神经元或效应器细胞上的受体**，使信息从突触前传递到突触后的一些化学物质。

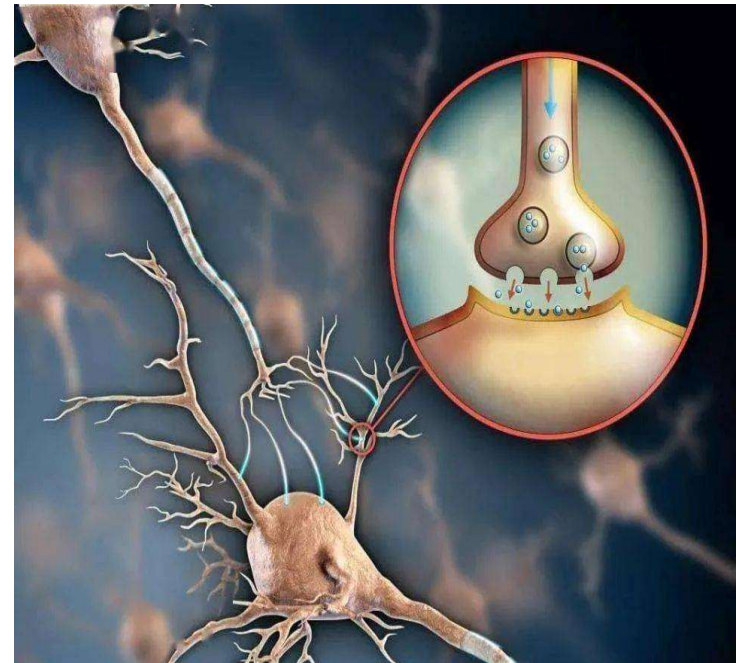
It refers to some chemical substances synthesized by presynaptic neurons and released at the terminal, which spread through the synaptic cleft and specifically act on the receptors of postsynaptic neurons or effector cells to transfer information from presynaptic to postsynaptic.



神经调质 (Neuromodulator)

神经调质 (neuromodulator)

是指由神经元释放的另一类生物活性物质，本身不直接介导突触传递，而是间接调制神经递质的释放及其基础活动水平、增强或减弱神经递质的效应，进而调节递质的作用。



神经递质和神经调制两者作用可以交叉，没有严格区分。



受体 (receptor) (《神经生物学》P97-110)

指细胞膜或细胞内能与某些化学物质（如递质、调质、激素等）发生**特异性结合并诱发生物效应**的特殊生物分子。

能与受体发生特异性结合并产生生物效应的化学物质称为**激动剂** (agonist)，只发生特异性结合，但不产生生物效应的化学物质则称为**拮抗剂**(antagonist)（或称受体阻滞剂），两者统称为**配体**(ligand)。

一般认为**受体与配体的结合**具有**相对特异性、饱和性和可逆性**。

It is generally believed that the combination of receptor and ligand has **relative specificity, saturation and reversibility**.

神经递质的分类（按化学性质分类）

胆碱类：乙酰胆碱 **Ach** —————→ 最早被发现的神经递质

单胺类：包括去甲肾上腺素(**NE**)、肾上腺素、多巴胺(**DA**)和
5-羟色胺(5-HT)

氨基酸类：谷氨酸(**Glu**)、 γ -氨基丁酸(**GABA**)和甘氨酸(**Gly**)

肽类：阿片肽、脑肠肽、**P**物质、心房钠尿肽等

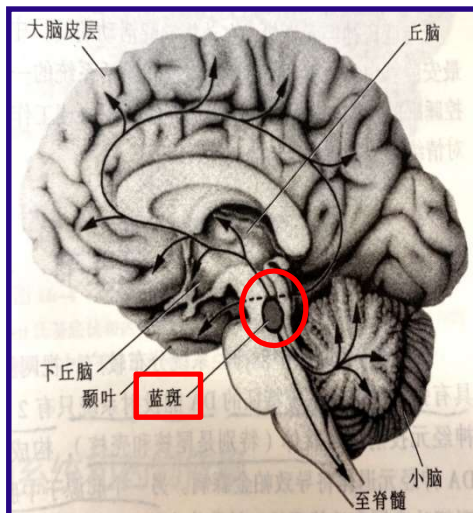
嘌呤类：主要有腺苷和**ATP**

脑内气体分子：一氧化氮 (**NO**) 和一氧化碳 (**CO**)

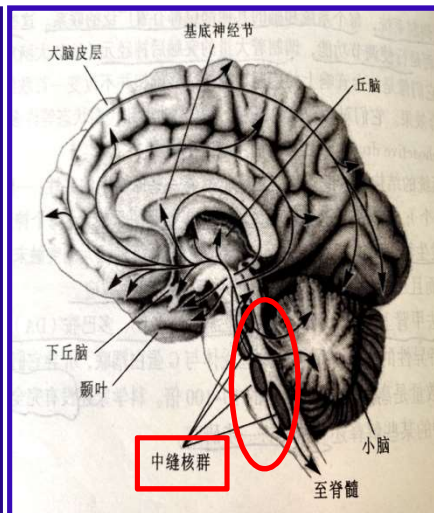
- 神经递质共存是一种普遍现象，神经递质不仅共存，还能同时释放；
- 递质共存不仅可以协同传递信息，同时也可通过突触前、后调节的方式，相互拮抗或协同，使信息传递更加精密完善、更加协调。

神经递质与脑内的弥散性调制系统（《神经生物学》P319-325）

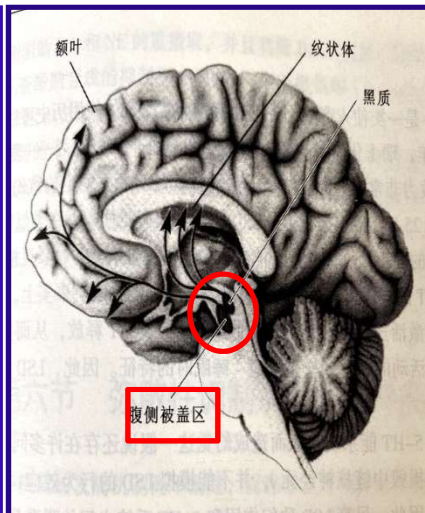
- **神经递质是脑内弥散性调制系统的关键信号分子，共同参与了大脑功能的复杂调控。**
- **这些系统是释放不同递质的细胞群组，如去甲肾上腺素系统、5-羟色胺系统、多巴胺系统和乙酰胆碱系统；**
- **弥散性调制系统和脑内的其他部位都有着广泛的联系，通常不传输具体的感觉信息，而是行使调节功能。**
- **脑的弥散性调制系统的功能紊乱是一些精神疾病的可能机制。**



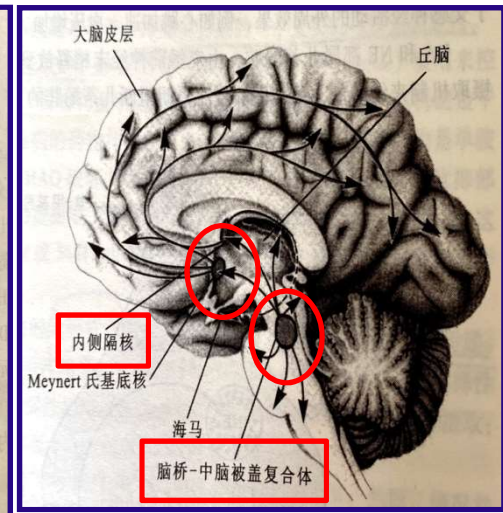
去甲肾上腺素能系统



5-羟色胺能系统



多巴胺能系统



乙酰胆碱能系统

弥散性调制系统和精神疾病（《神经生物学》P319-323）

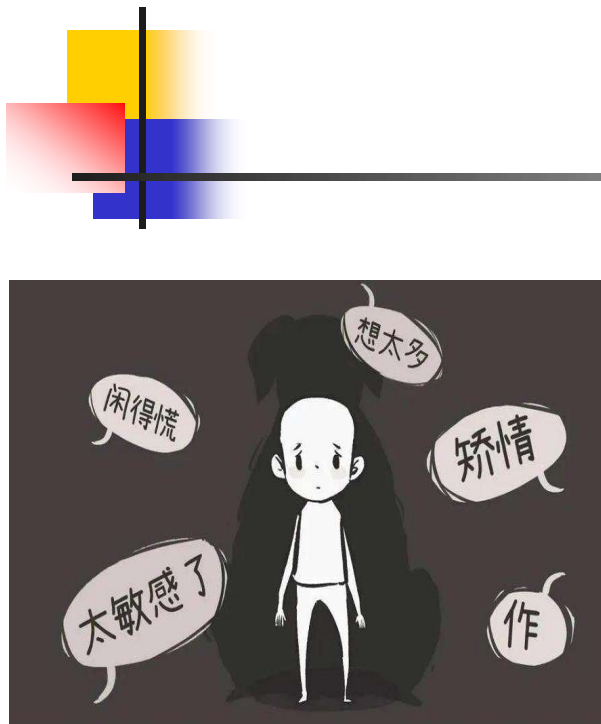


- 抑郁症是一种疾病，但又不是单一病种，是一整个谱系病征，发病率高，风险性大，最严重可导致自杀。
- 抑郁症发病机制尚不确切，认为它和遗传、大脑中的生理性病变及身心整个的状态的失衡有关，它可能是由于中枢弥散性调控系统障碍而造成的。
- 目前，抑郁症的药物治疗非常成功，大多数药物的共同特点是增强中枢5-HT能和/或NE能突触传递。此外，物理治疗对缓解抑郁症同样非常有效。



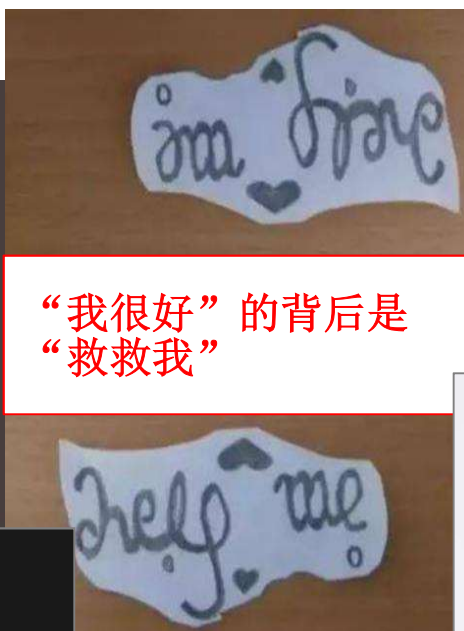
所以，抑郁症是可治愈的，我们要有客观的态度应对抑郁症

关于抑郁症我们要知道的.....



污名化、病耻感
微笑抑郁症

正确面对
及时就医，科学有效



“我很好”的背后是
“救救我”



担心药物副作用
不用药、自行停药

遵医嘱
科学规范用药



抑郁症会复发吗？

担心复发

大部分是单病程；
即使复发，也会早觉察，知道如何应对它

理解精神障碍脑机制，科学维护身心健康

积极的应对策略



科学维护身心健康的意识

觉察自我，积极自我对话

沟通交流，构建多元支持系统

运动锻炼、社会活动

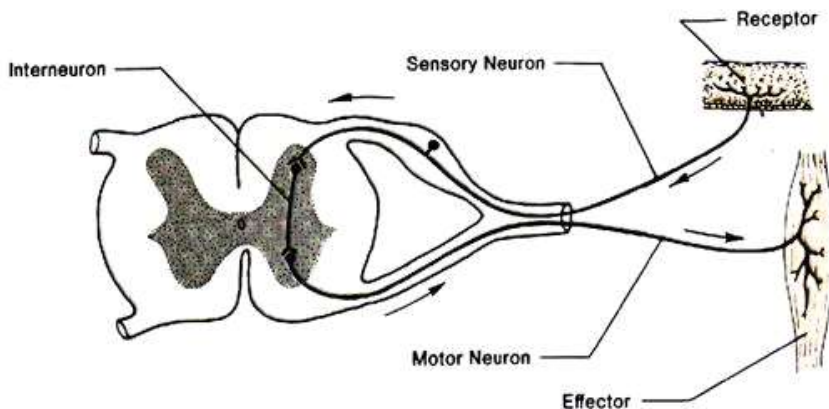
课后讨论主题

1、从神经递质的特点分析，突触是神经信息处理的关键部位。

2、从神经递质和心理疾病的脑机制看如何科学维护心理健康？



三、反射



1 反射与反射弧reflex and reflex arc

反射 (reflex) 是指在中枢神经系统的参与下，机体对刺激产生的规律性应答。神经系统活动的基本方式是反射。

It refers to the regular response of the body to stimulation with the participation of the central nervous system. The basic way of nervous system activity is reflex.

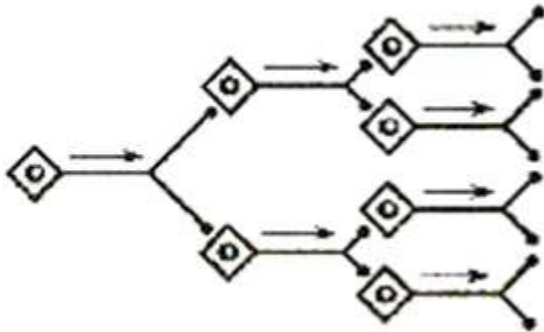
反射弧(reflex arc): 反射的结构基础和基本单位，它包括五个基本组成部分：**感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器。**

Reflex arc: the structural basis and basic unit of reflex, which includes five basic components: receptors, afferent nerve, nerve center, efferent nerve and effector.

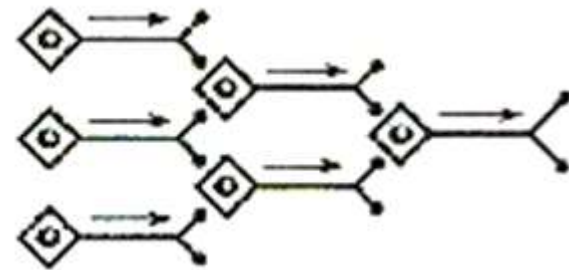
2 中枢神经元的联系方式

Connection Modes of Central Neurons

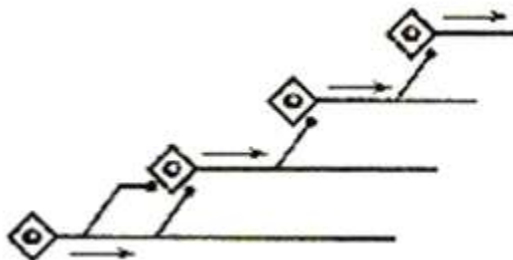
辐散式 divergence type



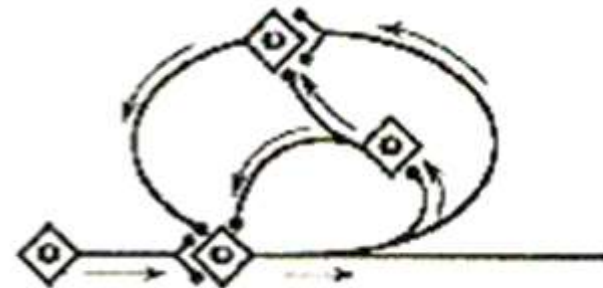
聚合式 polymerized type



链锁式 chain circuit



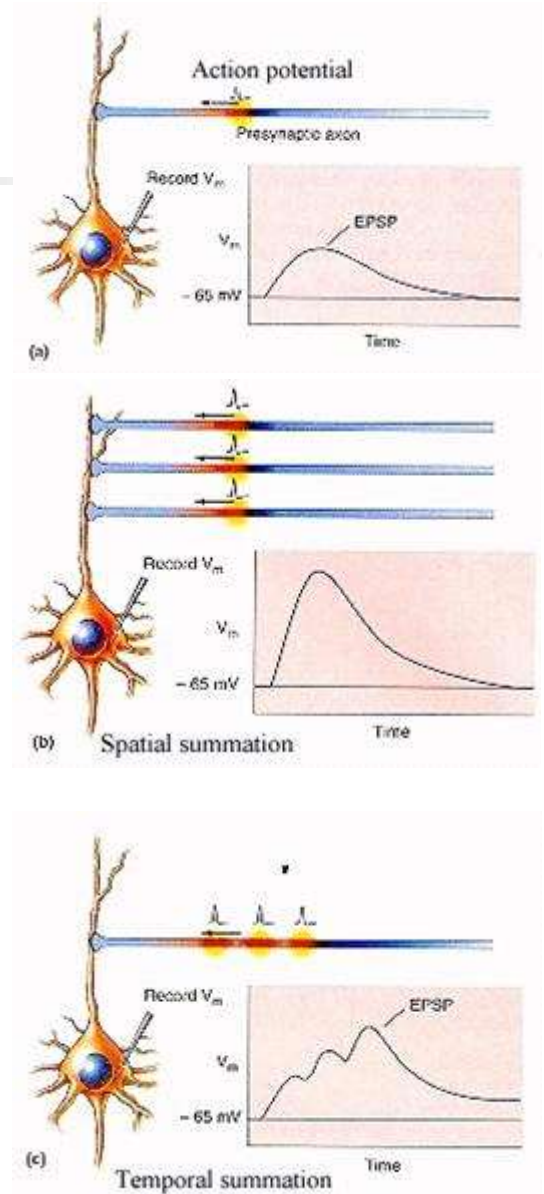
环路式 loop circuit



3 兴奋在反射中枢内传播的特征

Characteristics of Excitation Transmission in the Reflex Center

- 单向传递 One-way transmission
 - 中枢延搁 Central delay
 - 总和 Summation
 - 兴奋节律的改变 Excitatory rhythm changing
 - 后放 After discharge
 - 对内环境变化的敏感性和易疲劳性
- Sensitivity and fatigue susceptibility to changes in internal environment



课后讨论主题
Discussion topic after-class

兴奋在反射中枢内传播的特征
Characteristics of Excitation Transmission in the Reflex Center



思考题 Questions need to be thought

- **神经元的工作原理 Working Principle of Neurons**
- **动作电位的机制 The Mechanism of Action Potential**
- **静息电位的机制 The Mechanism of Resting Potential**
- **神经元之间的信息传递机制**
Information Transmission Mechanism between Neurons
- **化学性突触的结构 Structure of Chemical Synapses**
- **兴奋在反射中枢内传播的特征 Characteristics of Excitation**
Transmission in the Reflex Center