

# 第一章 人体细胞与组织

# 人体的构成

原子



分子



细胞



组织



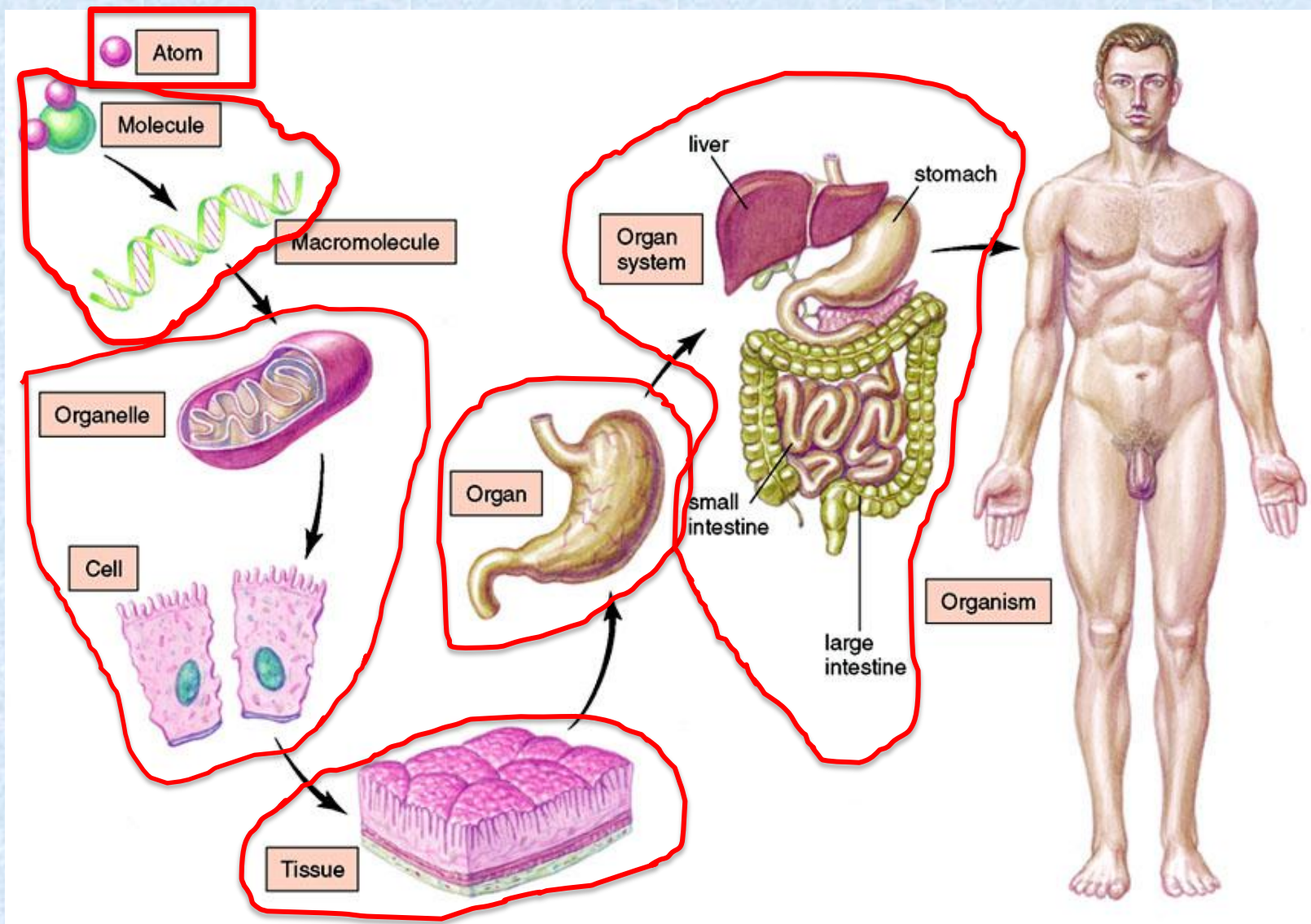
器官



系统



个体



第一节 细胞结构概述

第二节 细胞跨膜物质转运

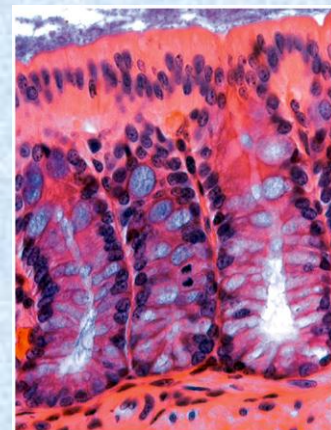
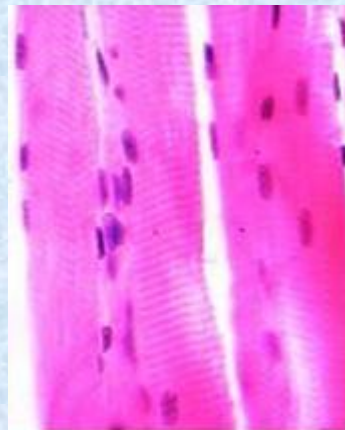
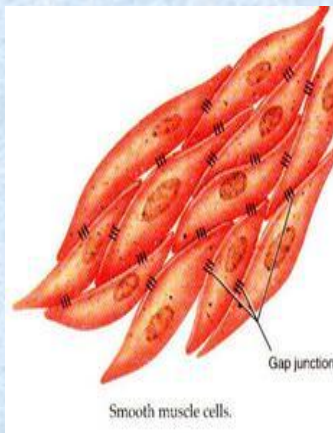
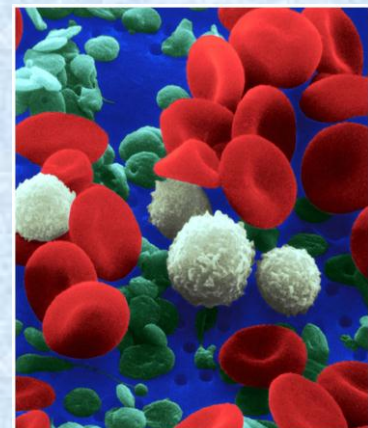
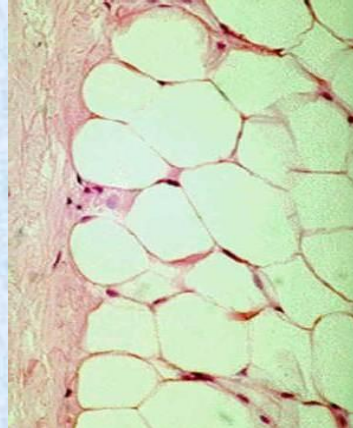
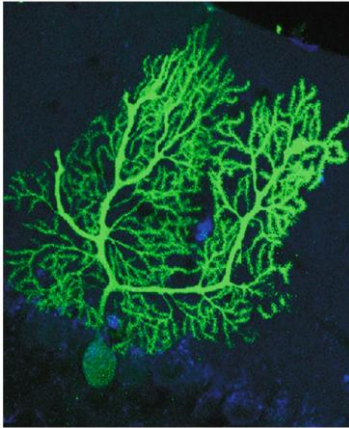
第三节 细胞跨膜信号转导

第四节 细胞生物电

第五节 人体的组织

# 第一节 细胞结构概述

## 细胞类型多样



细胞核

细胞质

细胞膜

核膜

细胞核

核仁

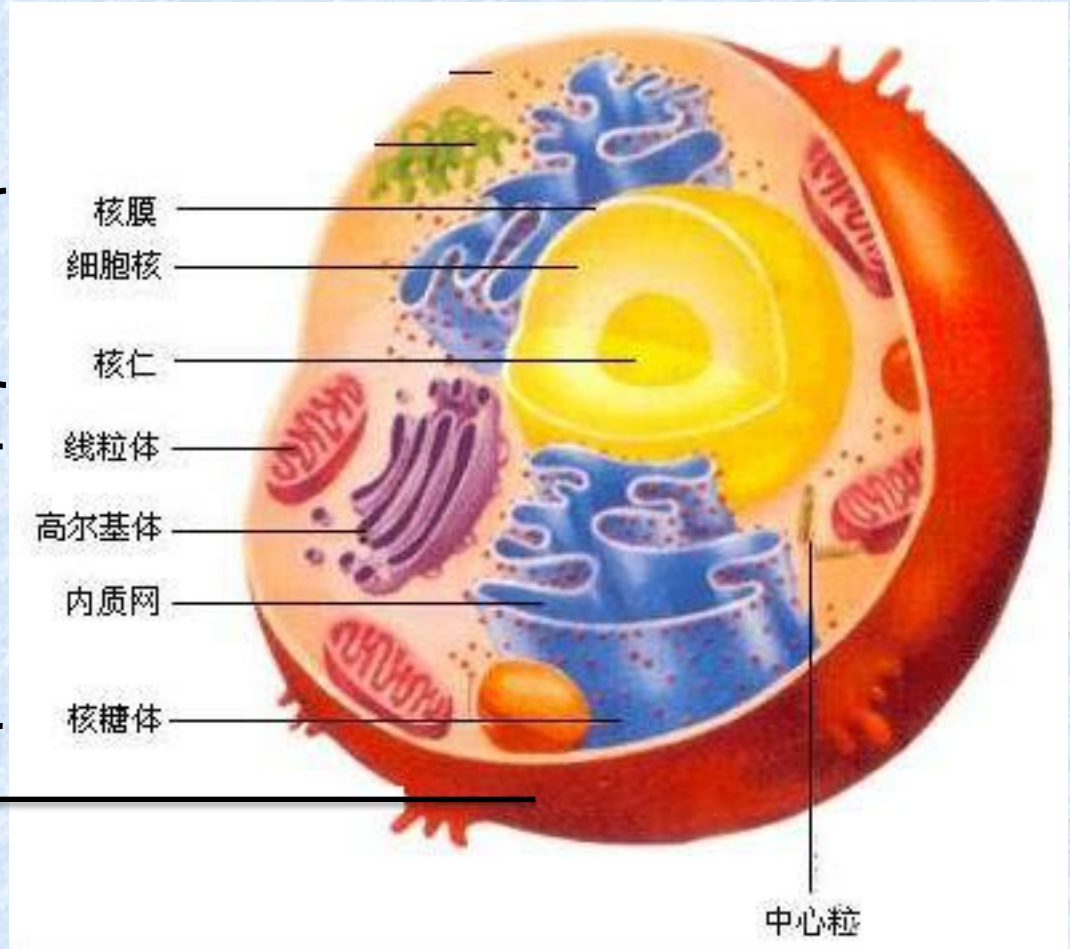
线粒体

高尔基体

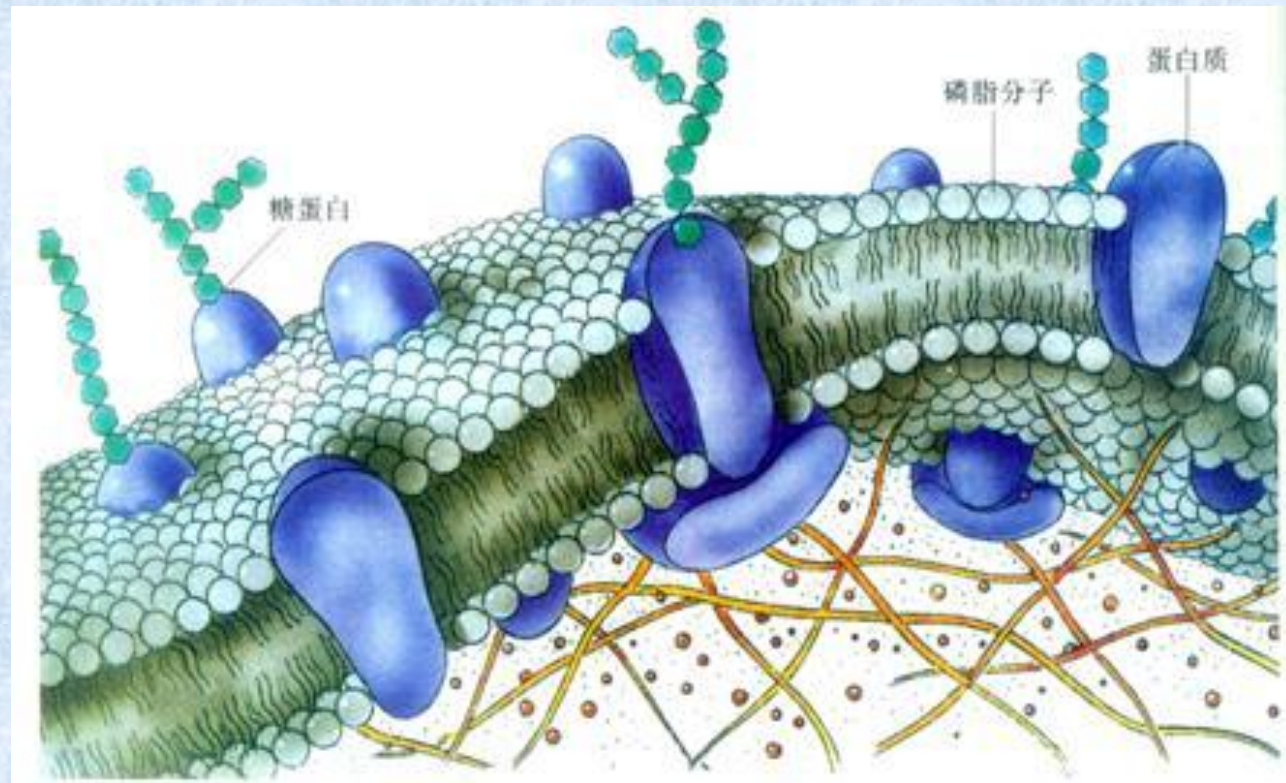
内质网

核糖体

中心粒



# 一、细胞膜



## 1、膜的组成

膜脂：构成脂质双分子层

膜蛋白

膜糖



# 1.1 膜脂 脂质双分子层， 主要由磷脂、胆固醇、糖脂组成

## 磷脂

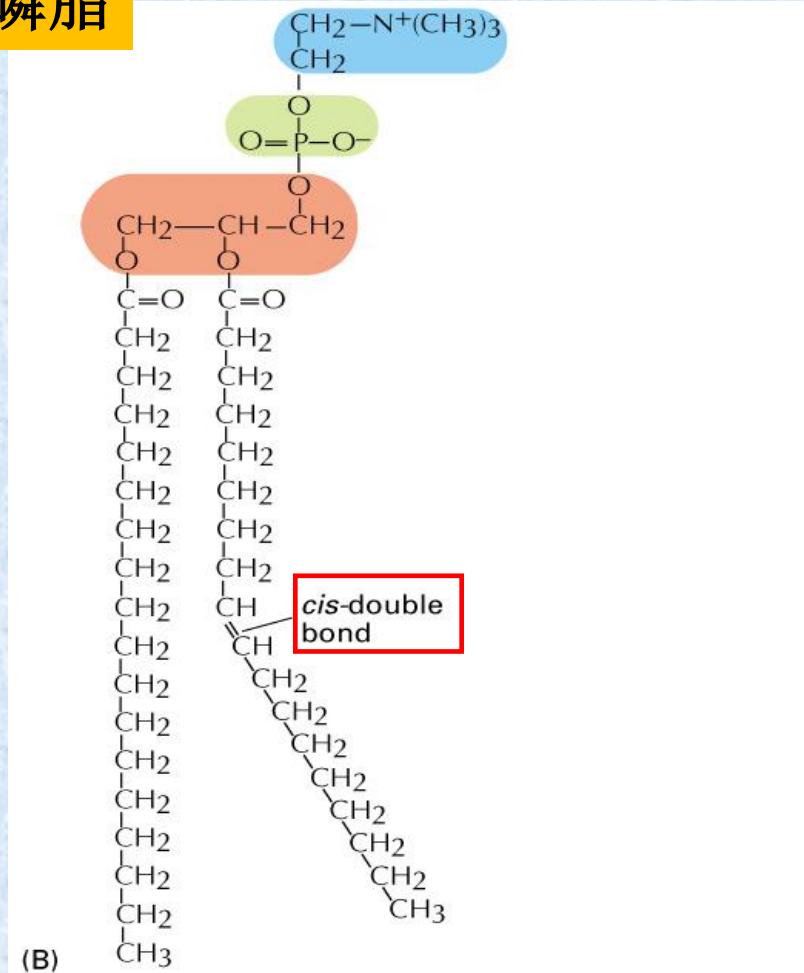


Figure 10-2 part 2 of 3. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

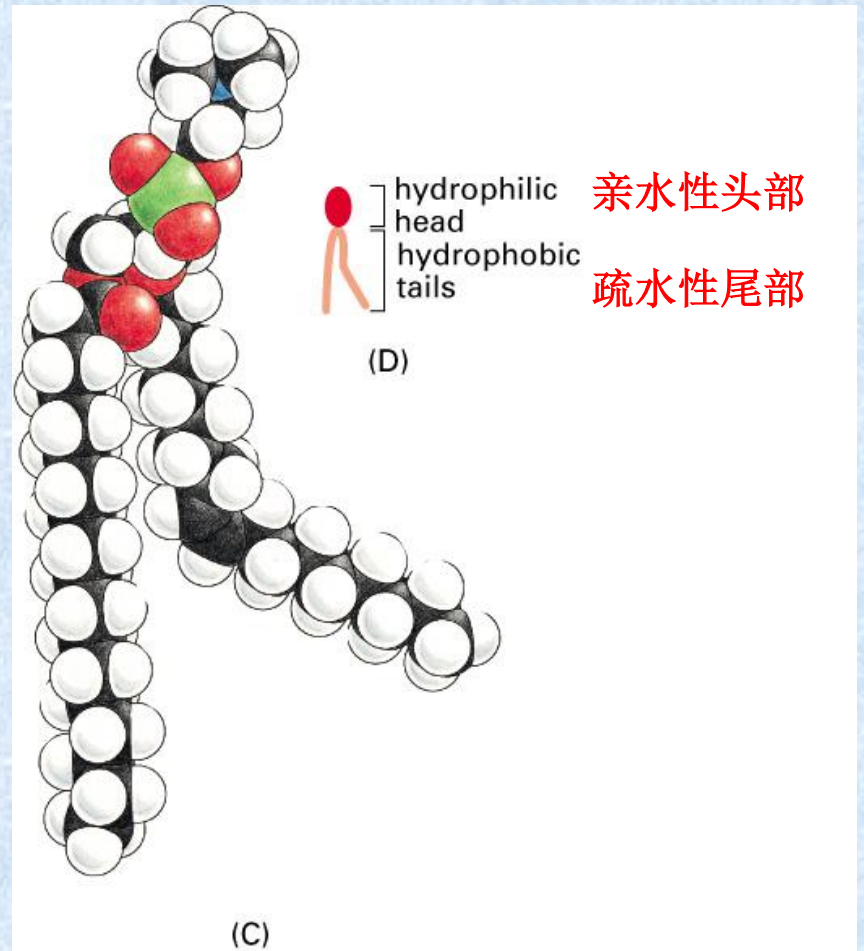


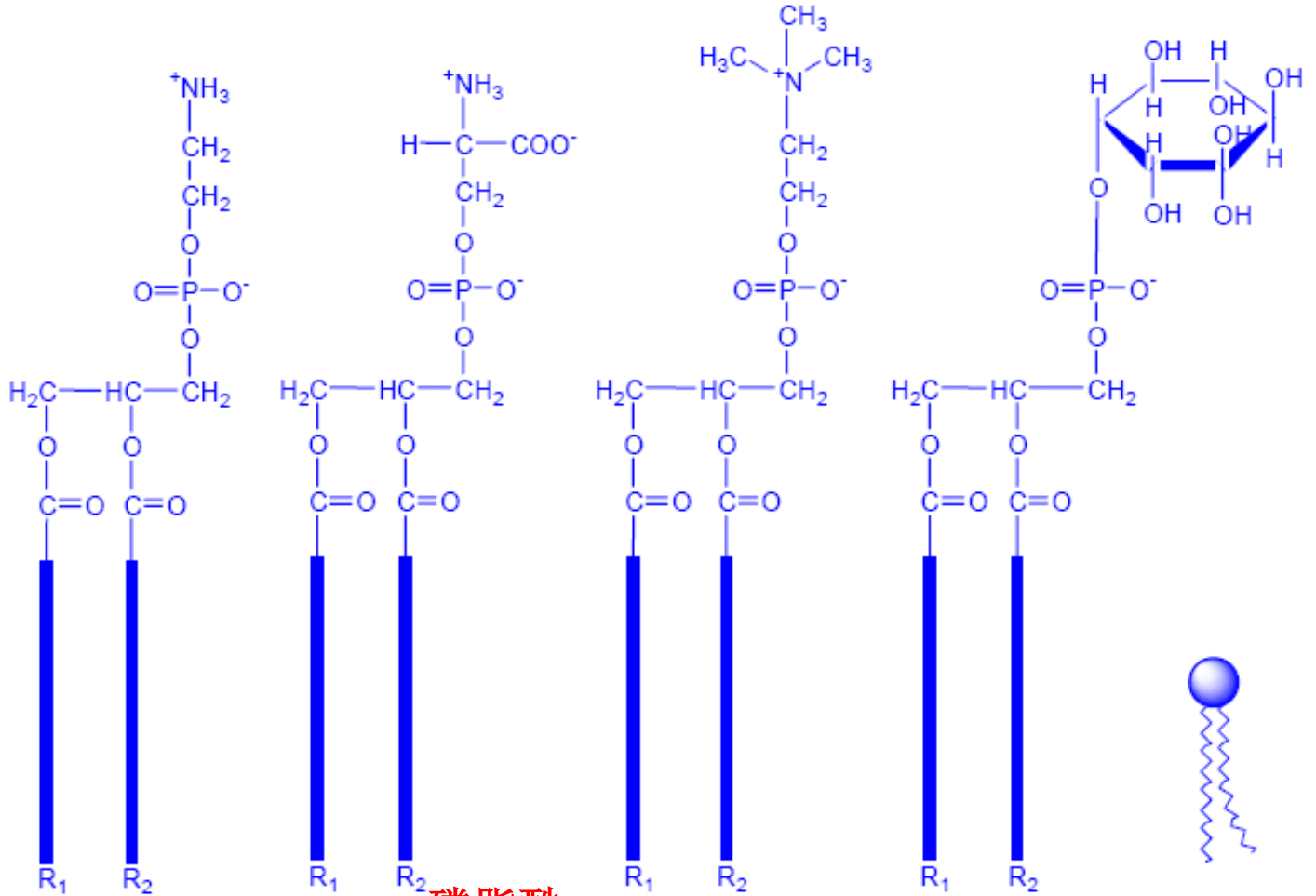
Figure 10-2 part 3 of 3. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

# 膜磷脂种类

## Phospholipids in plasmamembranes

亲水部位

疏水部位



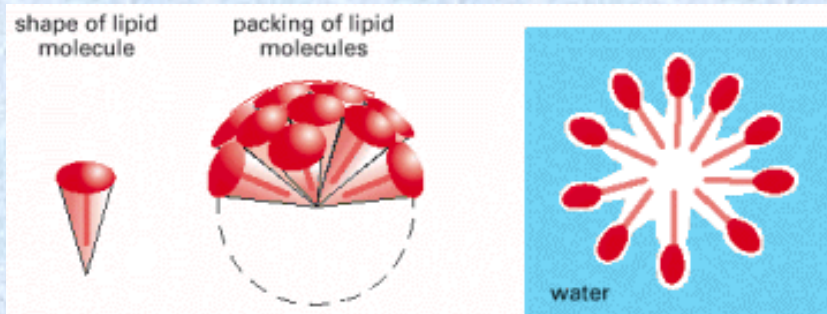
PE 脑磷脂

PS 磷脂酰丝氨酸

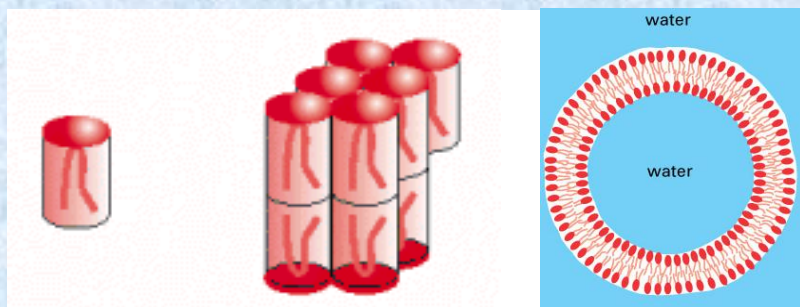
PC 卵磷脂

PI 磷脂酰肌醇

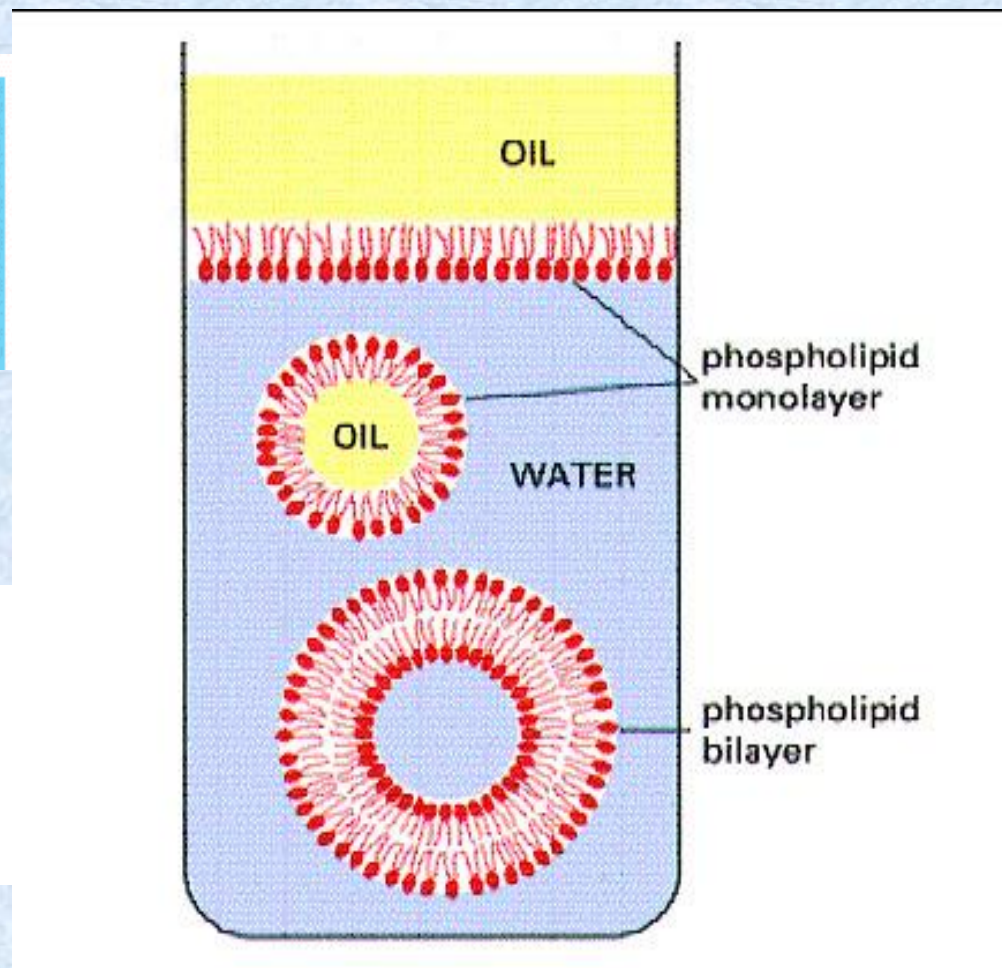




磷脂单分子层



磷脂双分子层



在水溶液中形成微团或脂双分子层

# 胆固醇

## 胆固醇的化学结构

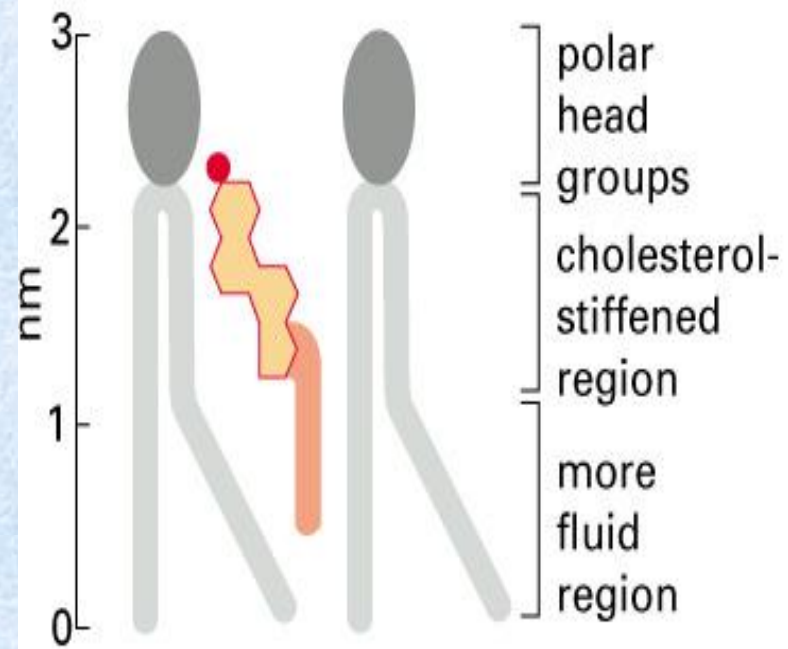
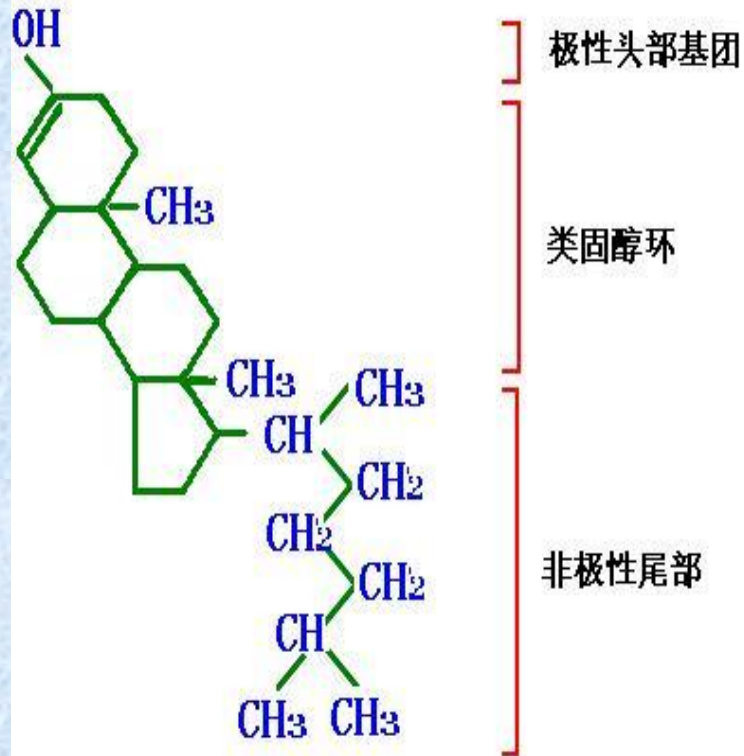
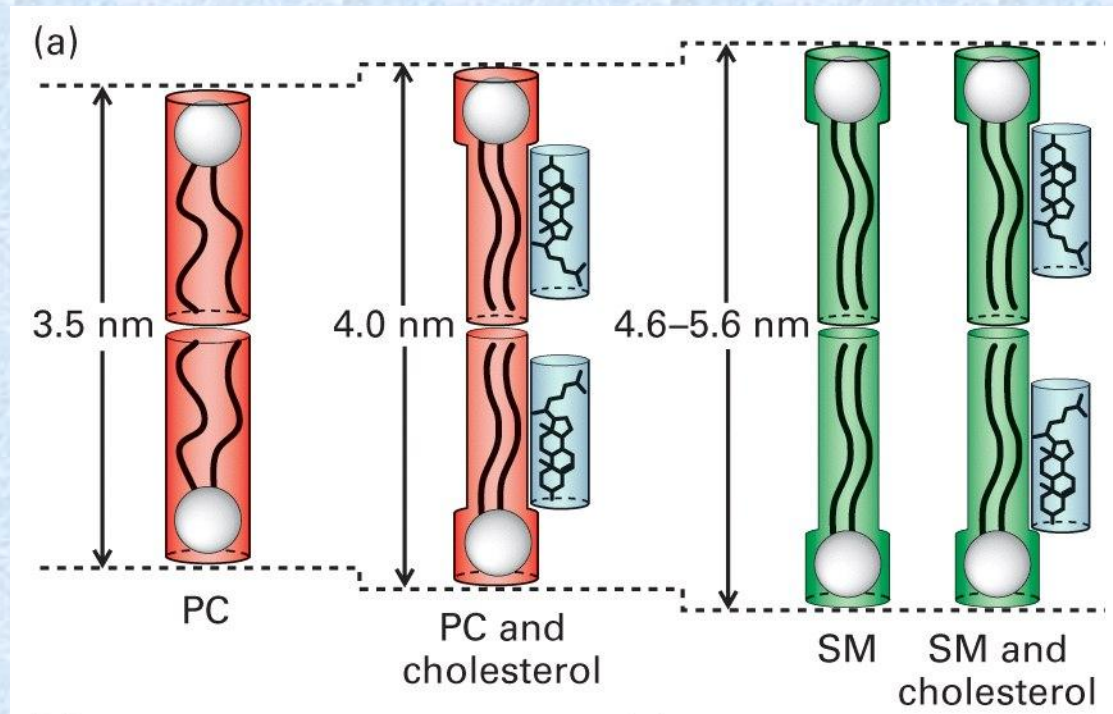


Figure 10-11. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

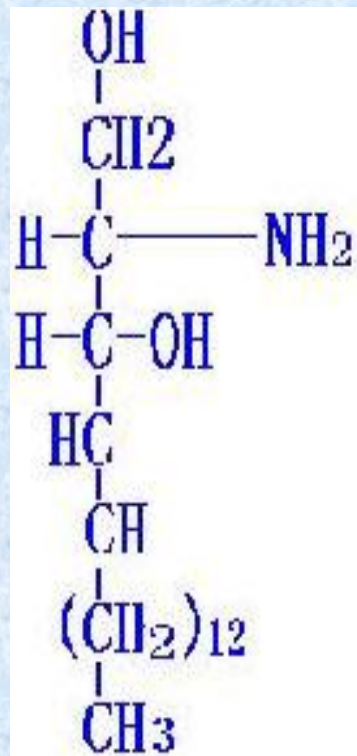


磷脂酰胆碱

磷脂酰丝氨酸

**Cholesterol has a lipid ordering effect**  
**→ 控制膜的流动性，维持膜的厚度**

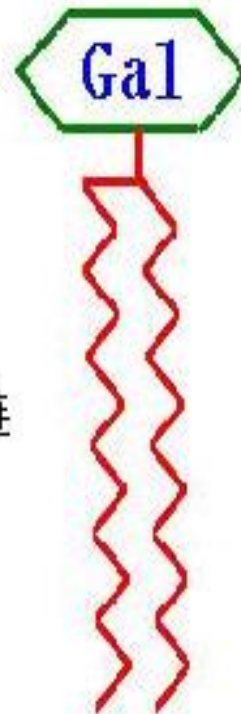
# 糖脂



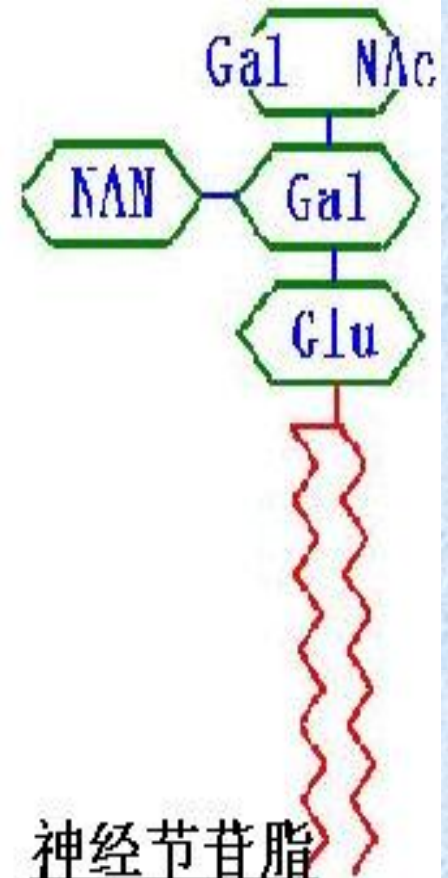
鞘氨醇



神经酰胺



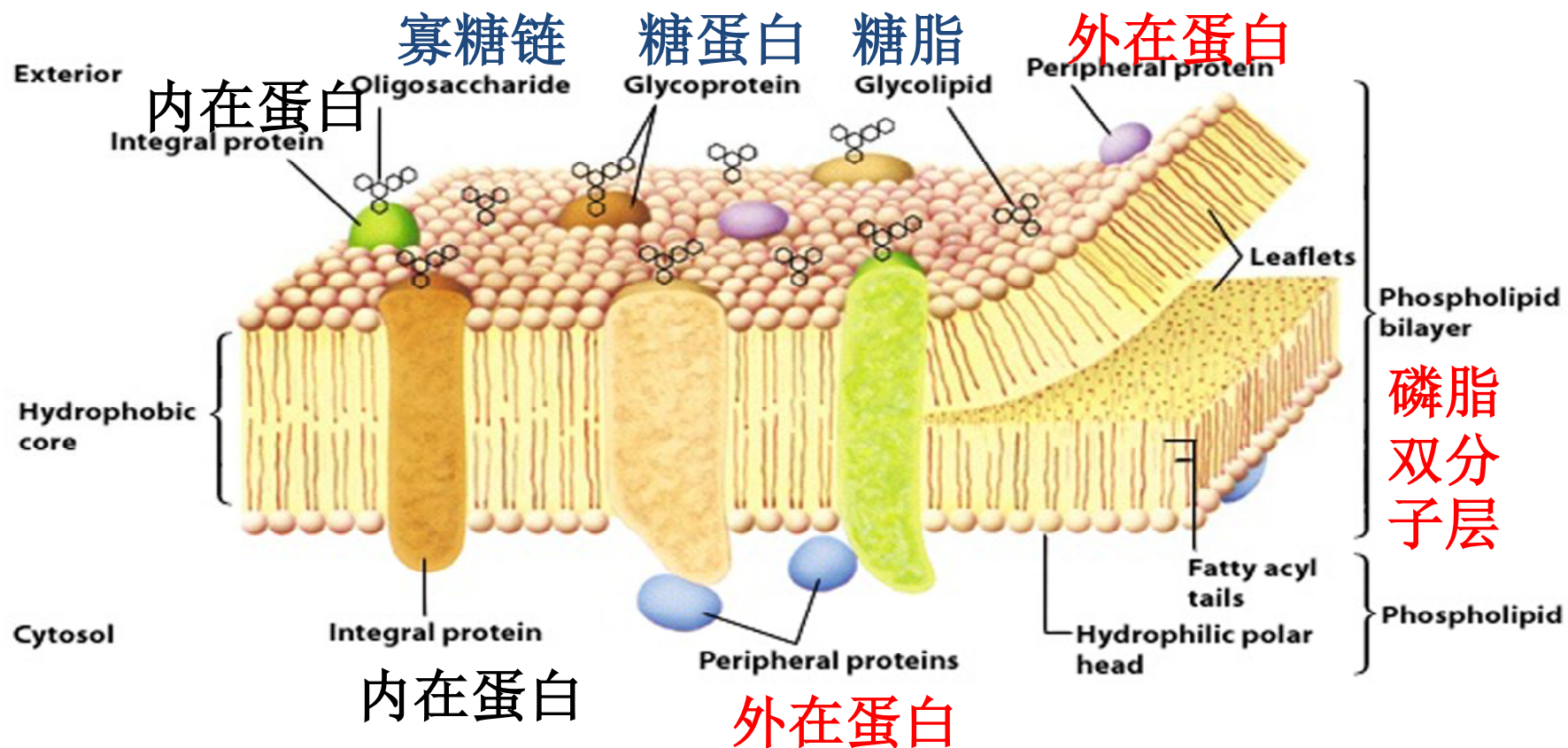
半乳糖脑苷脂

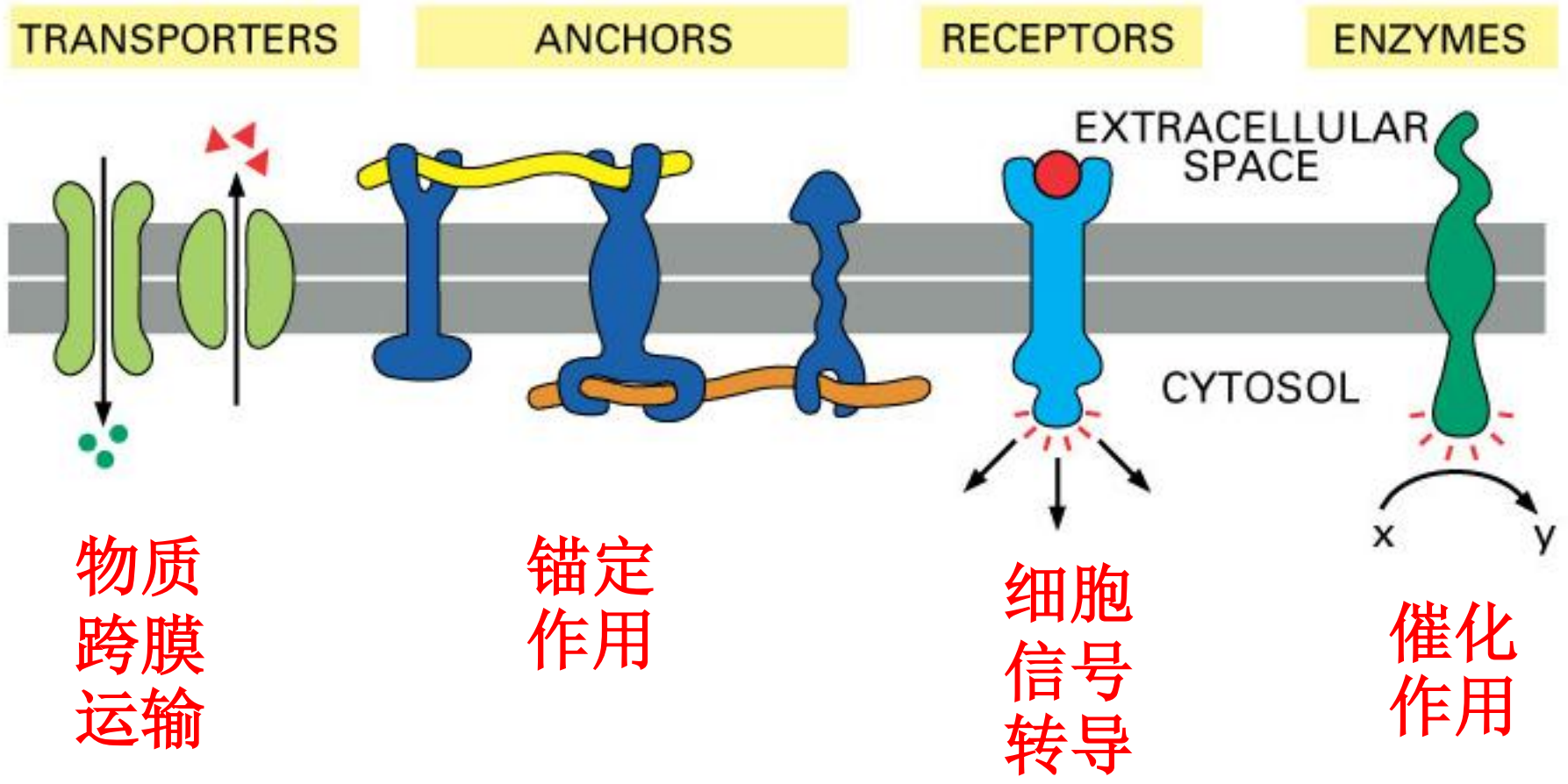


神经节苷脂

## 1.2 膜蛋白

膜蛋白：外在蛋白 20-30%    内在蛋白 70-80%





膜蛋白结构和功能具有多样性

## 1.3 膜糖：糖脂和糖蛋白

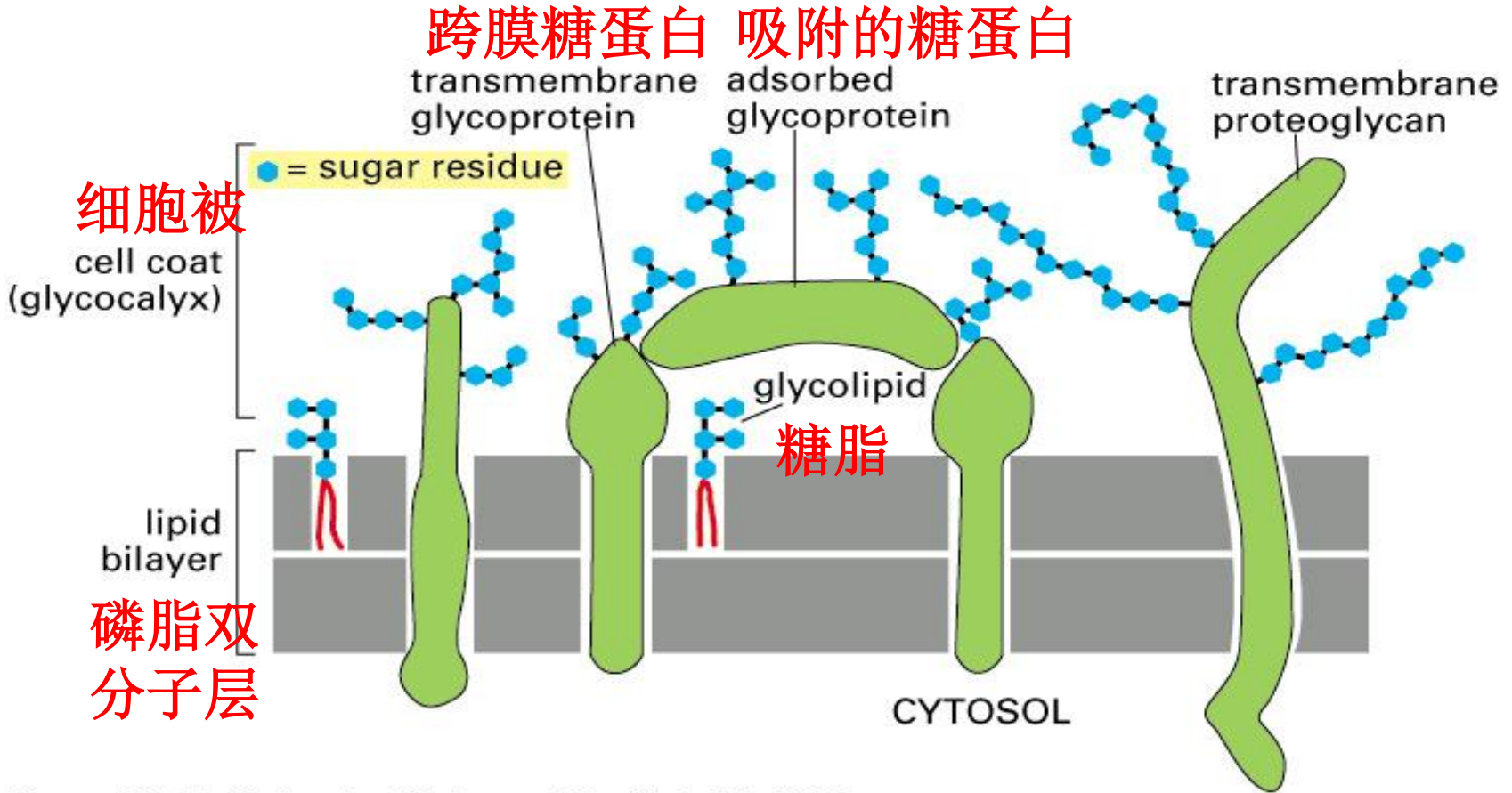


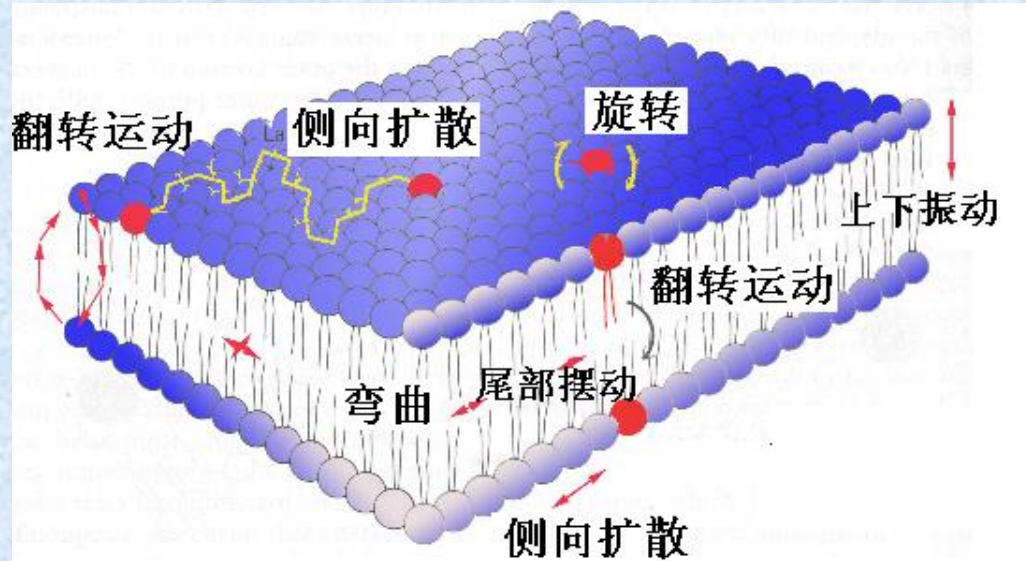
Figure 10-45. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

## 2、膜结构的特点

### 2.1 膜具有流动性

- **膜脂的流动性**

侧向移动，旋转运动，  
伸缩振荡，尾部摆动，  
翻转运动



- **膜蛋白的流动性**

侧向移动，旋转运动  
翻转运动

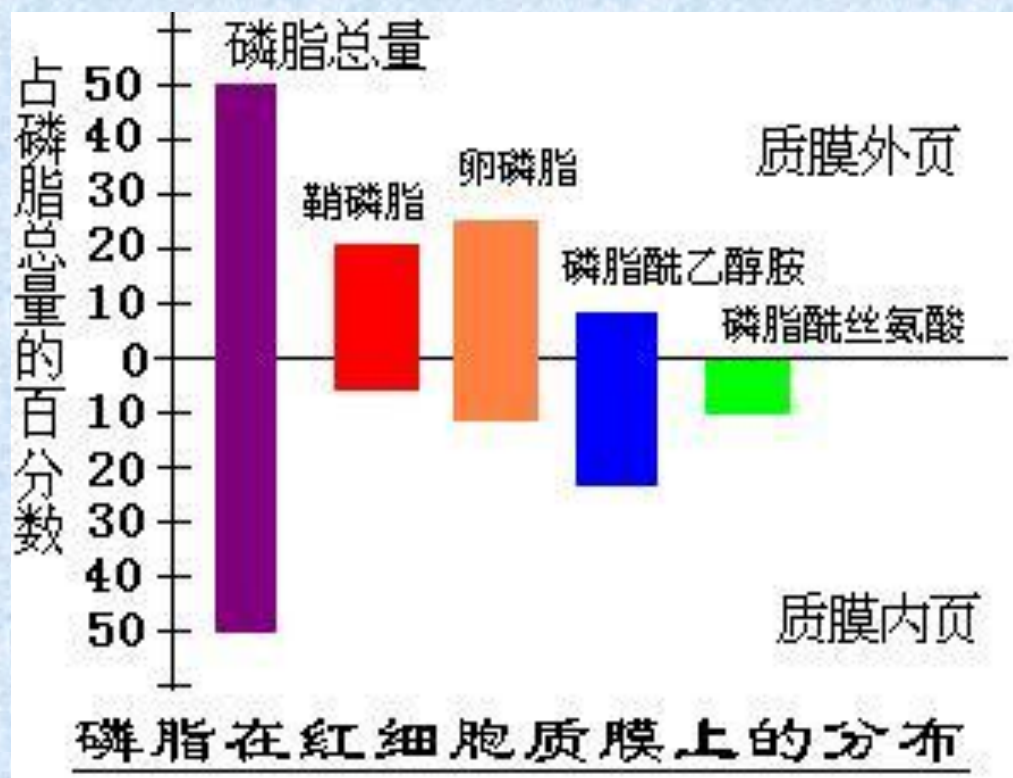


## 2.2 膜具有不对称性

膜蛋白的不对称分布

膜脂的不对称分布

膜糖的不对称分布



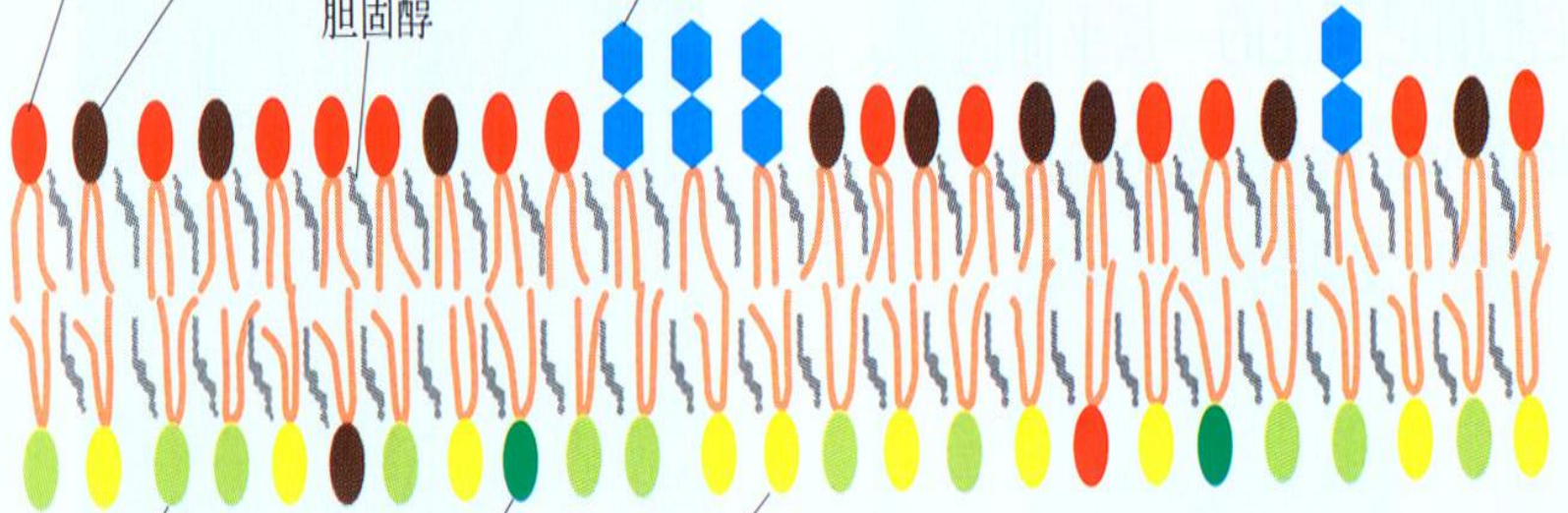
磷脂酰胆碱 (卵磷脂)

(神经) 鞘磷脂

胆固醇

糖脂

细胞外空间

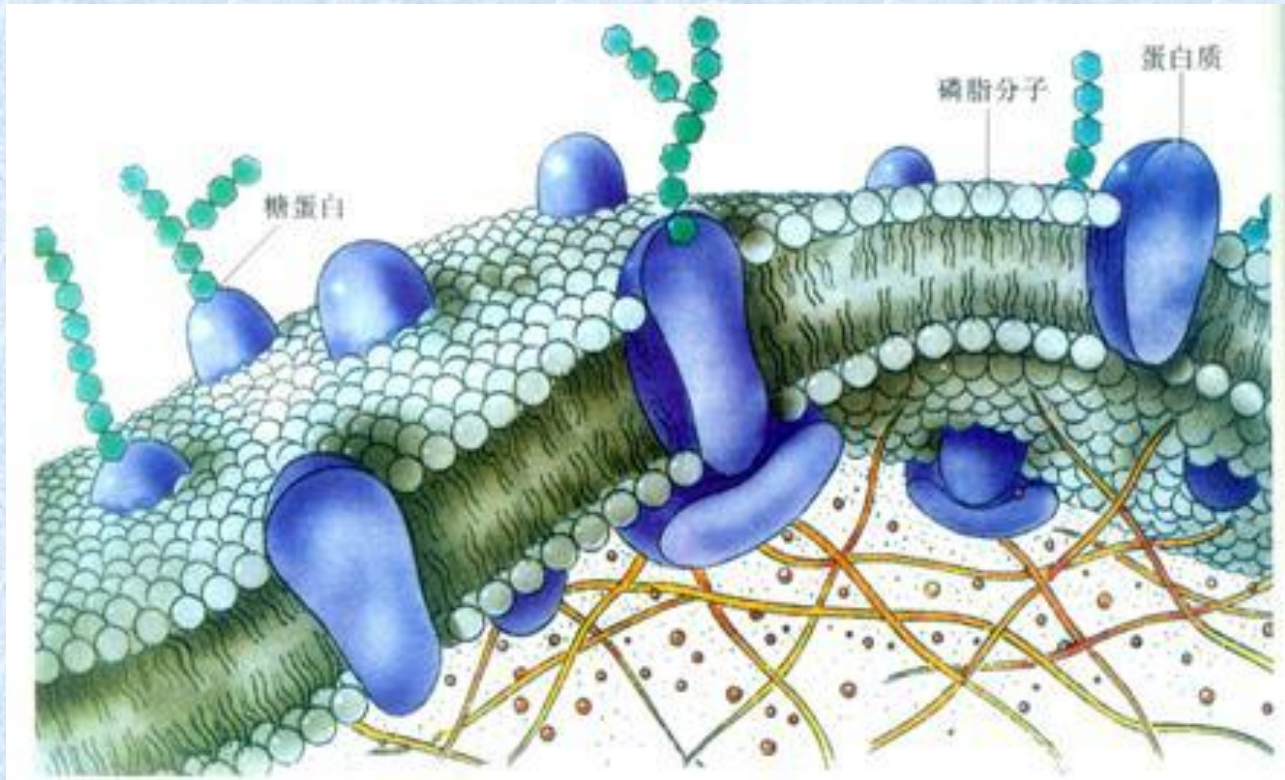


磷脂酰丝氨酸

磷脂酰肌醇

磷脂酰乙醇胺

胞质溶胶



**流动镶嵌模型**

细胞核

细胞质

细胞膜

核膜

细胞核

核仁

线粒体

高尔基体

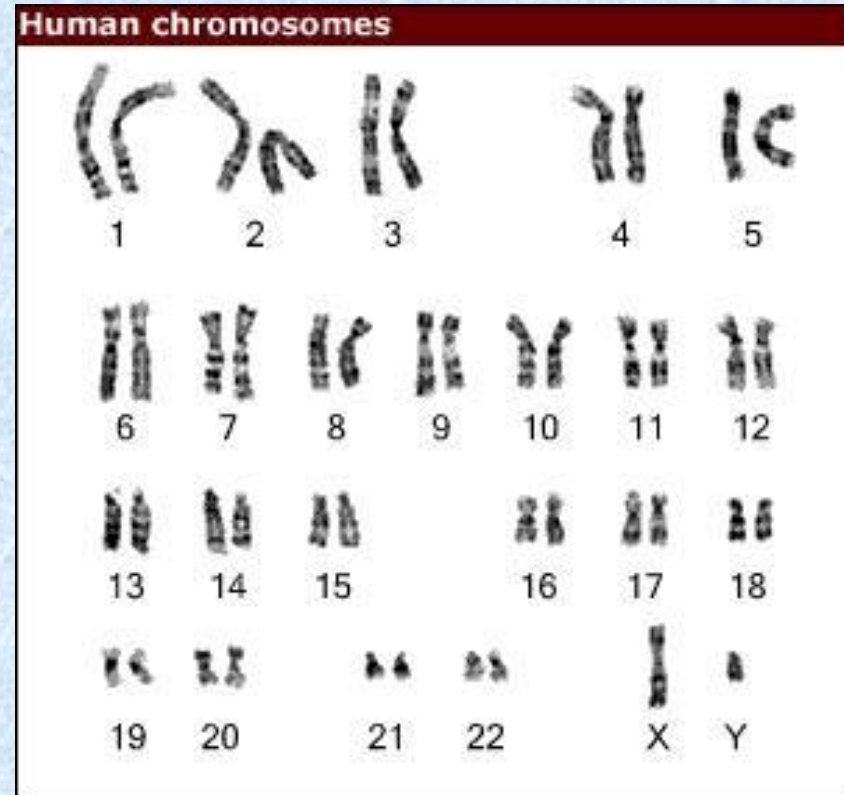
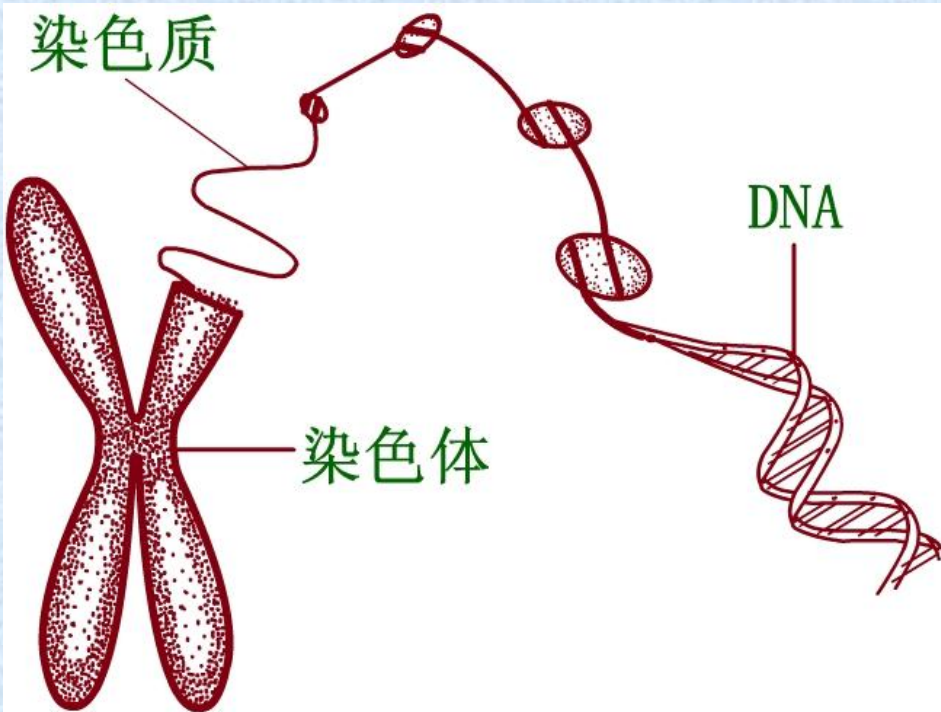
内质网

核糖体

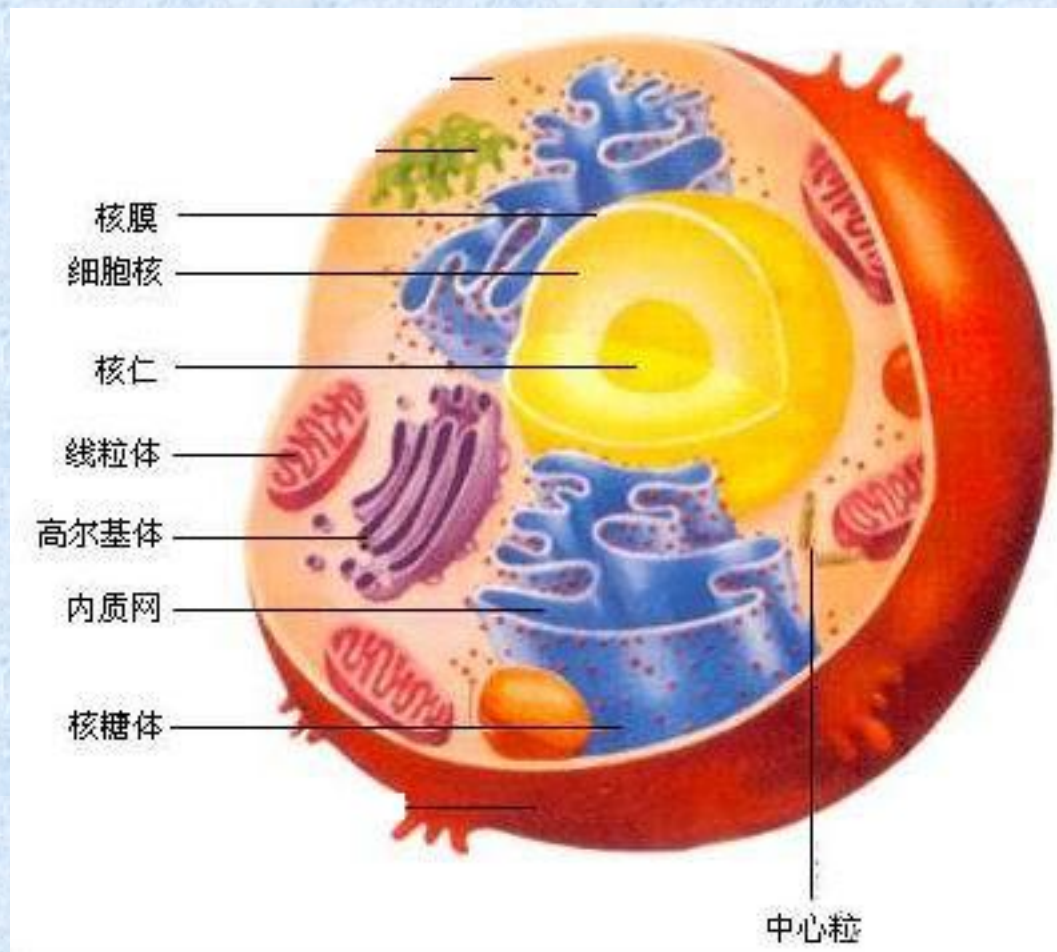
中心粒

细胞质 含细胞器，细胞质液与细胞的能量代谢，蛋白质合成，物质的运输与储藏等一系列细胞活动有关

细胞核 主要含核酸（DNA）及相关蛋白质，含遗传信息



## 第二节 细胞的跨膜物质转运



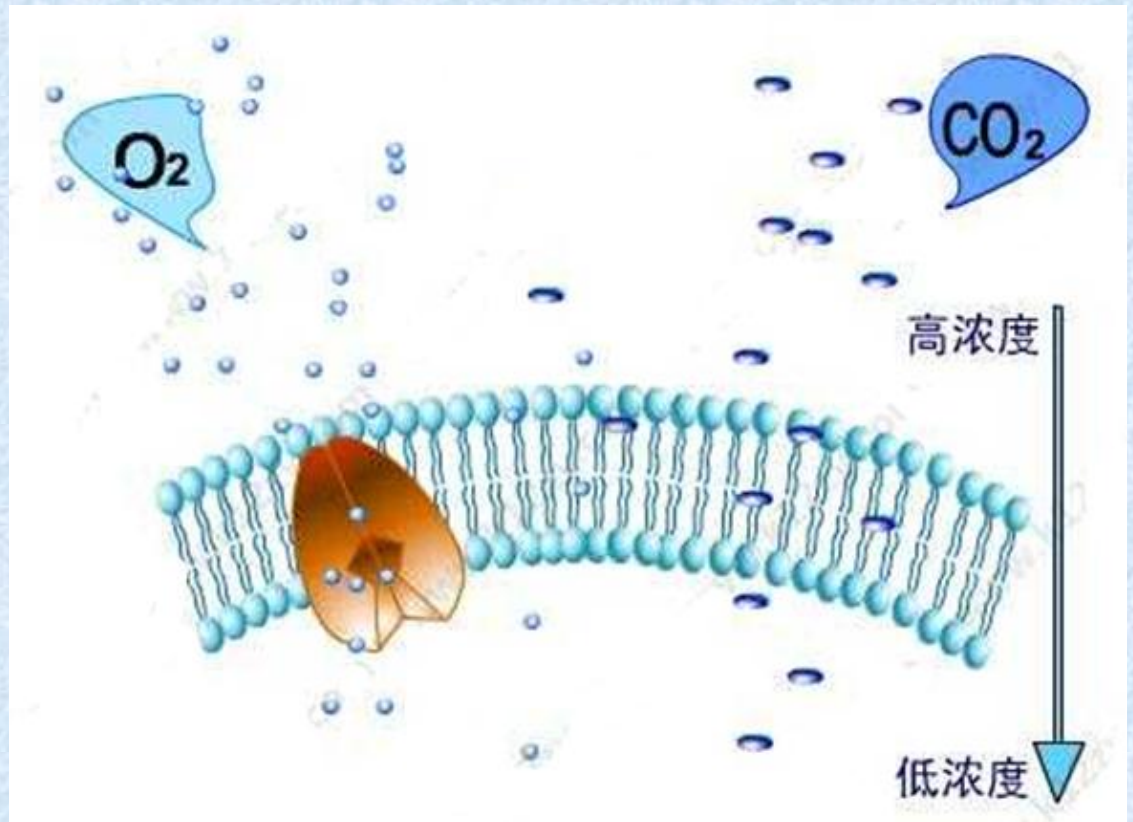
根据物质转运过程中是否有能量消耗，分为**被动转运**和**主动转运**

一、被动转运 物质通过浓度差势能由高浓度一侧向低浓度一侧的转运方式，转运过程无需耗能。

## 1、单纯扩散（自由扩散）

物质通过细胞膜由高浓度一侧向低浓度一侧的自由扩散过程

可通过细胞的脂溶性物质如： $O_2$ 、 $CO_2$ 、甘油，乙醇、苯、尿素、 $NH_3$ 、 $N_2$ 、还有像其它脂或类脂如维生素D、固醇，都可以经过单纯扩散进行转运。

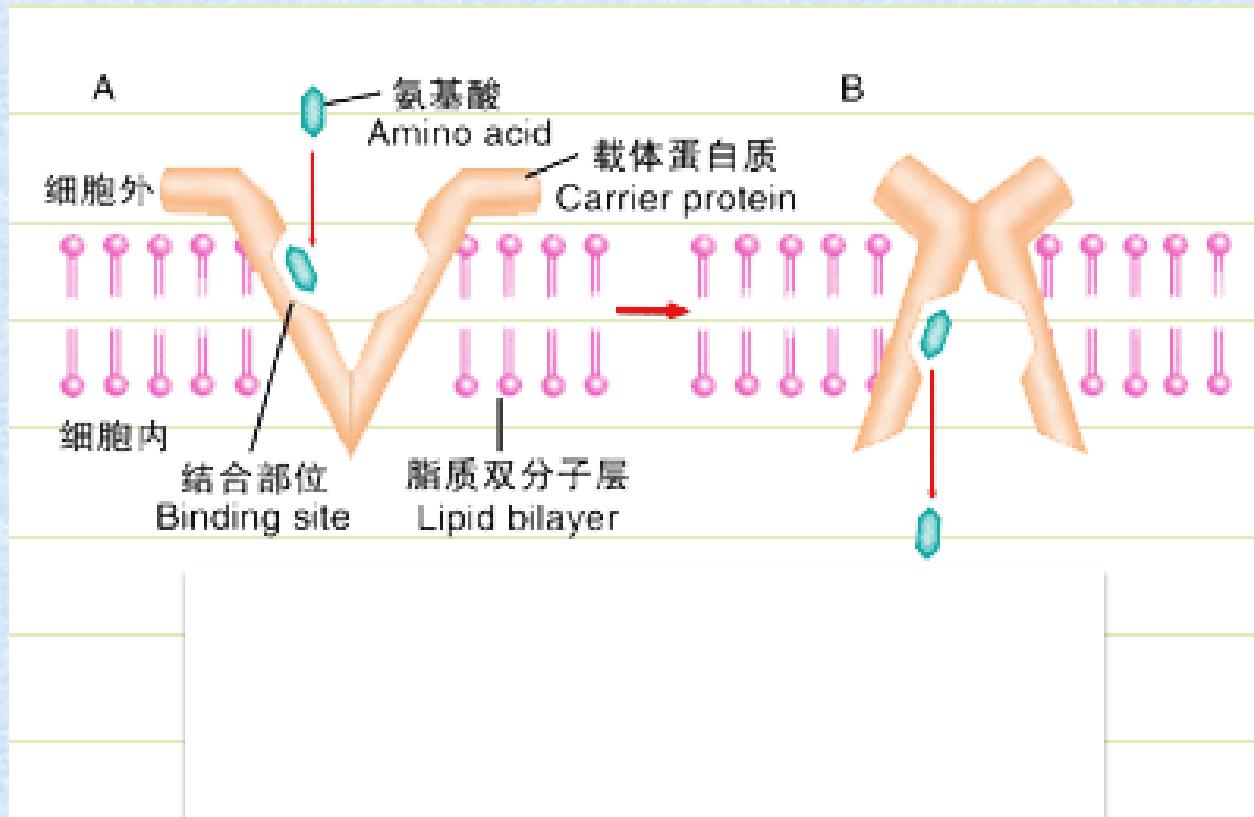


## 2、易化扩散（协助扩散）

顺浓度梯度，但需由膜上的某些结构协同转运

### 2.1 载体介导的易化扩散

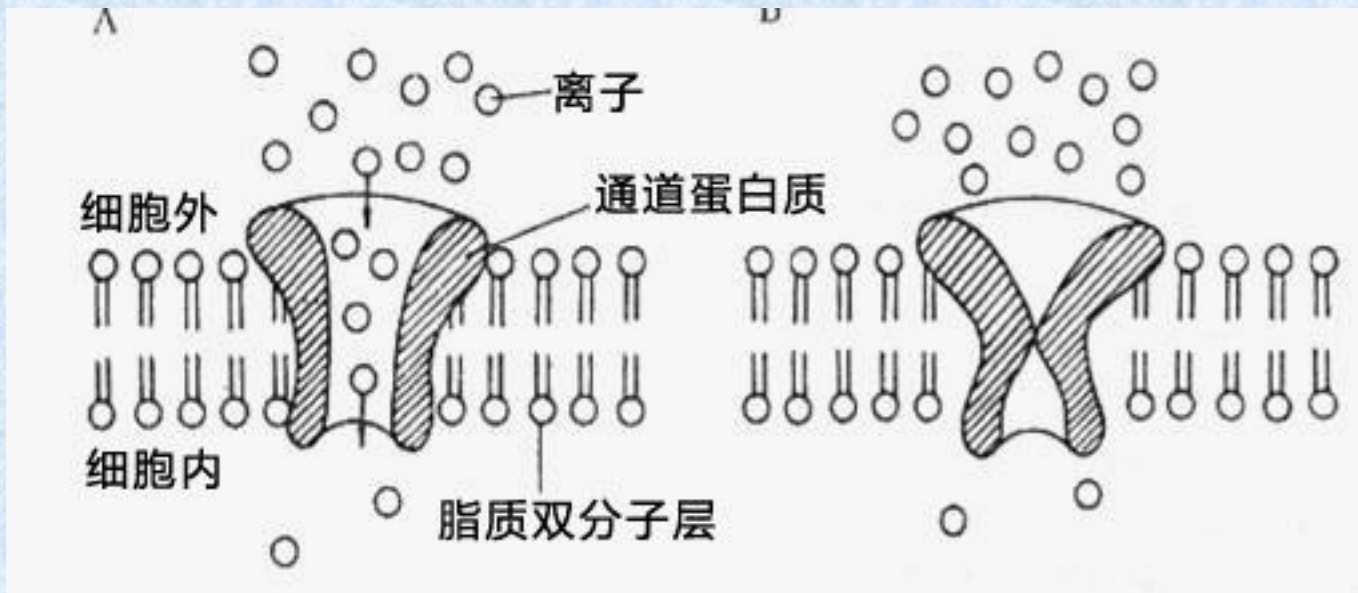
— 物质通过特定的载体顺着浓度梯度的扩散





## 2.2 通道介导的易化扩散

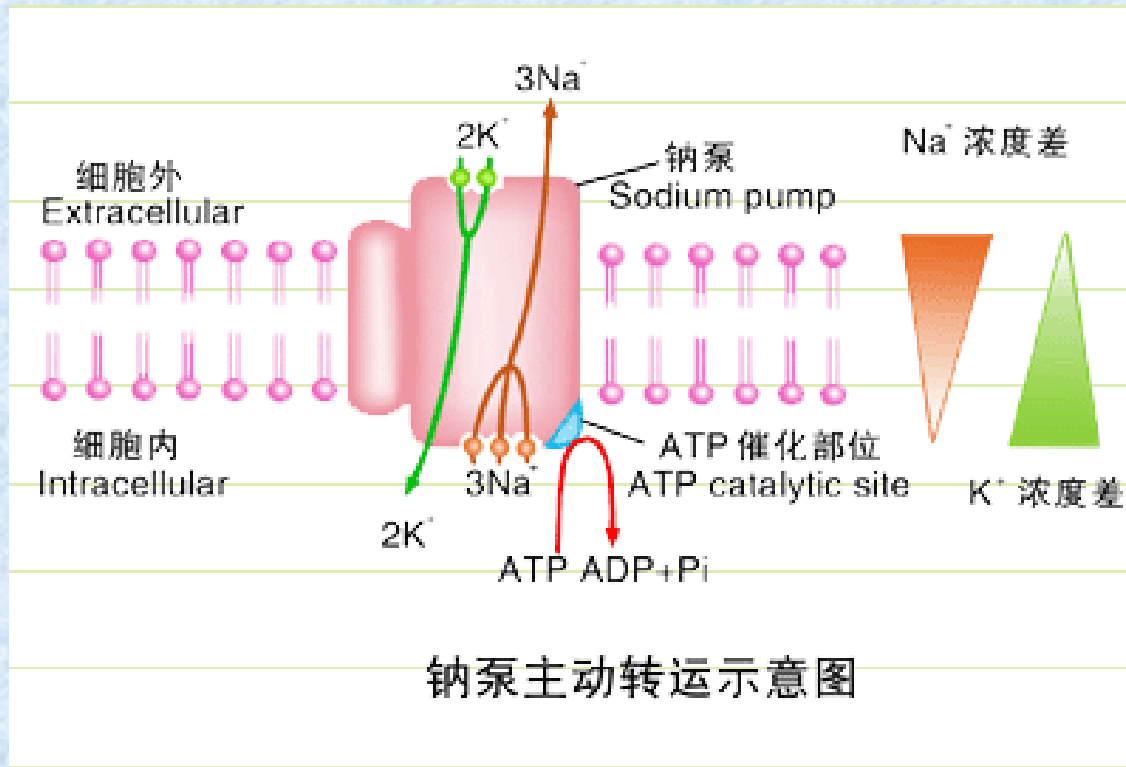
- 物质通过特定的通道顺着浓度梯度的扩散，对转运物质具有特异性



## 二、主动转运

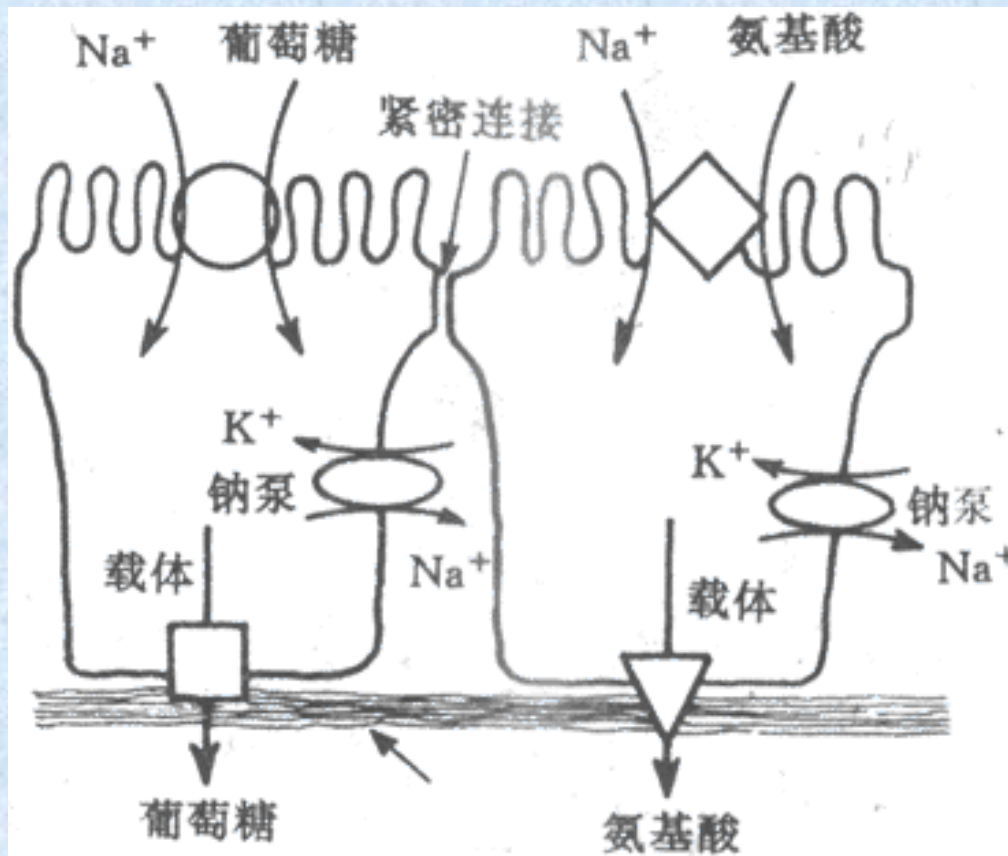
细胞通过**耗能**过程将物质从低浓度一侧转运至高浓度一侧的方式

### 1、直接耗能的主动转运      转运体直接消耗**ATP**获能



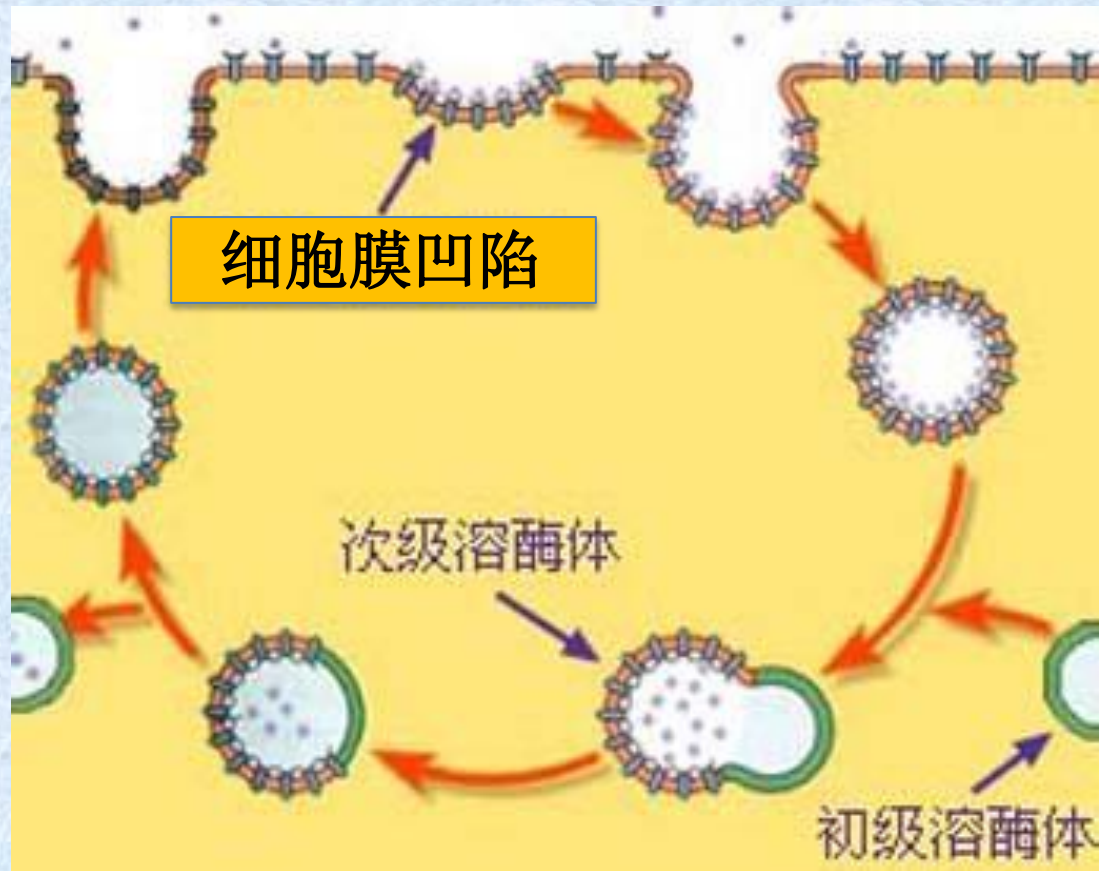
## 2、继发性主动转运

转运体不直接耗能，但通过耗能过程建立的势能进行转运，是间接耗能的主动转运。



### 三、出胞和入胞

通常是分子较大的物质摄入细胞或从细胞内排出的一种方式，如同细胞吞噬或吞饮（入胞）或其反向（出胞）过程

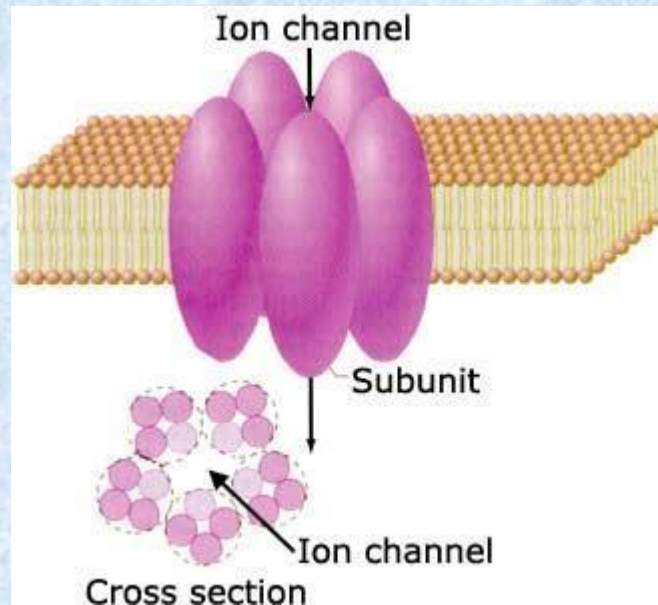


## 第三节 细胞的主要跨膜信号转导

当细胞受到刺激或物质作用时，将引起细胞内部产生一系列的功能变化，这种外界信号作用转变成细胞内部信号的过程称为细胞的跨膜信号转导，常见有如下几种：

### 一、离子通道

由细胞膜上的通道蛋白组成，通常对转运的离子具有特异性，通过改变细胞内外离子浓度的平衡状态而影响细胞的活动。一般此类通道的开关受控，称为**门控通道**

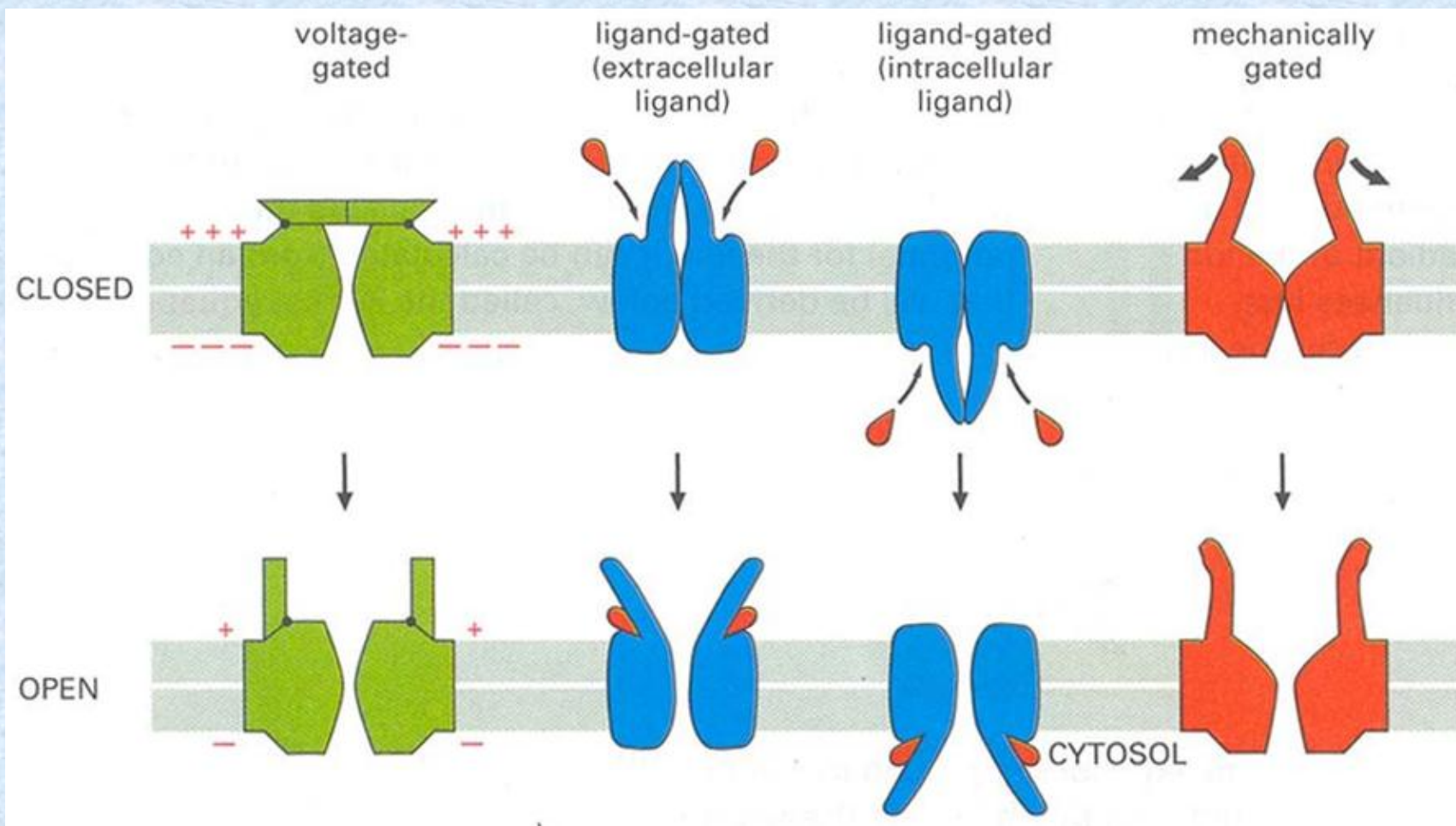


离子通道模式图

**电压门控通道** 通道开关取决于膜内外电位差

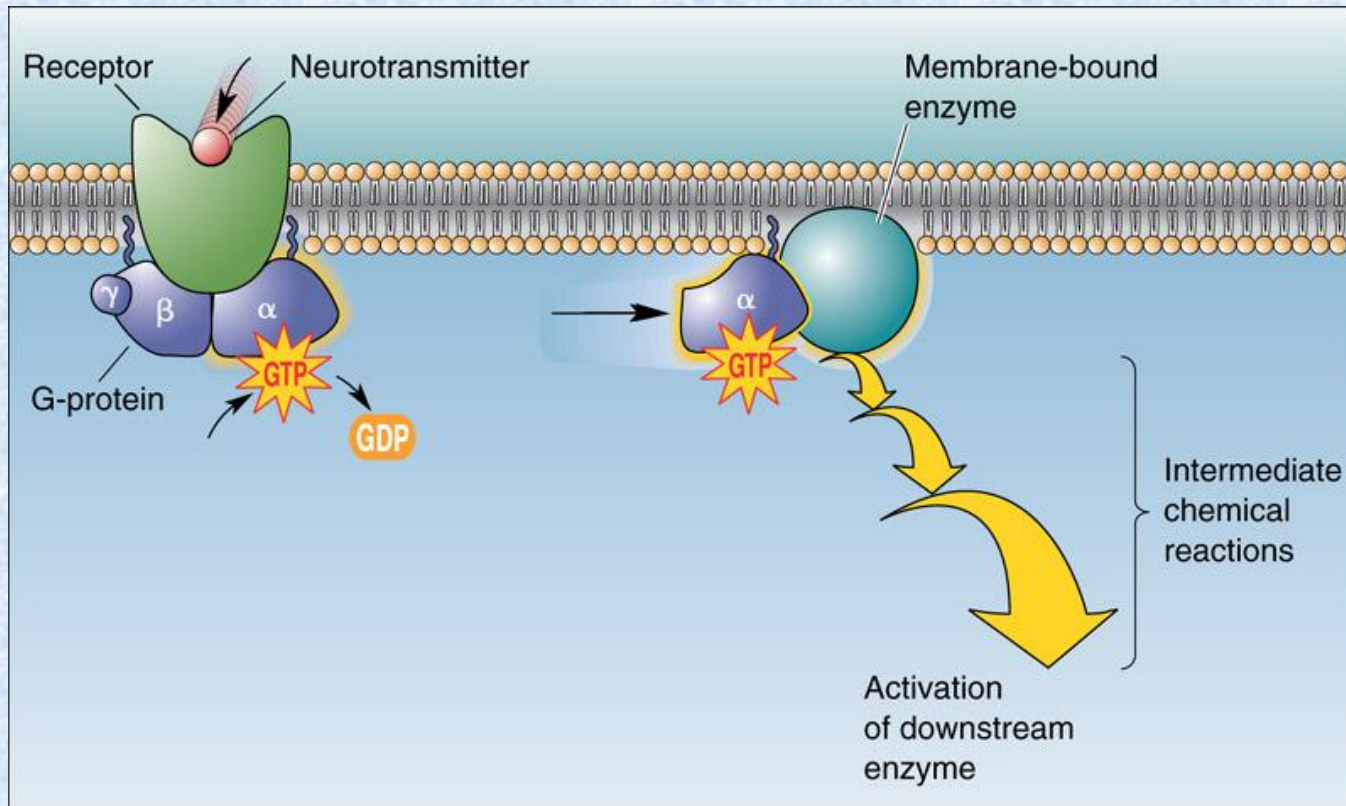
**化学门控通道** 通道开关取决于作用于通道相关受体的化学物质

**机械门控通道** 通道开关取决于通道及相关受体的形变

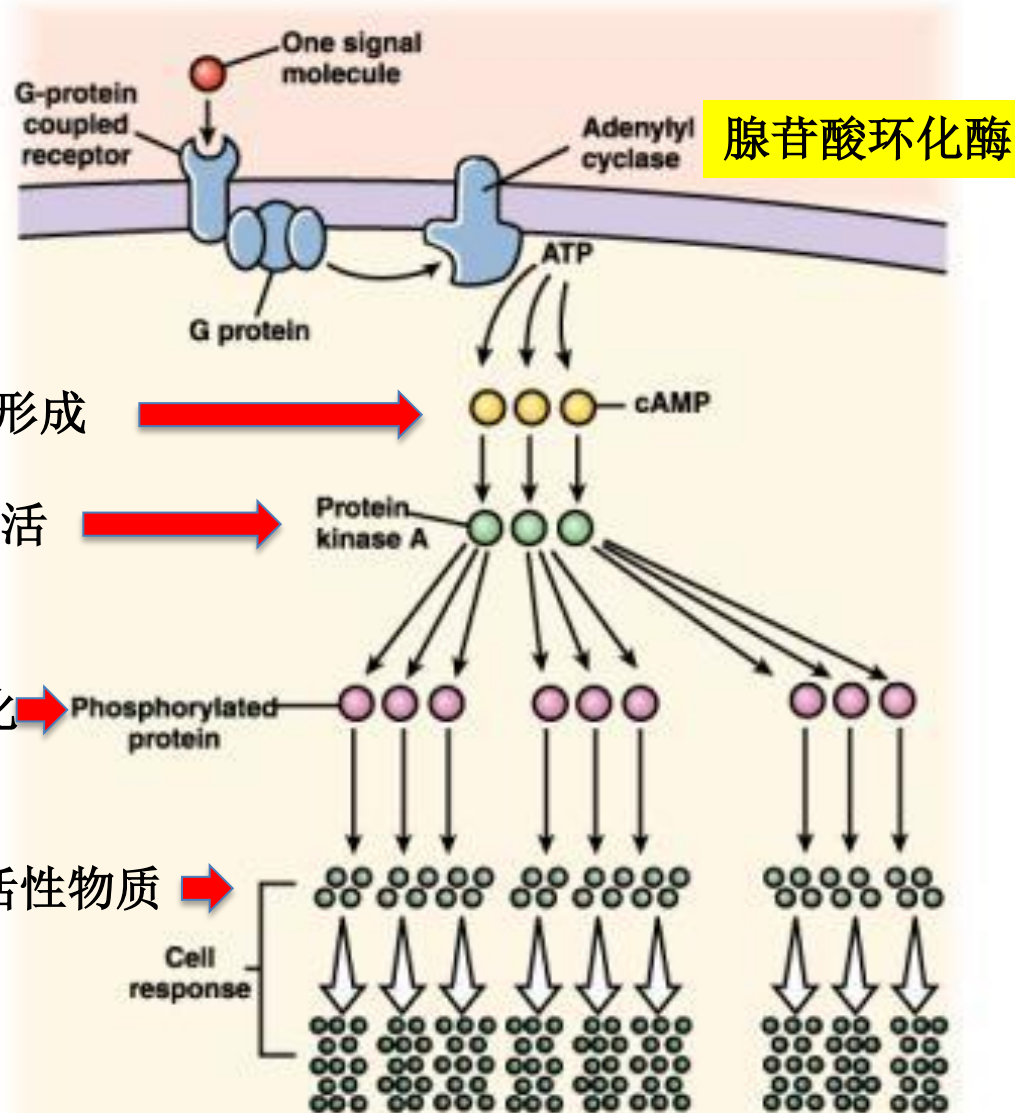


## 二、G蛋白偶联受体 G-protein Coupled Receptor GPCR

**G**蛋白, 位于细胞膜的内侧, 由 $\alpha\beta\gamma$ 三个亚单位组成, **G**蛋白具有**GTP**酶的活性,  $\alpha$ 亚单位是催化亚单位。



# 1、G蛋白的cAMP信号通路及其放大效应



腺苷酸环化酶

第二信使cAMP形成

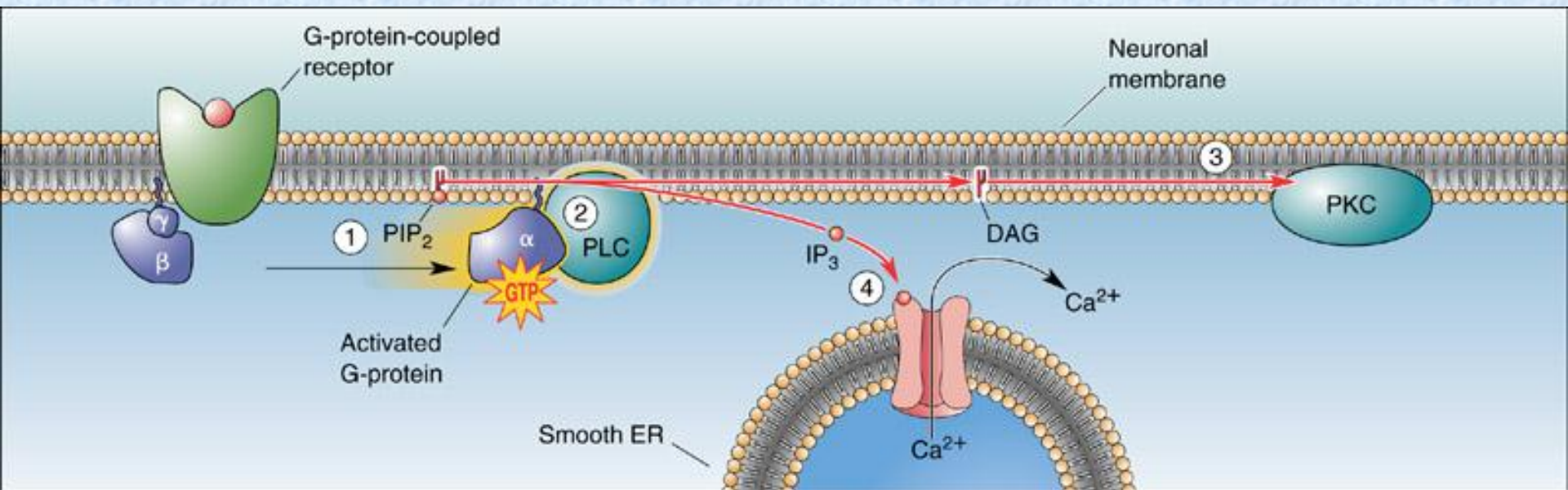
蛋白激酶A被激活

蛋白质被磷酸化

产生大量生物活性物质



## 2、G蛋白的磷脂酰肌醇信号途径



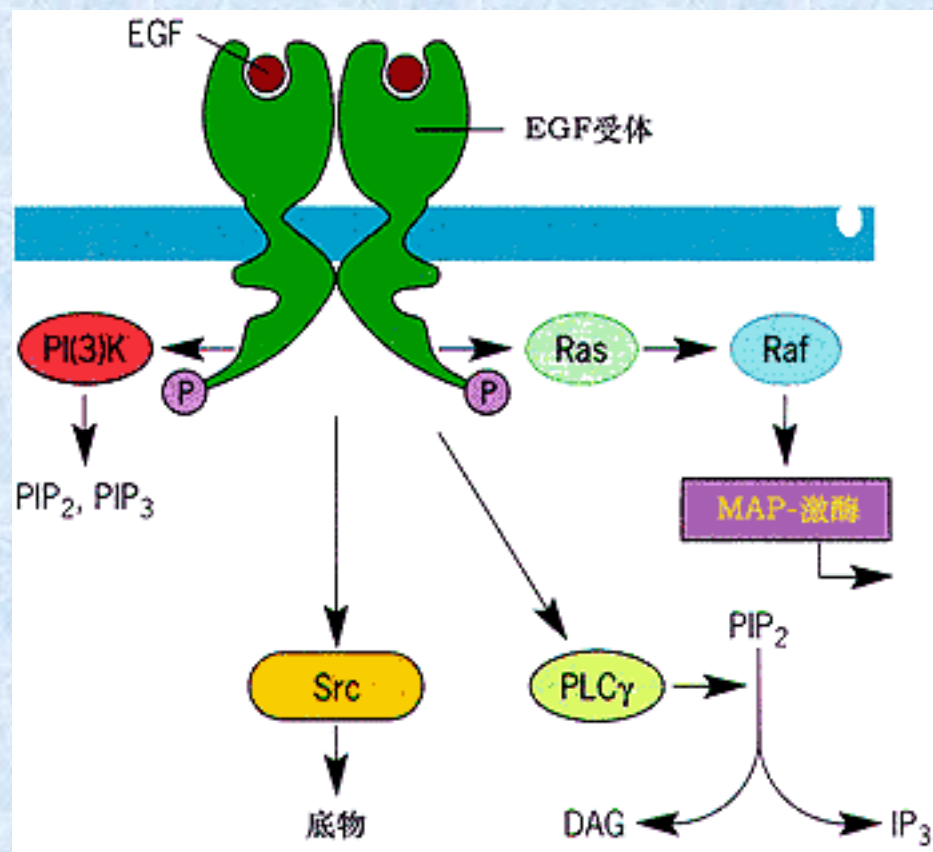
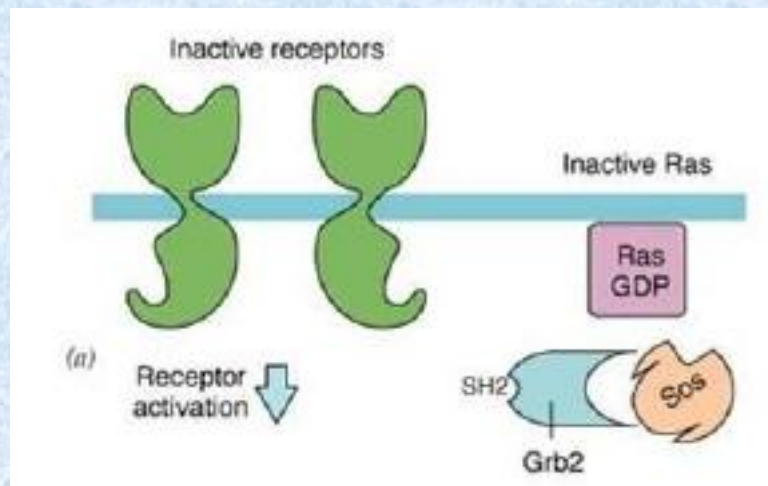
**PIP<sub>2</sub>** 磷脂酰肌醇

**PLC** 磷脂酶C

**IP<sub>3</sub>** 三磷酸肌醇

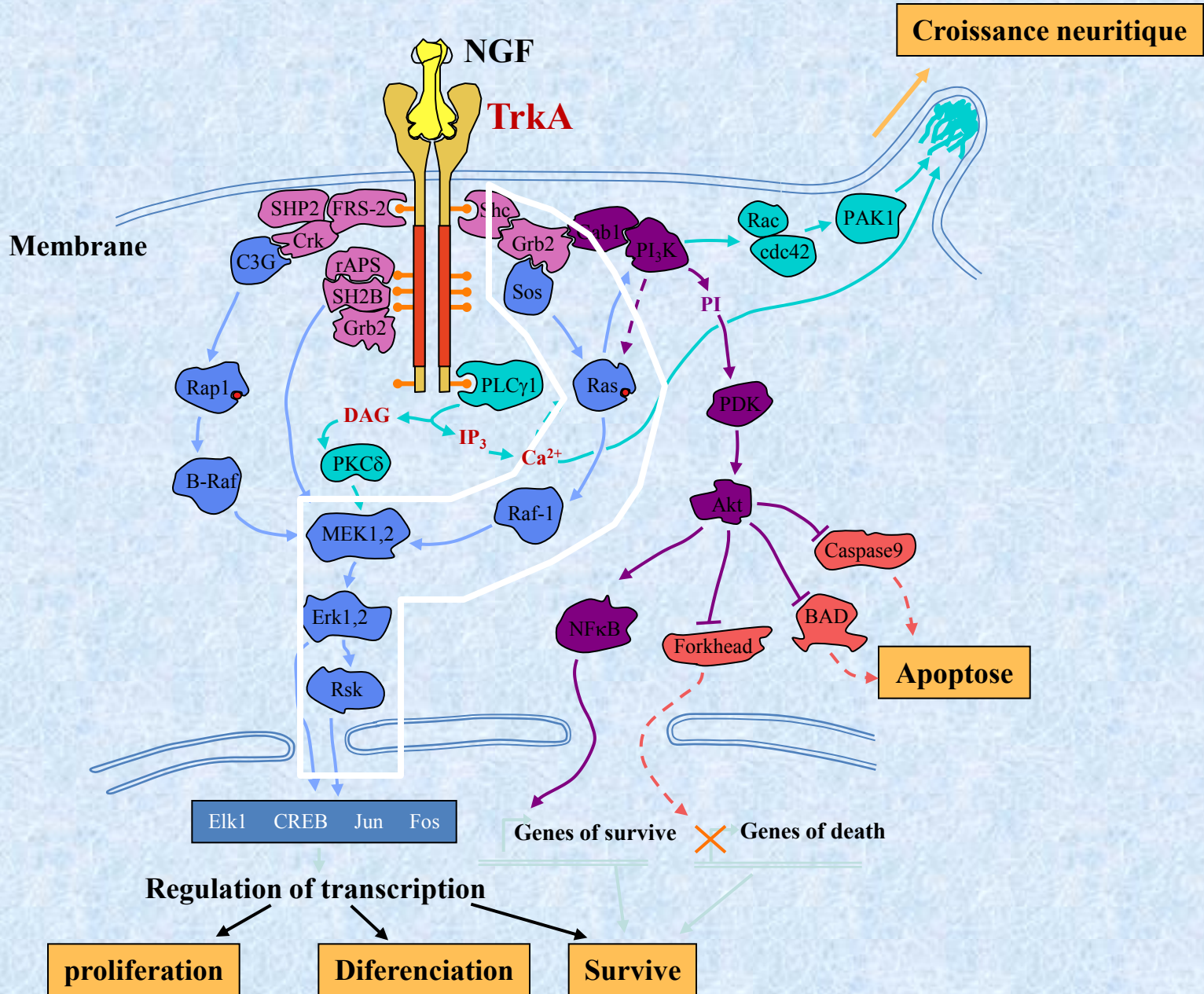
**DAG** 二酰甘油

### 三、酪氨酸激酶受体信号转导

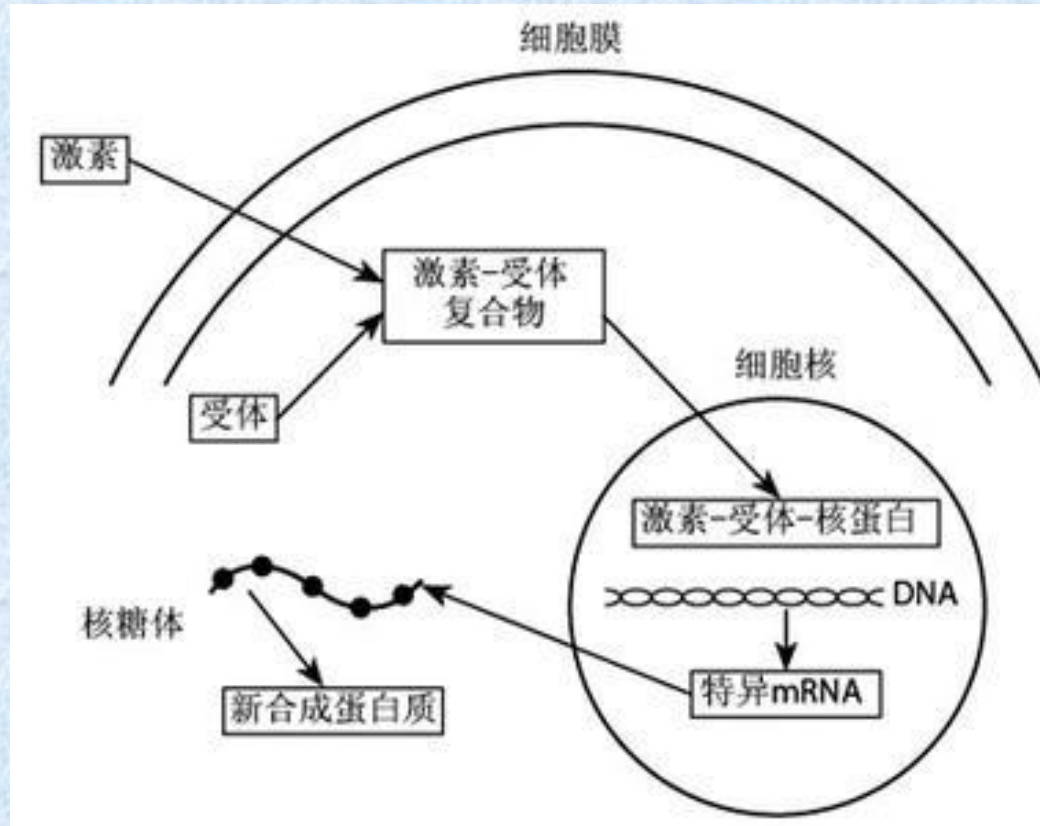


# The signaling of TrkA

例：  
神经生长因子信号通路



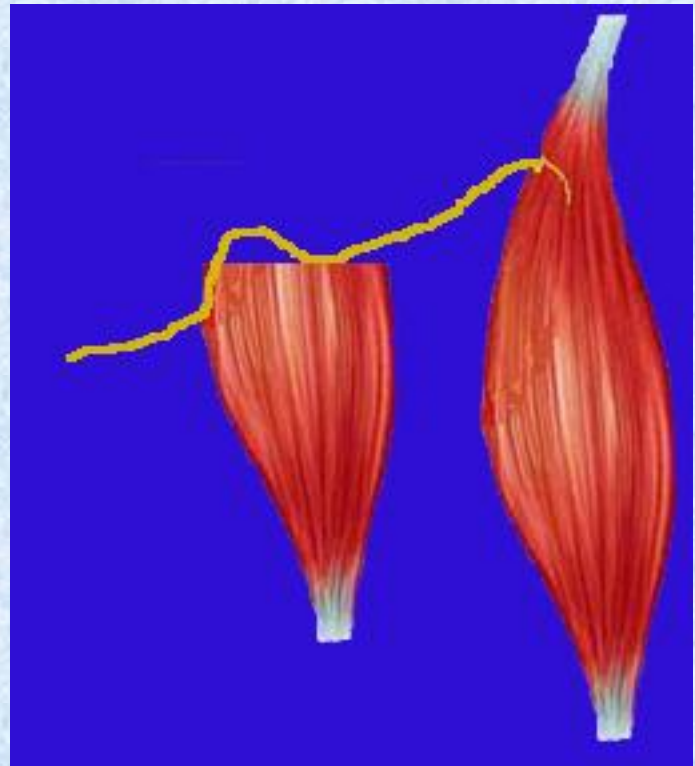
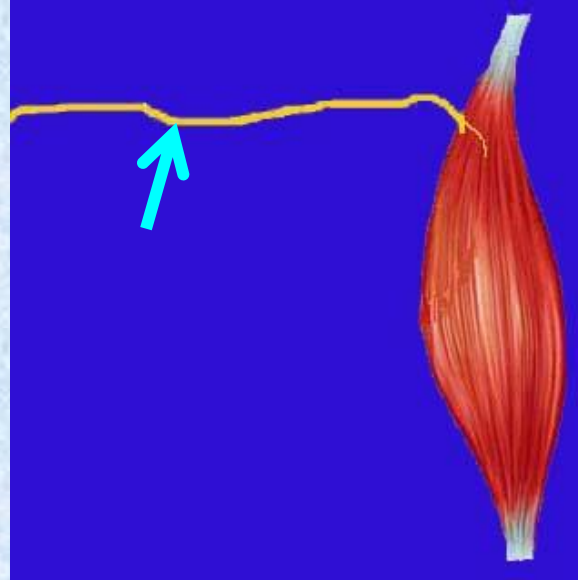
## 四、类固醇激素信号转导

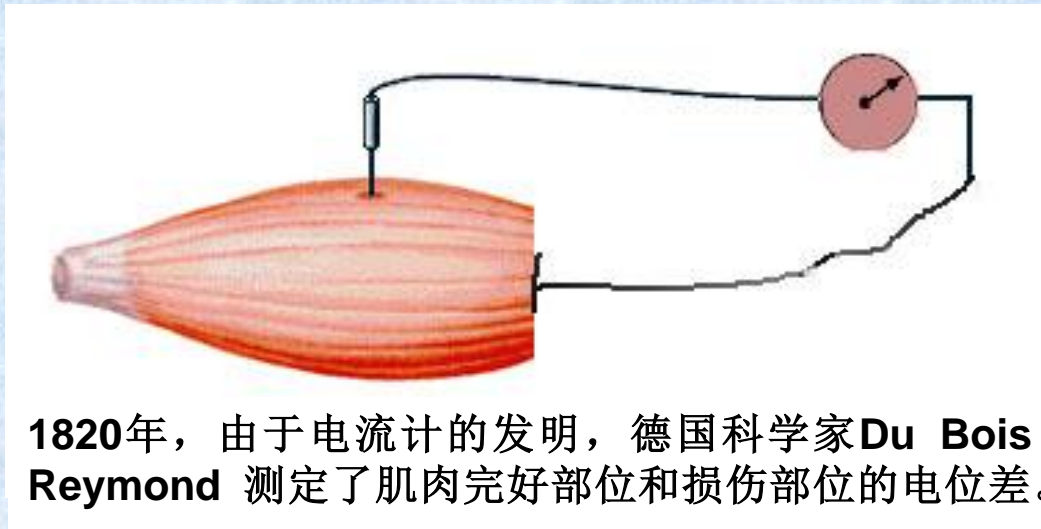


## 第四节 细胞生物电

### \* 生物电现象的早期发现

1786年，著名的意大利波伦亚大学解剖学家Luigi Galvani（伽尔伐尼）在实验中发现，将神经与肌肉组织的完好表面和损伤面同时接触，会引起该神经支配的肌肉产生收缩，其效应与用电流刺激神经相同，于是提出了动物本身也存在电的猜测，并将其命名为动物电。





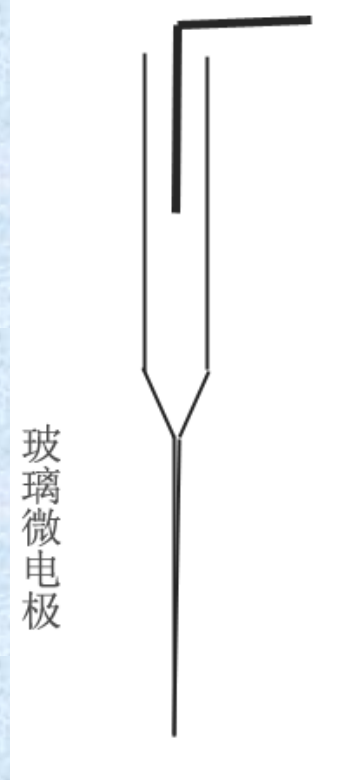
## 一、损伤电位

组织完好表面与损伤部位之间的的电位差称为损伤电位 (**Injury potential**)，损伤部位为负值。

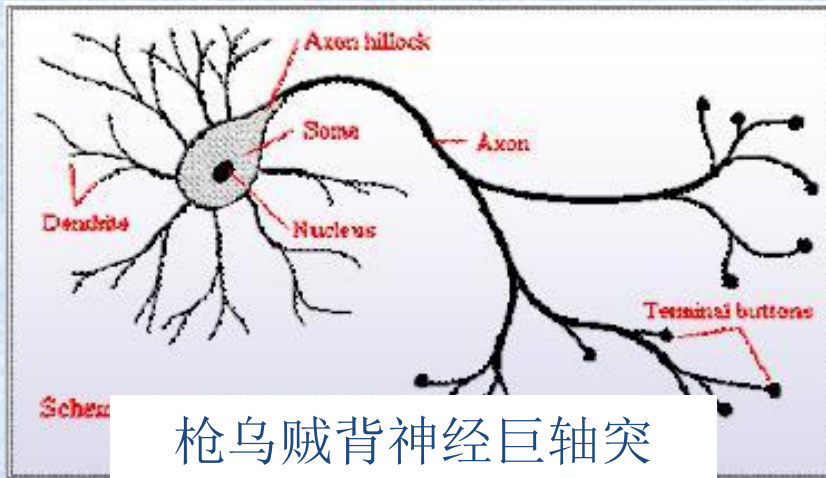
- \* 损伤电位的提示： 细胞内外存在电位差 ?  
细胞这么小，如何测定细胞内外的电位差



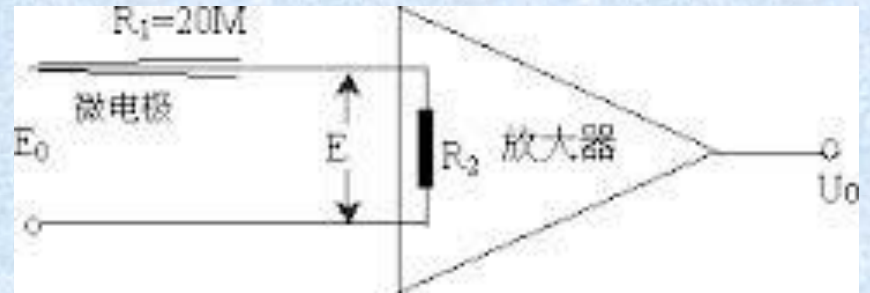
枪乌贼



玻璃微电极



枪乌贼背神经巨轴突



1939年，英国科学家**A.F Huxley**（赫胥黎）、**A.L Hodgkin**（霍奇金）与生物物理学家**Bernard Katz**（凯茨）合作，借助枪乌贼巨轴突和玻璃微电极，进行了大量的生物电测定及其产生机制的研究工作，其发表在1952年工作结果，为他们赢得了诺贝尔医学与生理学奖。

## 二、静息电位

### 1、静息电位测定

以细胞膜外表面作为参考0电位，测膜内值

静息电位：**resting potential RP**,

**细胞在静息状态下膜内外的电位差**  
(膜内为负值，一般以负值表示)

跨膜电位：**transmembrane potential**。

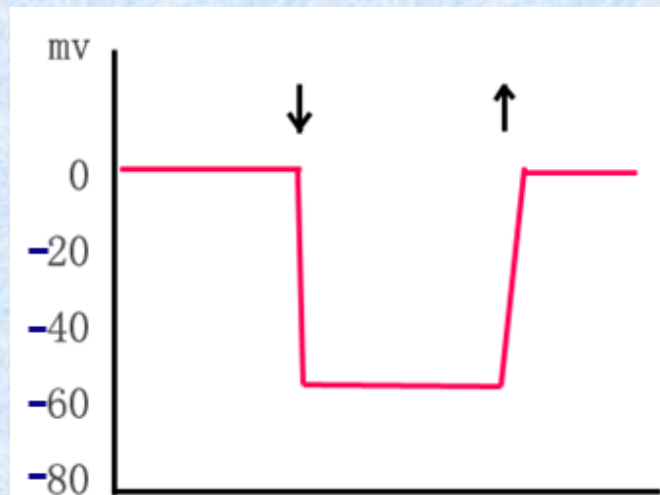
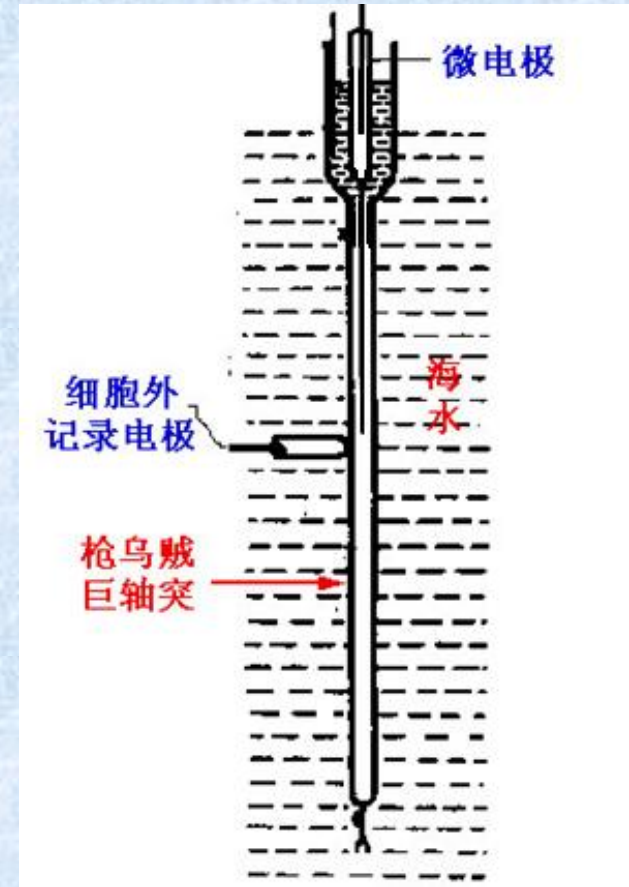
膜电位：**membrane potential**

常见可兴奋细胞的静息电位：

枪乌贼巨轴突 **-55~-70mv**。

青蛙骨骼肌细胞 **-90mv**。

人的骨骼肌细胞、神经细胞 **-90mv**。





## 2、静息电位的形成机制

### 2.1 细胞膜内外的离子浓度差异

枪乌贼巨轴突细胞膜两侧主要离子浓度		
离子	胞浆 (mmol/L)	细胞外液 (mmol/L)
K <sup>+</sup>	400	20
Na <sup>+</sup>	50	440
Cl <sup>-</sup>	52	560
A <sup>-</sup>	385	-

### 2.2 离子的膜通透性

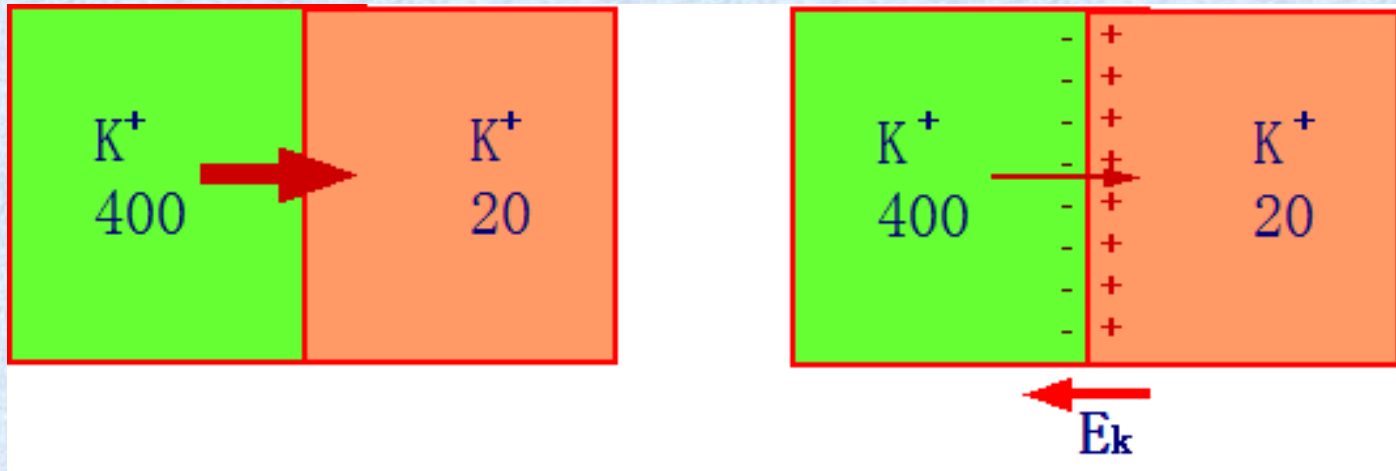
$$\text{K}^+ : \text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 1 : 0.04 : 0.02$$

#### 推测:

- 在生理情况下，如果不存在细胞膜对某些带电粒子的选择性通透，则不论是细胞外液还是细胞内液，阴、阳粒子的电荷数是相等的，细胞内液和细胞外液都是电中性的（即不带电）。
- 如果细胞膜对某种离子有选择性通透现象，则细胞膜两侧的离子浓度有差异，会有带电现象。

## 2.3 静息电位是K<sup>+</sup>的电化学平衡电位

A、静息电位由K<sup>+</sup>扩散势能与膜电场的反扩散电场能平衡所致



B、符合Nernst方程

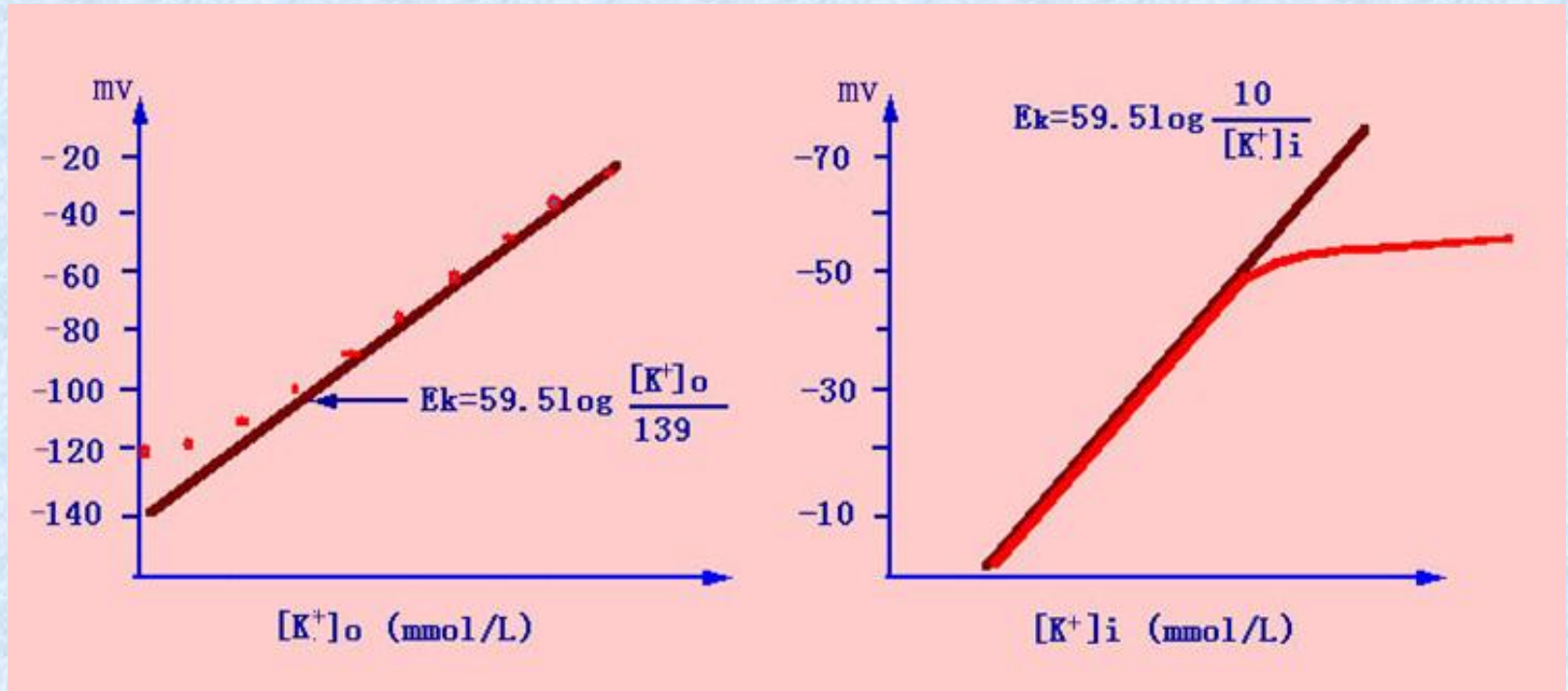
Nernst方程

$$E_k = \frac{RT}{ZF} \times \ln \frac{[K]_o}{[K]_i} = \frac{8.31 \times (273+27)}{1 \times 96500} \times 2.31 \log \frac{[K]_o}{[K]_i}$$
$$= 0.0595 \times \log \frac{[K]_o}{[K]_i} \text{ (V)}$$

R 气体常数  
T 绝对温度  
Z 离子价数  
F 法拉第常数

### 3、K<sup>+</sup>平衡电位的证明

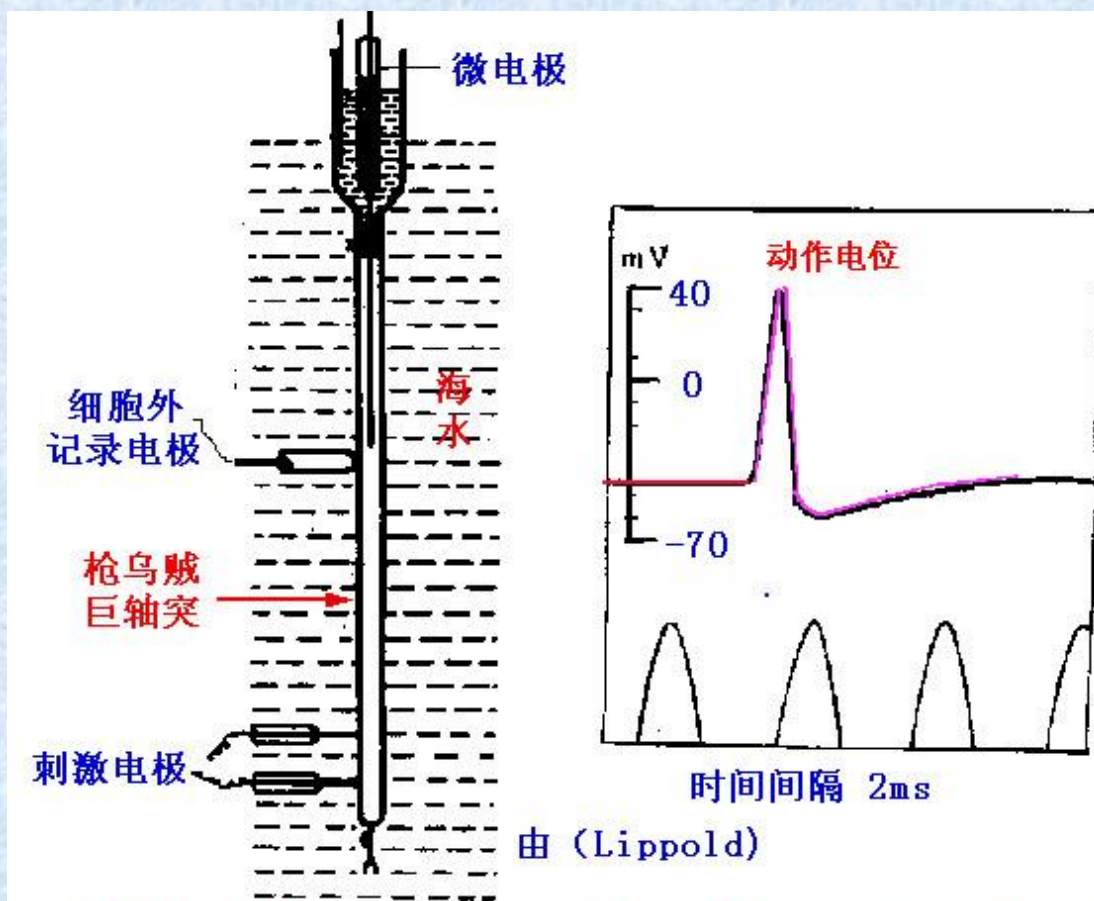
#### 3.1 改变细胞内外K<sup>+</sup>浓度



#### 3.2 运用K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>代替KCl

### 三、动作电位

#### 1、动作电位的测定



动作电位 (action potential, AP) 是膜受到刺激后在原有静息电位的基础上发生的一次膜两侧电位的快速可逆的倒转和复原。动作电位由锋电位和后电位两部分组成

## 2、动作电位形成过程

极化（静息电位）



去极化



超射（反极化）



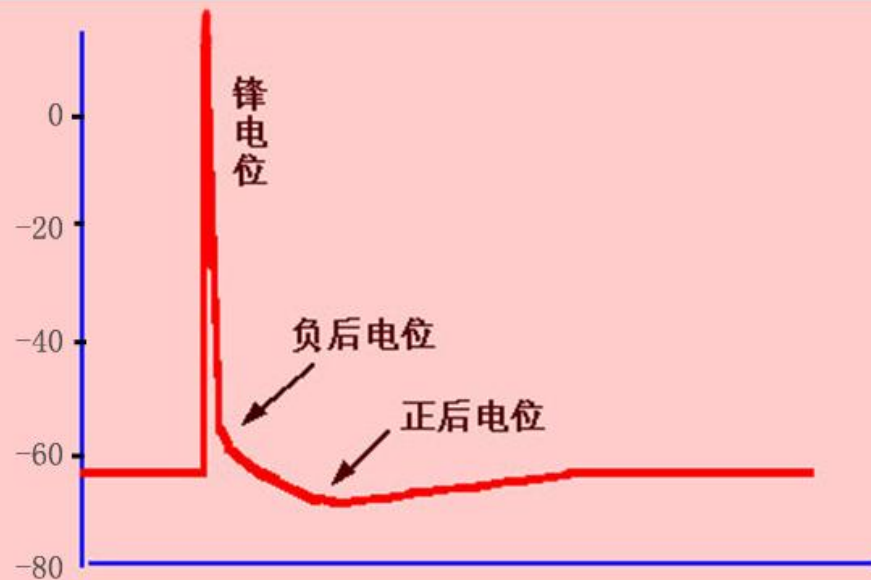
复极化



超极化



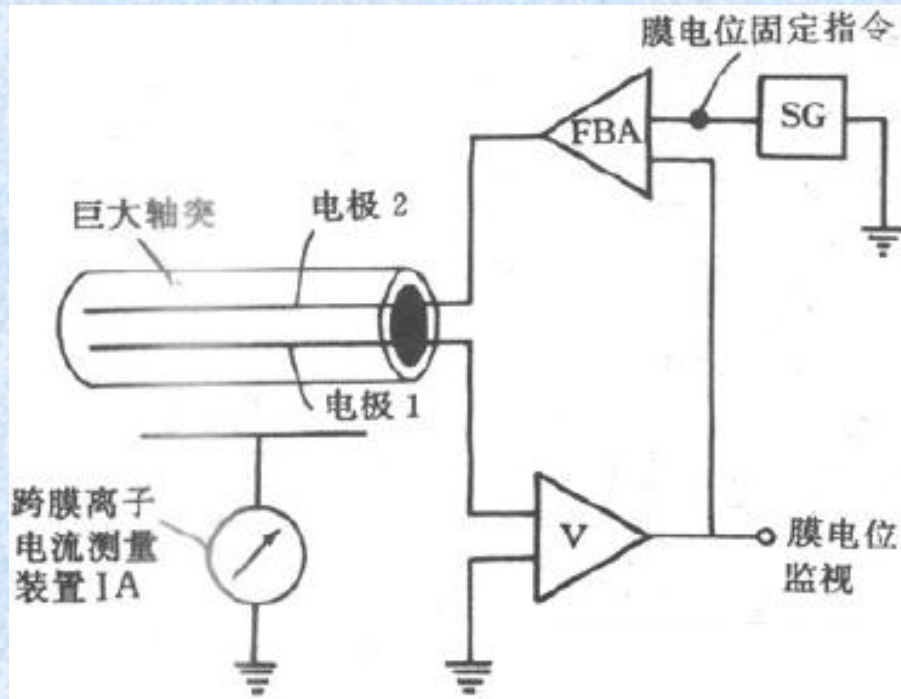
静息电位



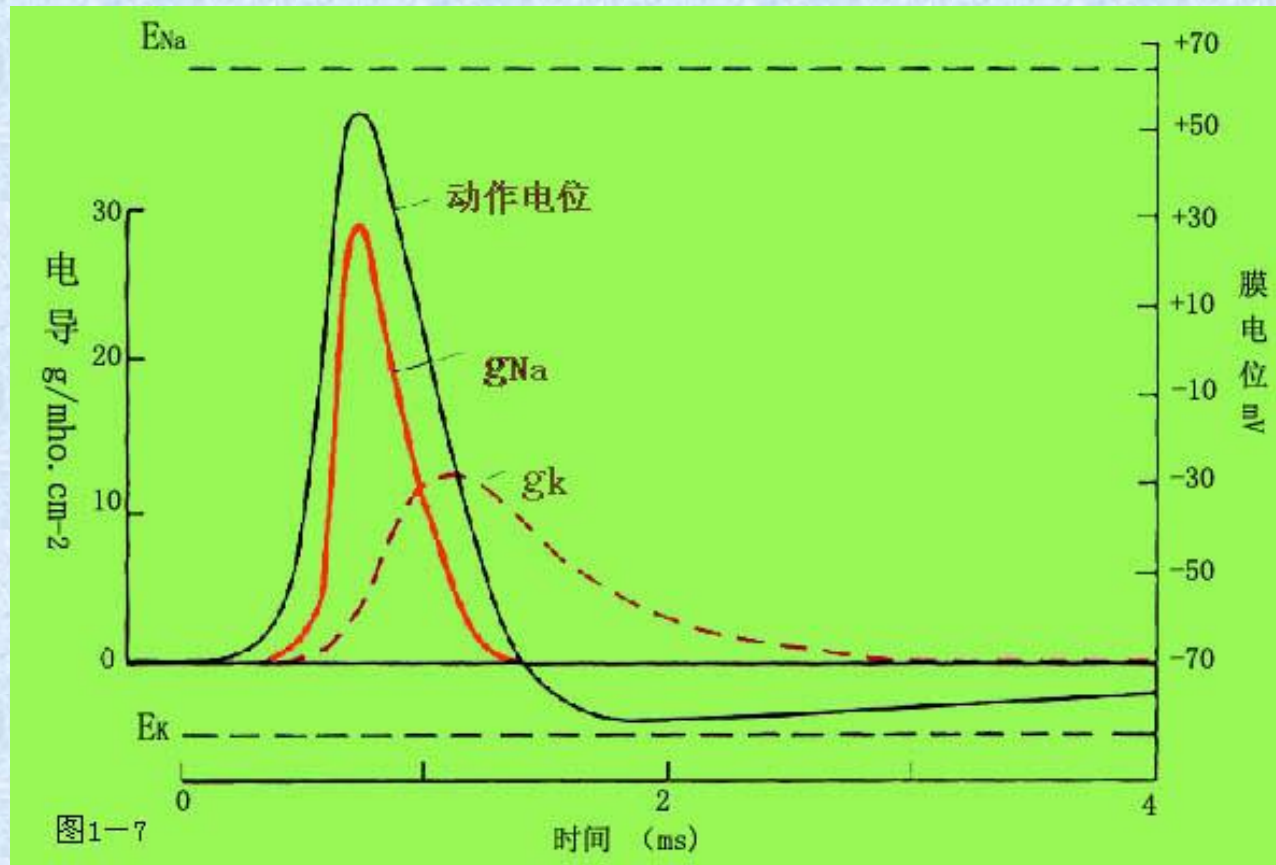
锋电位是构成动作电位主要部分，是一个电位变化迅速并形如尖峰的电位波动，由上升支（去极相）和下降支（复极相）两部分组成。后电位是锋电位在完全恢复到静息电位水平之前的微小而缓慢的电位波动，包括负后电位和正后电位。

### 3、动作电位形成机制

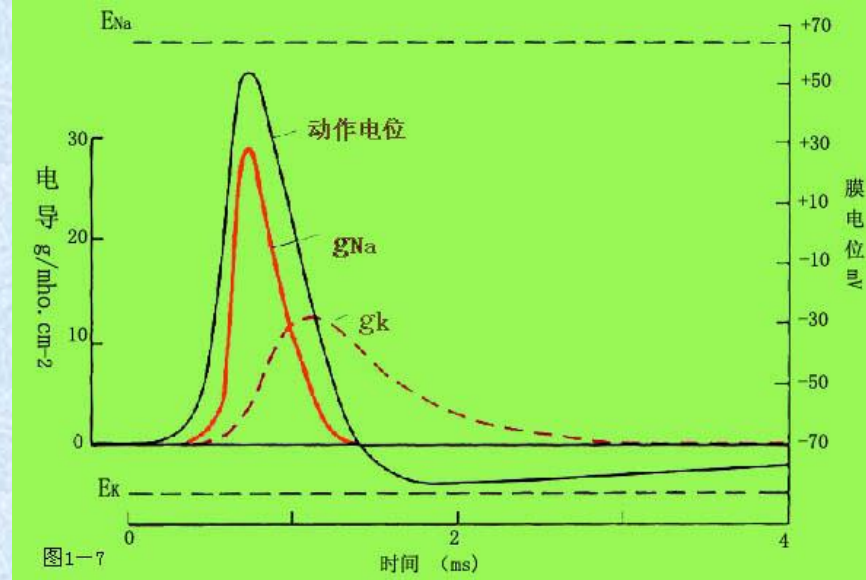
#### 3.1 电压钳制技术



### 3.2 动作电位期间膜的通透性变化



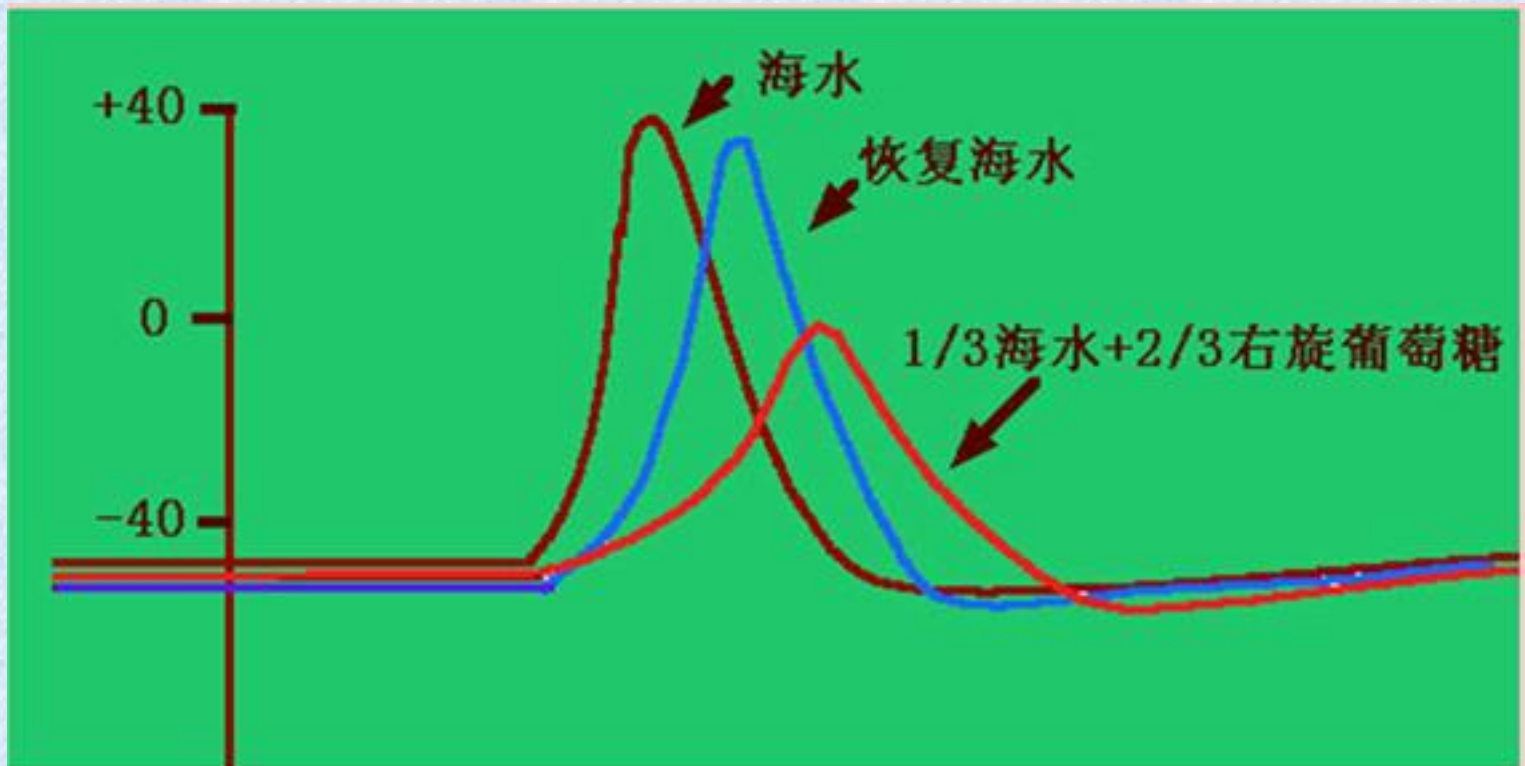
### 3.3 动作电位的钠学说



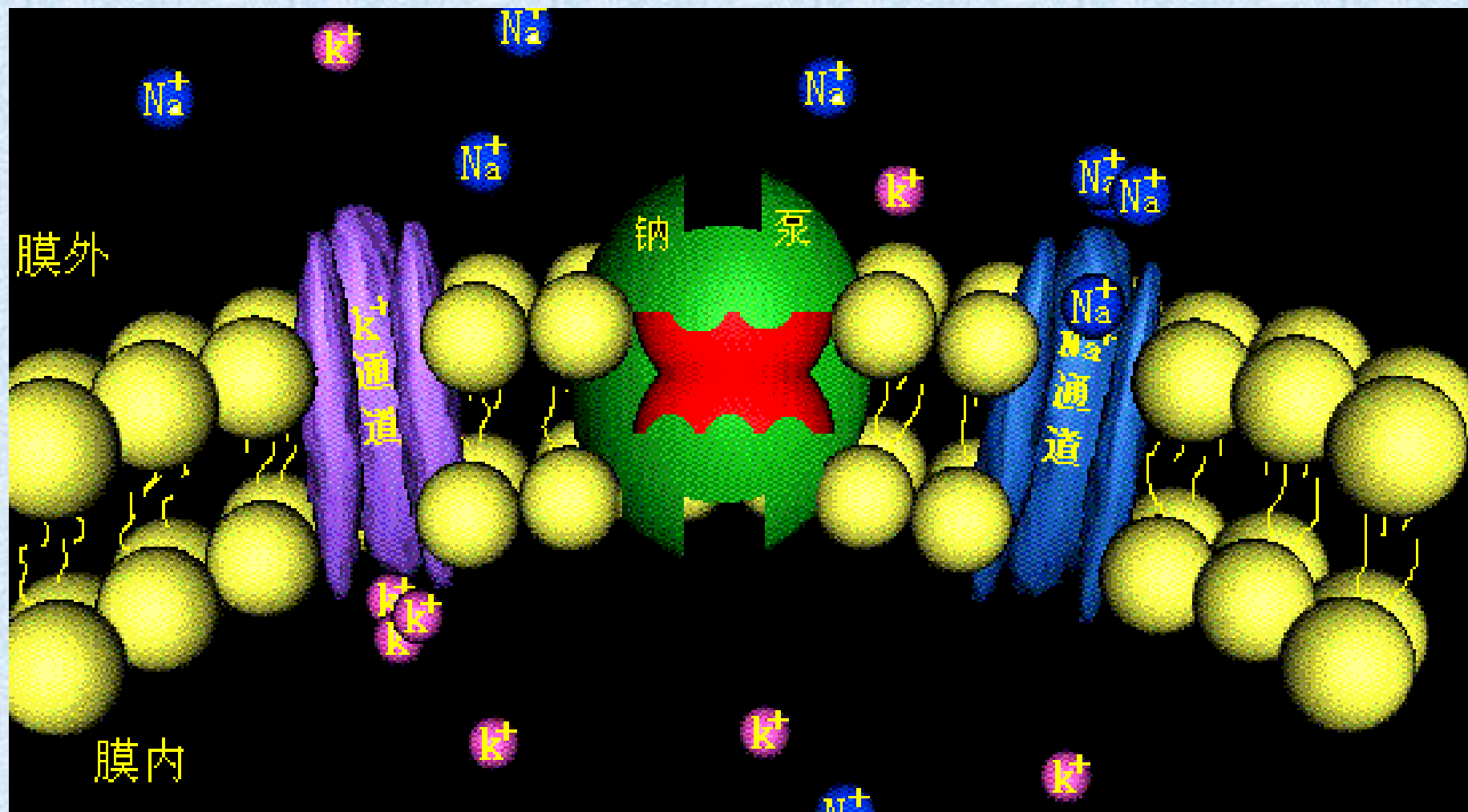


### 3.4 动作电位钠学说的证明

- ① 运用钠离子通道阻断剂证明抑制AP的产生
- ② 改变细胞外的钠离子浓度，可影响AP的速度和幅度



### ③ 证明膜上存在钠-钾泵（生电钠泵）



## 4、动作电位的特点

### 4.1 全或无 (all or none)

动作电位要么不产生，一旦产生，就达到相同的峰值（大小）

### 4.2 不衰减传导

细胞的任何一点一旦产生动作电位，即可传遍整个细胞，动作电位的大小不因传导距离长短而改变。

### 4.3 脉冲信号

动作电位是一种不连续（不融合）的间隔式信号。

## 四、刺激引起反应（兴奋、动作电位）的条件与过程

### 1、刺激

凡能引起机体的活动状态发生变化的任何环境变化因子都称作刺激，由刺激引起的机体活动状态的改变都称为反应。

（刺激的种类很多：电压、电流、光、声音、冷、热等，环境变化因子包括内环境的变化，如血压升高，PH值下降等）。

### 2、反应

受刺激后机体活动状态发生变化的过程称为反应，反应有兴奋和抑制

兴奋 — 活动状态由无到有，由弱到强的过程。

抑制 — 活动状态由强转弱，或消失的过程。

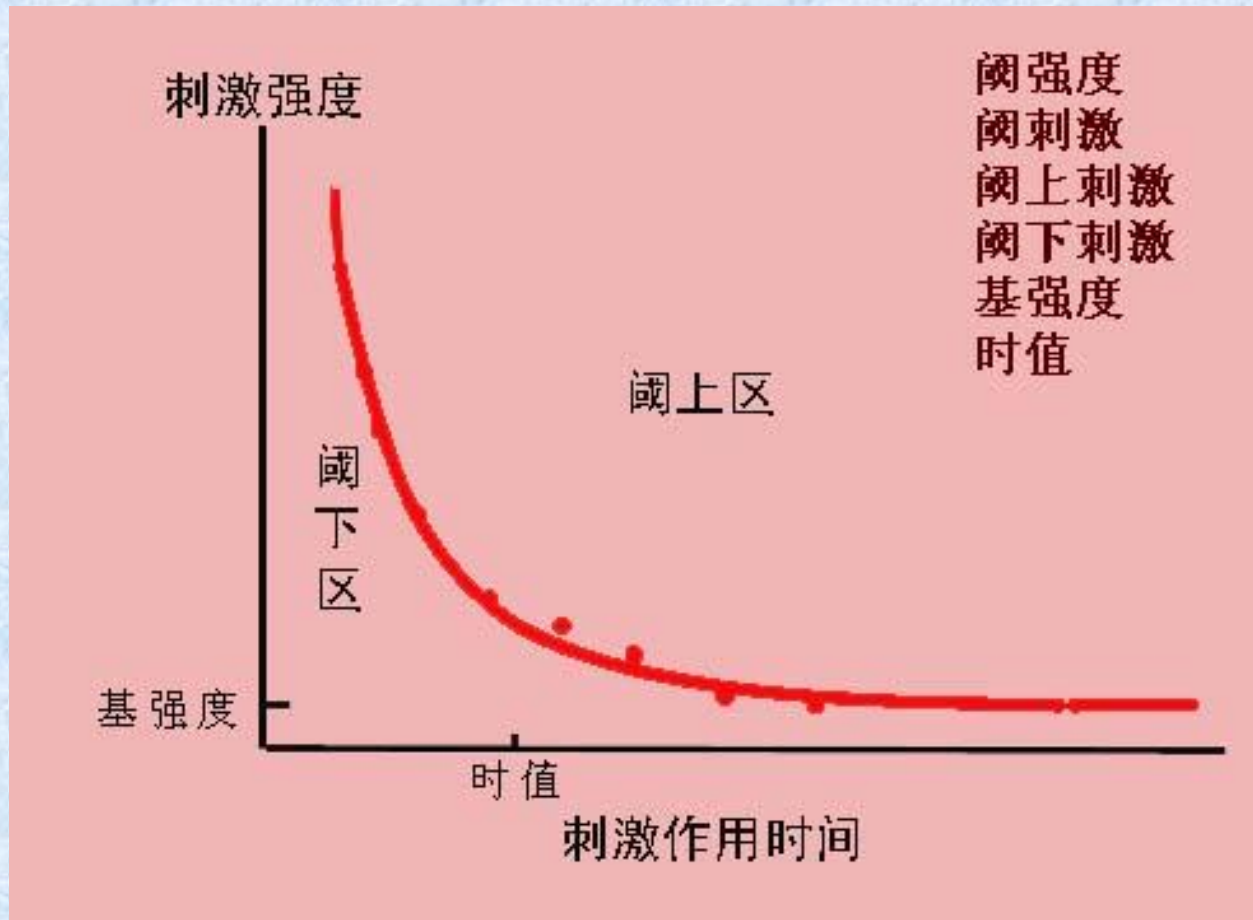
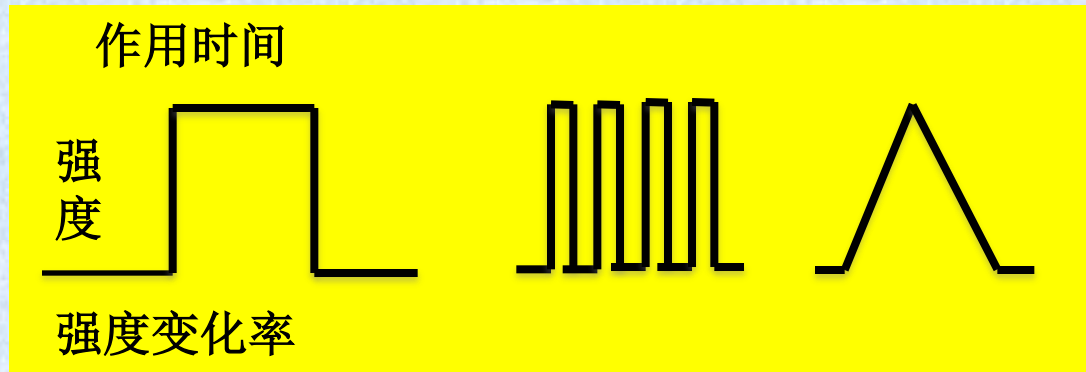
### 3、刺激引起兴奋的条件

#### 3.1 刺激强度

#### 3.2 刺激作用时间

#### 3.3 强度变化率

#### 3.4 强度时间曲线



**阈强度** 在某一作用时间下引起组织兴奋的最小刺激强度

**阈刺激** 刚能引起组织兴奋的最小刺激

**阈上刺激** 高于阈强度的刺激

**阈下刺激** 低于阈强度的刺激

**基强度** 无论作用时间多长，引起组织兴奋的最小刺激强度

**时值** 在强度时间曲线上，两倍于基强度时的作用时间。

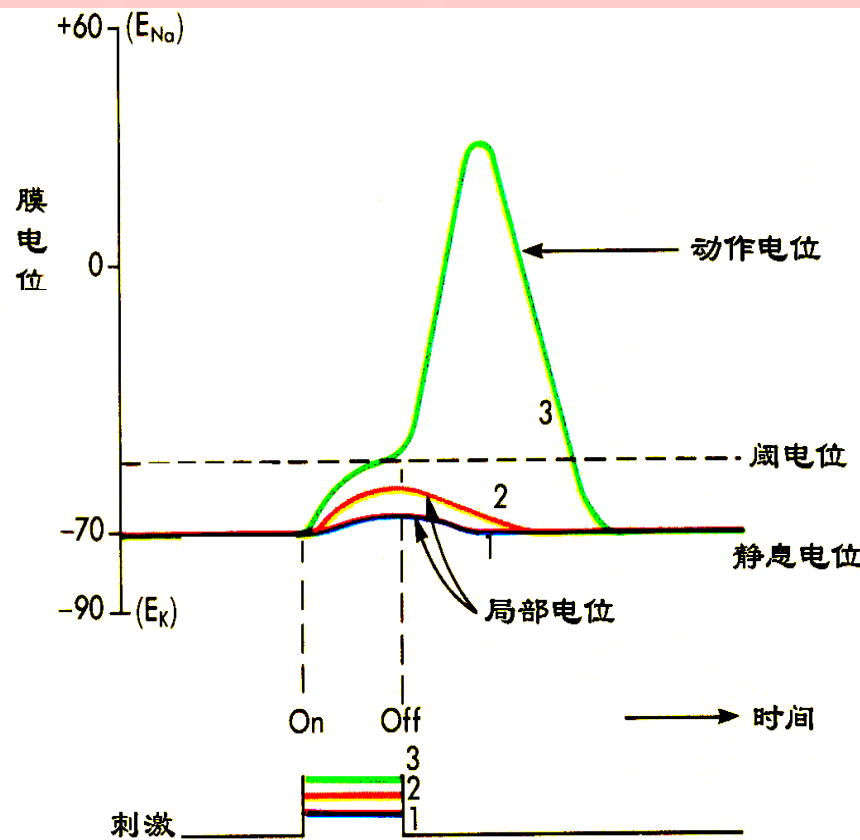
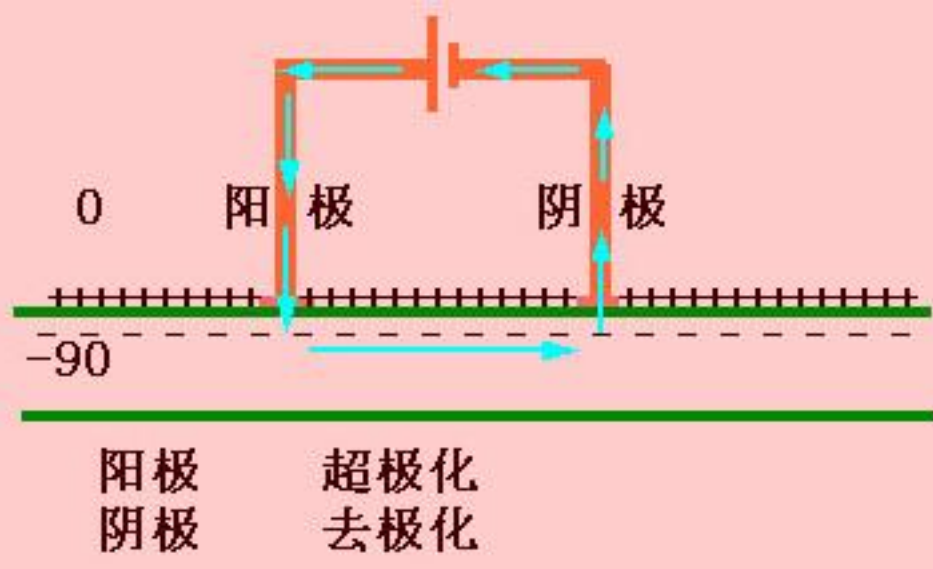
## 4、刺激引起兴奋过程

### 4.1 刺激效应

**局部电位** 阈下刺激引起的去极化低于阈电位时的电位，又称局部反应或局部兴奋。

**阈电位** 当膜内外的电位差达到某一值时，细胞产生动作电位，这一跨膜电位的临界值称为阈电位

**刺激引起动作电位** 刺激在阴极产生去极化电位达到阈电位时爆发动作电位。

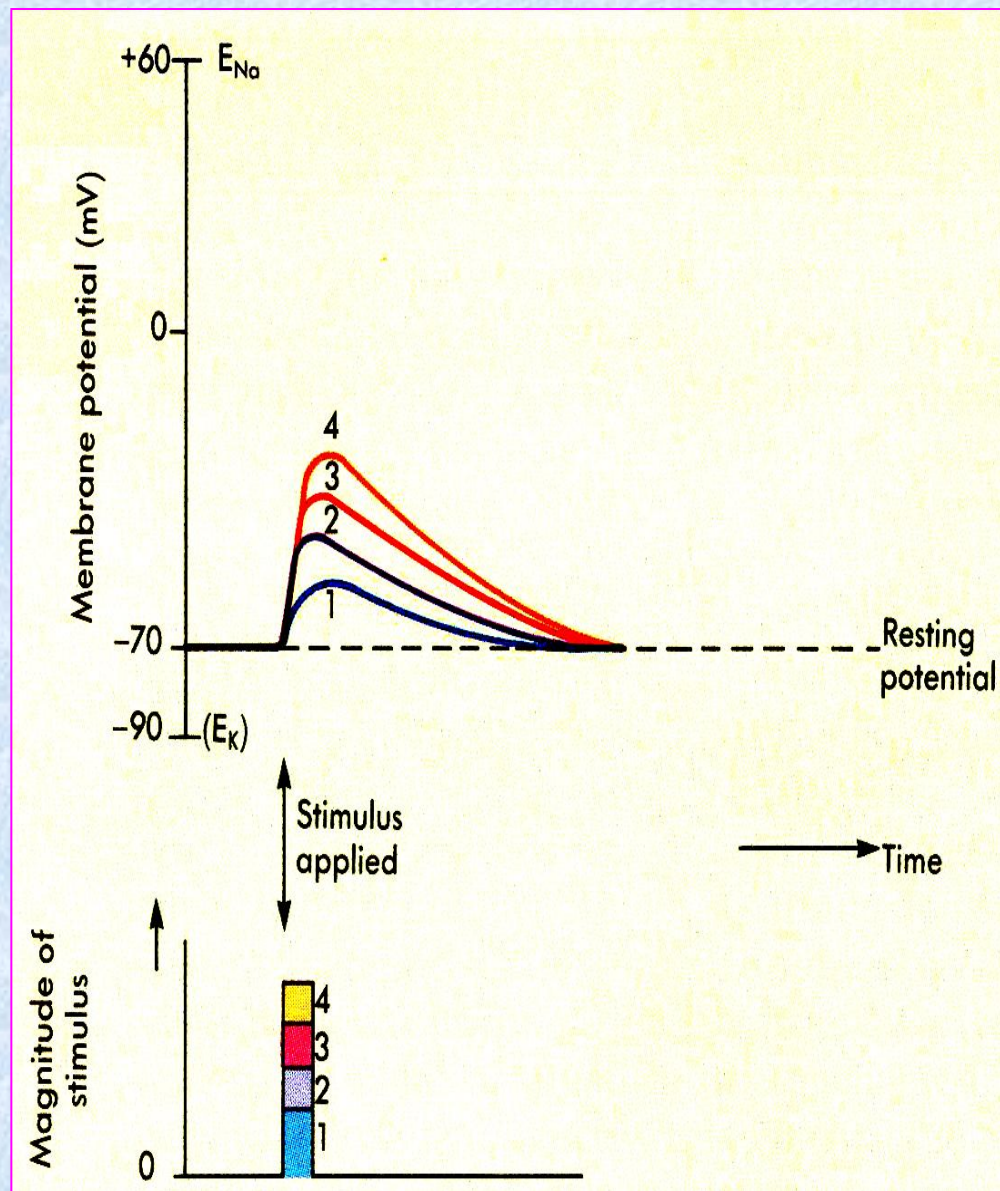


## 局部电位特点

①不具有“全或无”现象。其幅值可随刺激强度的增加而增大。

②电紧张方式扩布。其幅值随着传播距离的增加而减小。

③具有总和效应：时间性和空间性总和。



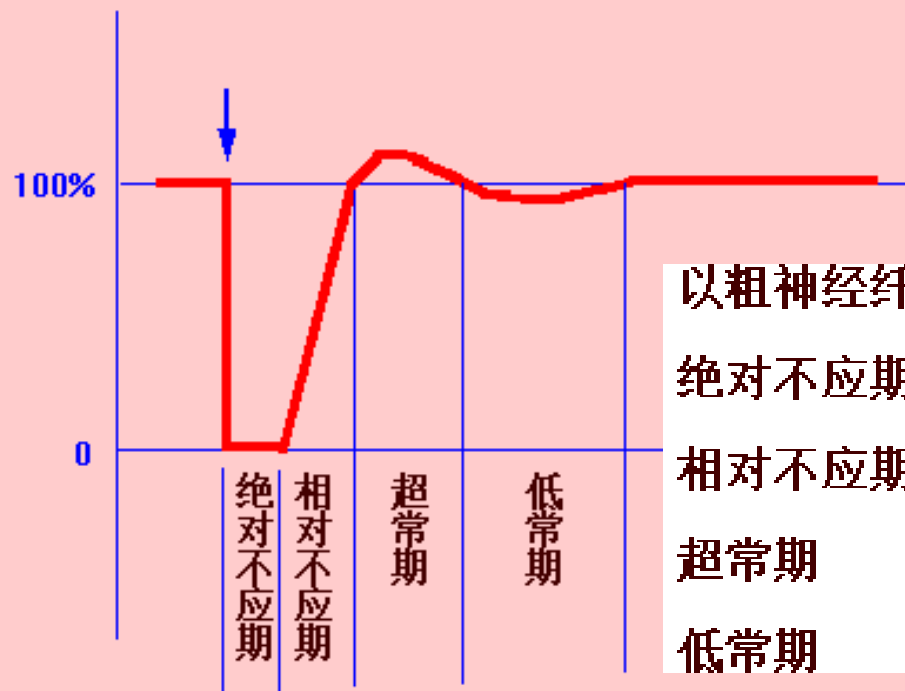
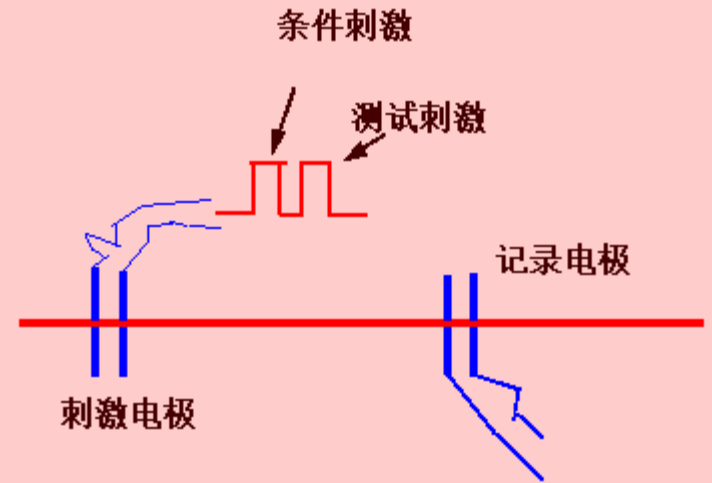


## 5、兴奋性及兴奋后兴奋性的变化

**兴奋性** 细胞或组织产生兴奋的能力

**兴奋性的衡量** 通常用阈刺激的大小来衡量，成反比

**兴奋性的变化** 指兴奋之后一段时间内兴奋性的变化



以粗神经纤维为例：

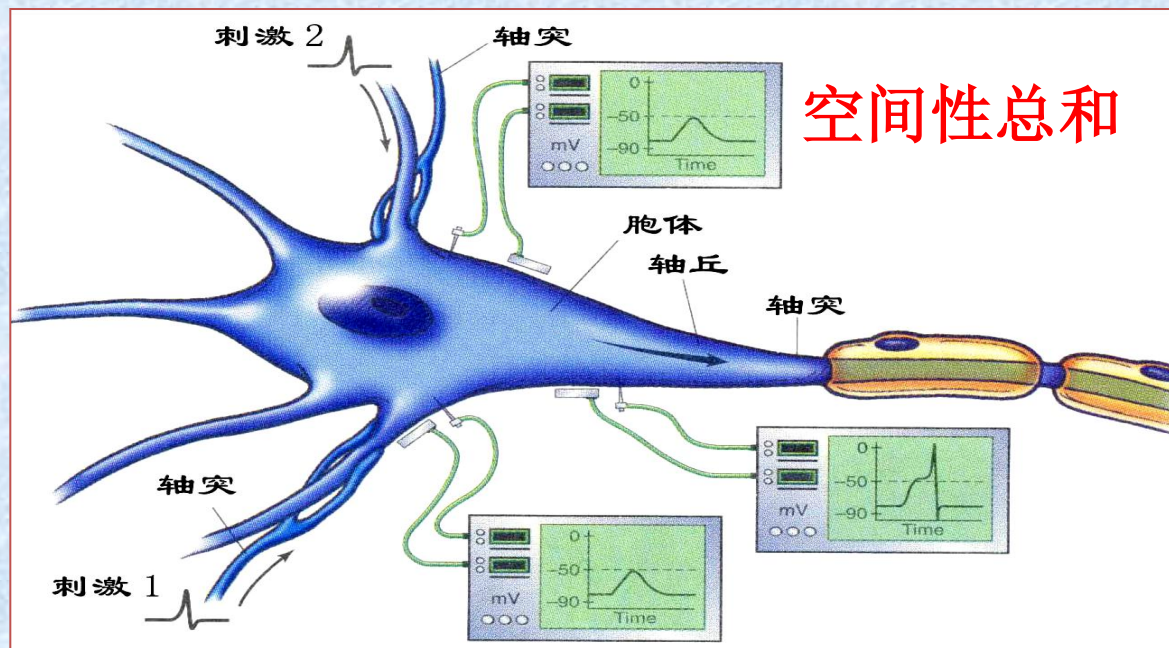
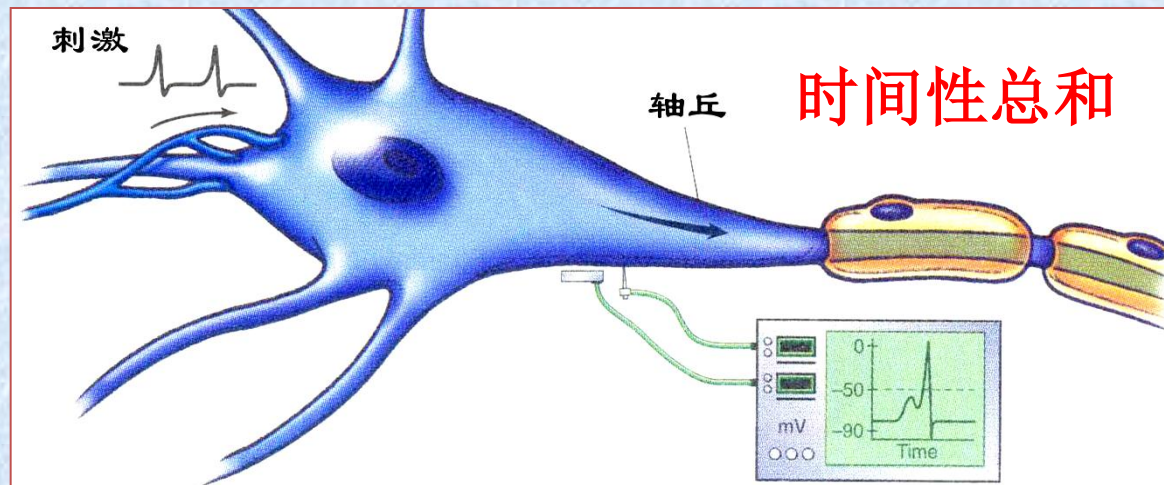
绝对不应期 0.3ms

相对不应期 3ms

超常期 12ms

低常期 70ms

## 6、阈下总和

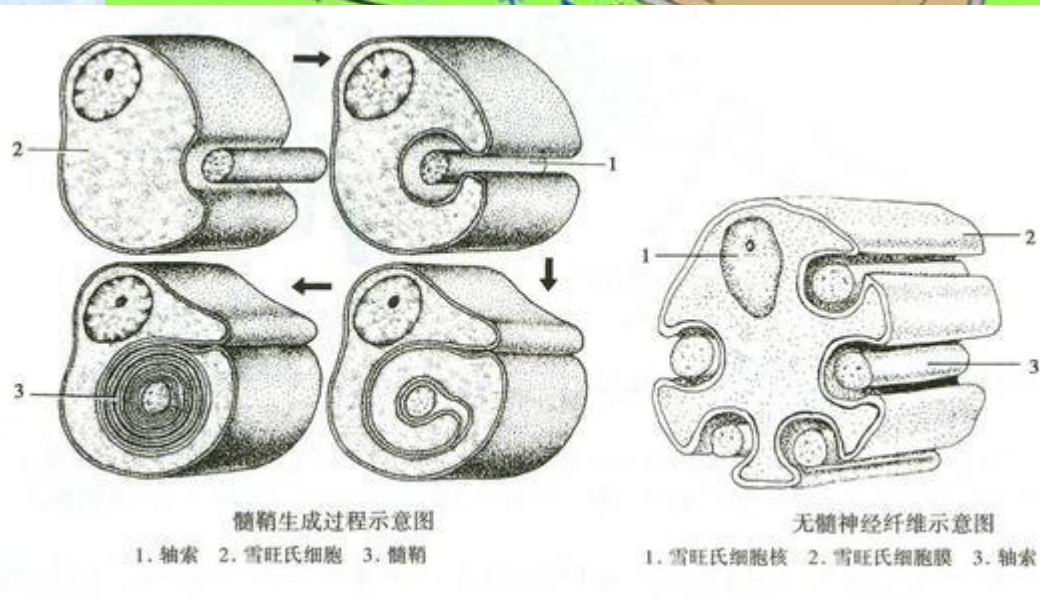
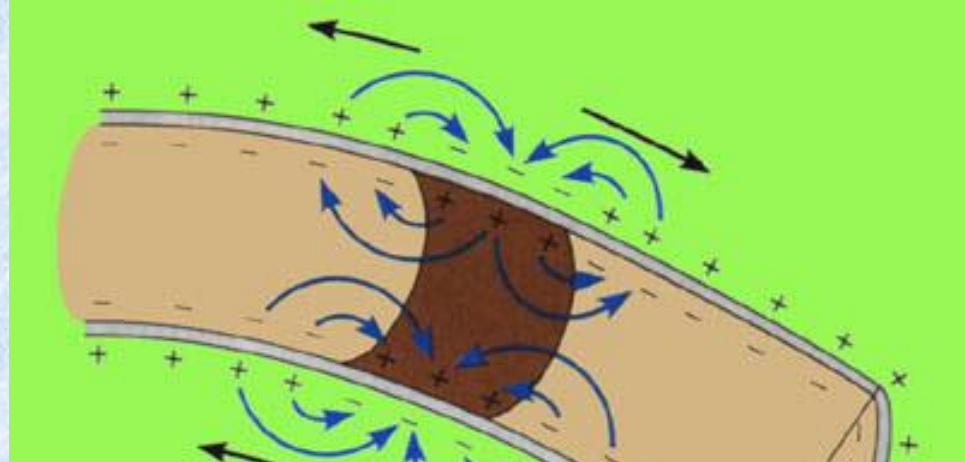


## 7、兴奋在同一细胞上的传导

### 7.1 传导的局部电流学说

### 7.2 传导的特点

- ① 生理完整性
- ② 双向性
- ③ 相对不疲劳性
- ④ 绝缘性
- ⑤ 不衰减性或传导的“全或无”现象



在无髓纤维动作电位广全部位膜内为正，膜外为负，由此与邻近静息部位形成电位差，引起局部电流，局部电流导致邻近膜去极化，当达到阈电位时，邻近膜爆发动作电位，由此连续向远处传导。

有髓纤维的局部电流在相邻的两个郎飞氏结之间形成，导致跳跃式传导。

## 第五节 基本组织

概念：由结构相似，功能相关的细胞和细胞间质集合而成的特定结构

分类：人体组织分为

上皮组织 epithelial tissue

肌肉组织 muscular tissue

神经组织 nervous tissue

结缔组织 connective tissue

# 一、上皮组织 (Epithelial tissue )

◎组成：由大量、密集的和少量的细胞间质组成的结构。

◎分布：覆盖在体表；衬附在腔面。

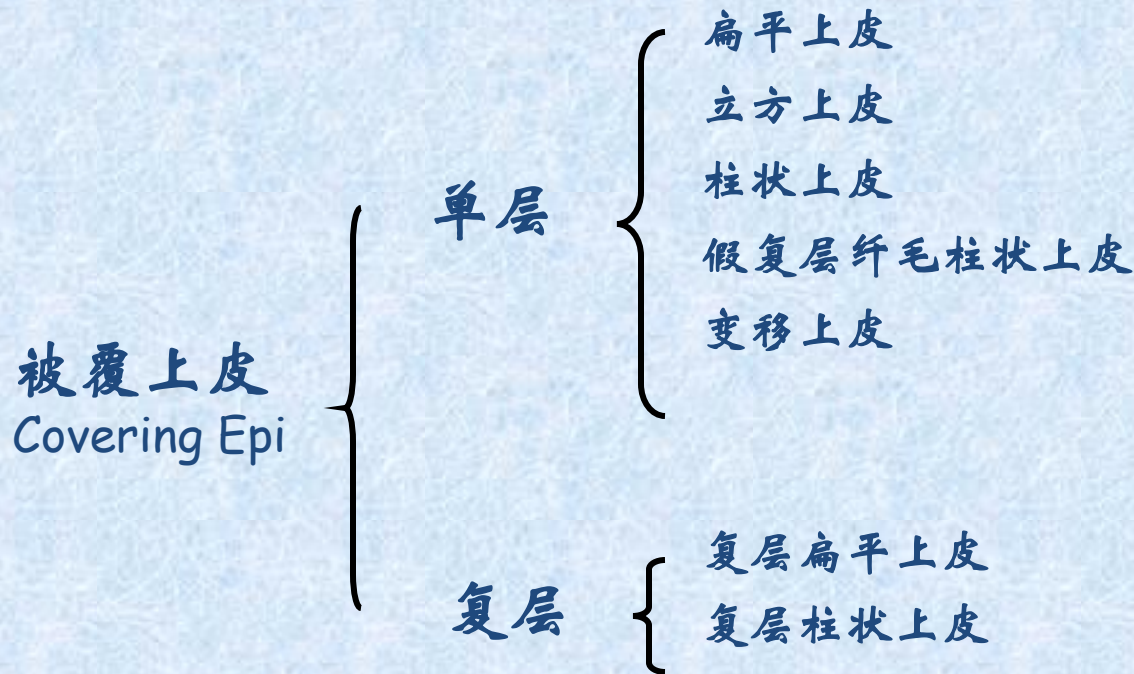
◎特点：  
① 细胞数量多、种类少，细胞间质少；  
② 排列紧密规则；  
③ 细胞具有极性，分游离面和基底面；  
④ 上皮组织内无血管和淋巴管；  
⑤ 部分上皮组织内含较丰富的神经末梢。

◎功能：保护；分泌；吸收；排泄；感觉。

◎分类：被覆上皮；腺上皮；

# 1、被覆上皮

- 依据上皮细胞的层数和细胞的形状分类



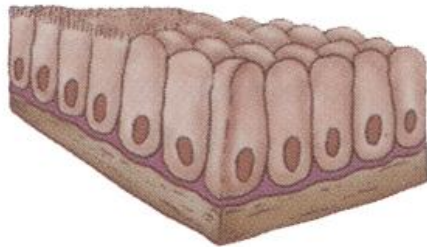
SIMPLE 单层



Squamous 鳞状

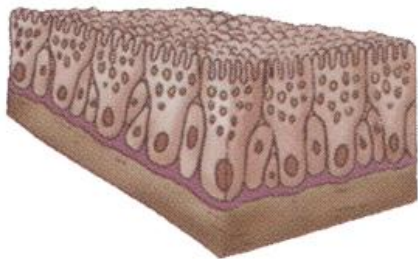


Cuboidal 立方



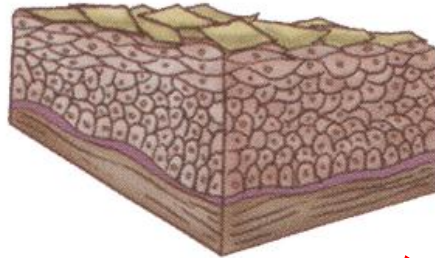
Columnar 柱状

PSEUDOSTRATIFIED 假复层

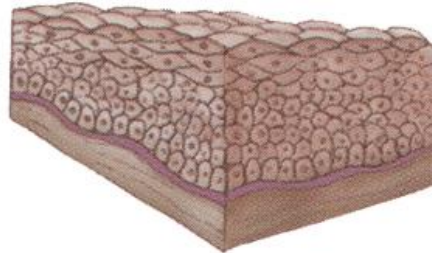


Columnar

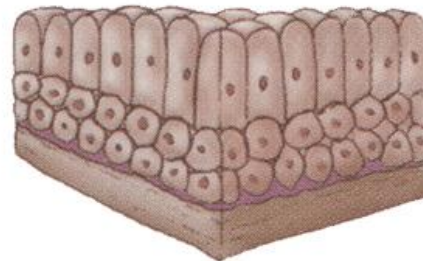
STRATIFIED 复层



Squamous keratinized 角质化的



Squamous nonkeratinized



Columnar



Cuboidal

TRANSITIONAL 变移



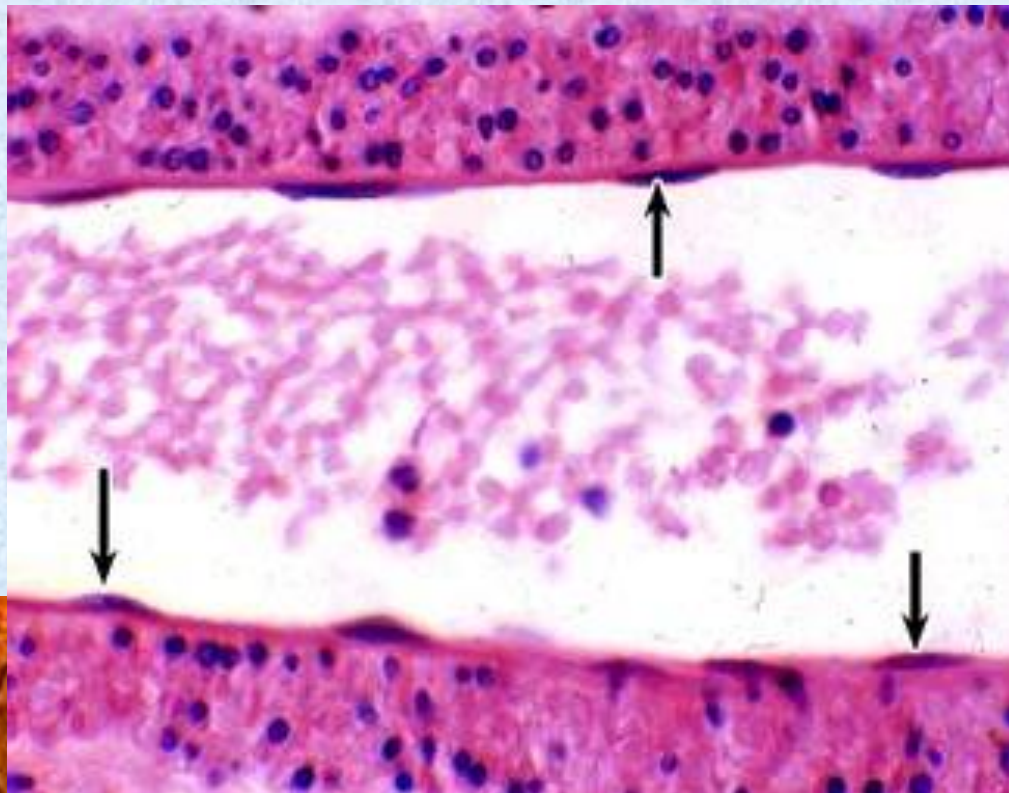
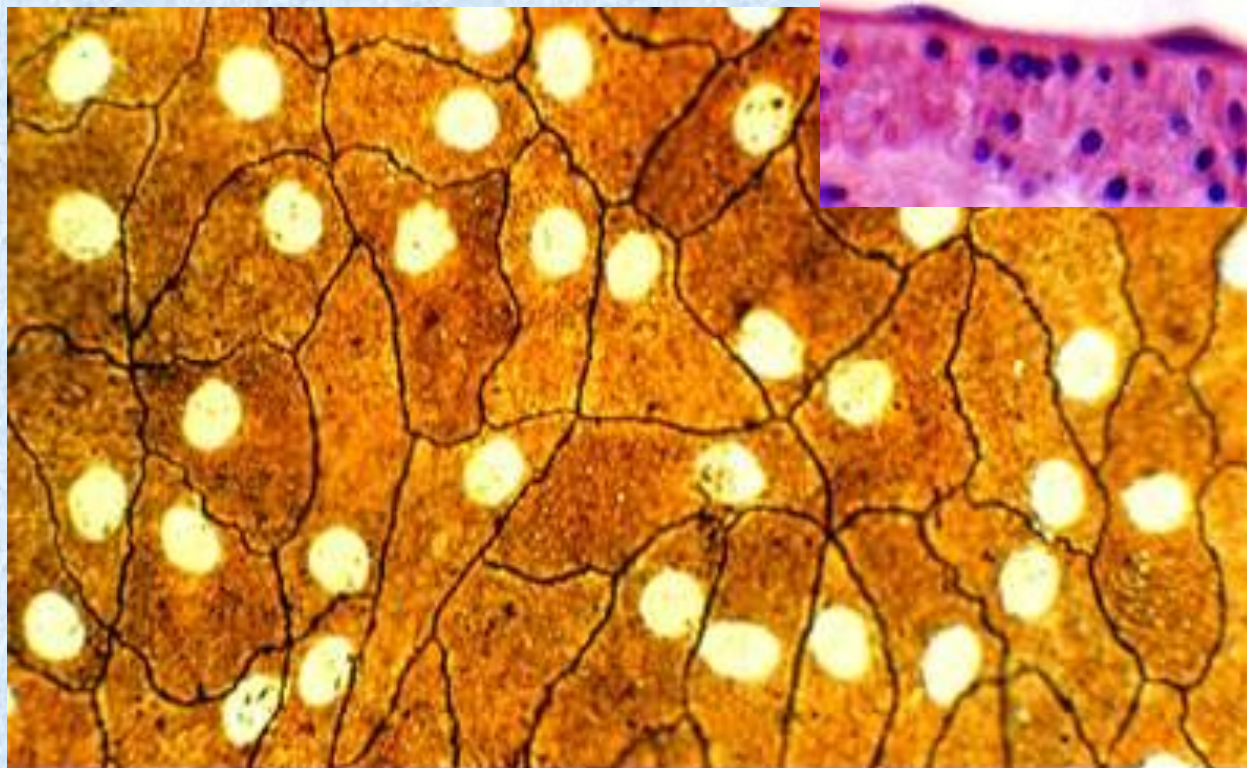
Relaxed



Distended

# 1.1 单层扁平上皮 (simple squamous epithelium)

血管内皮

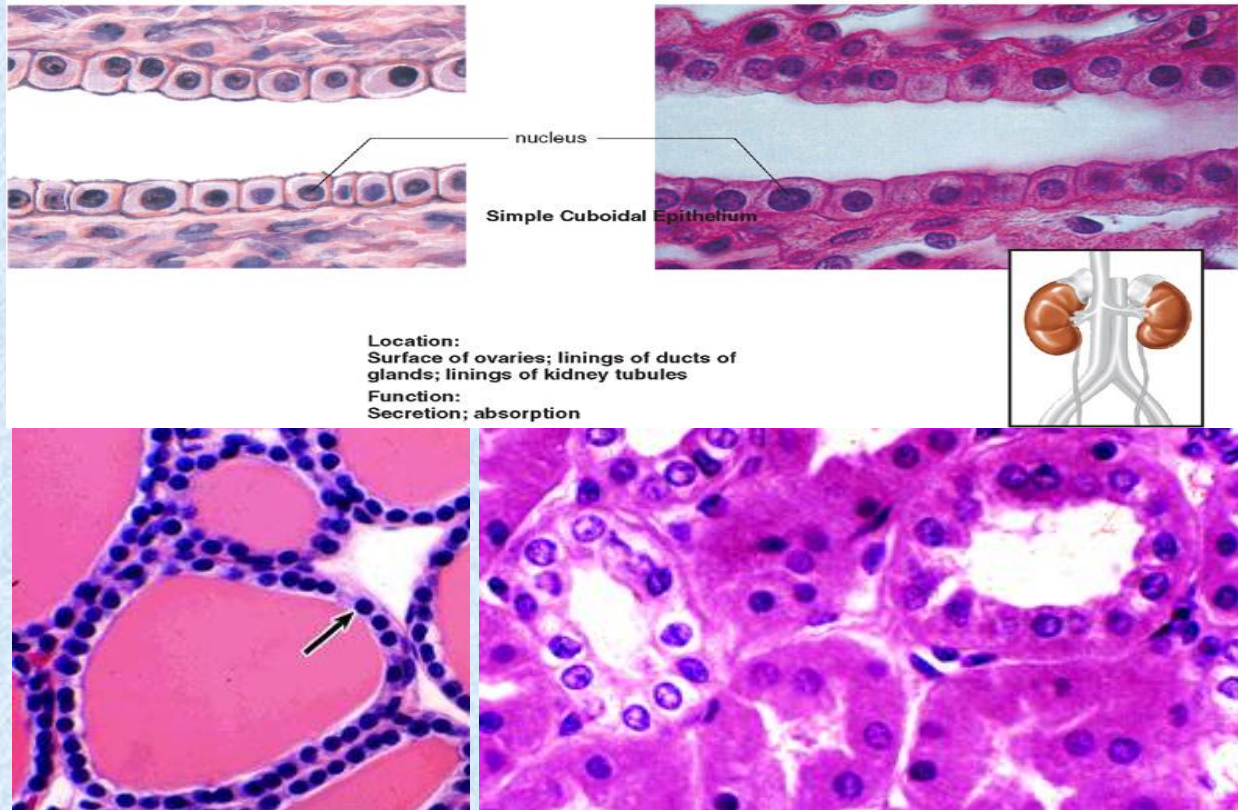




## 1.2 单层立方上皮 (simple cuboidal epithelium)

细胞立方形，核圆居于细胞中央。行吸收，分泌功能。

分布：肾小管、小叶间胆管、甲状腺滤泡上皮等

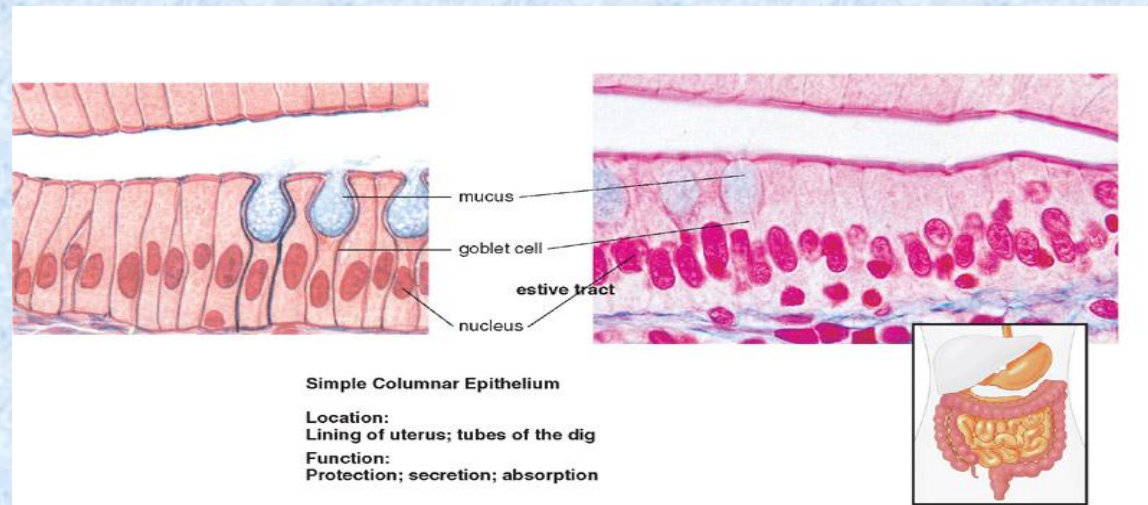
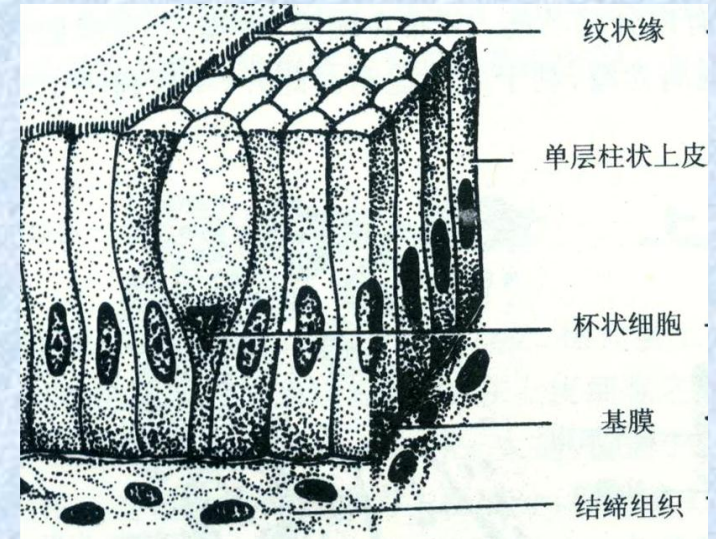


## 1.3 单层柱状上皮 (simple columnar epithelium)

柱状细胞（顶面六角形），核长圆形，靠近基底部，并有部分杯状细胞。表面常有微绒毛等结构。

行吸收、分泌功能。

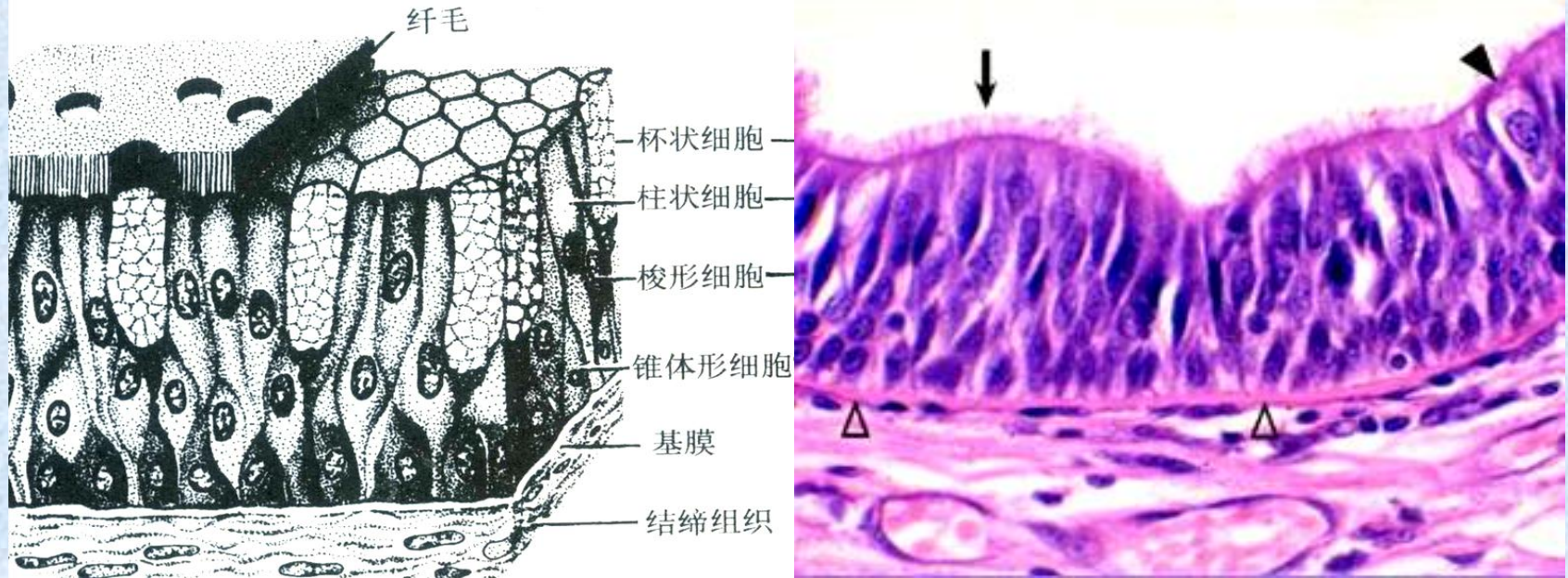
分布：胃、肠、子宫等



## 1.4 假复层纤毛柱状上皮

由柱状细胞（有纤毛）、梭形细胞、锥体形细胞（基细胞）和杯状细胞构成，皆附于基膜。分泌粘液并利用纤毛摆动清除细菌灰尘等异物。

分布：呼吸道内表面



## 1.5 变移上皮 (transitional epithelium)

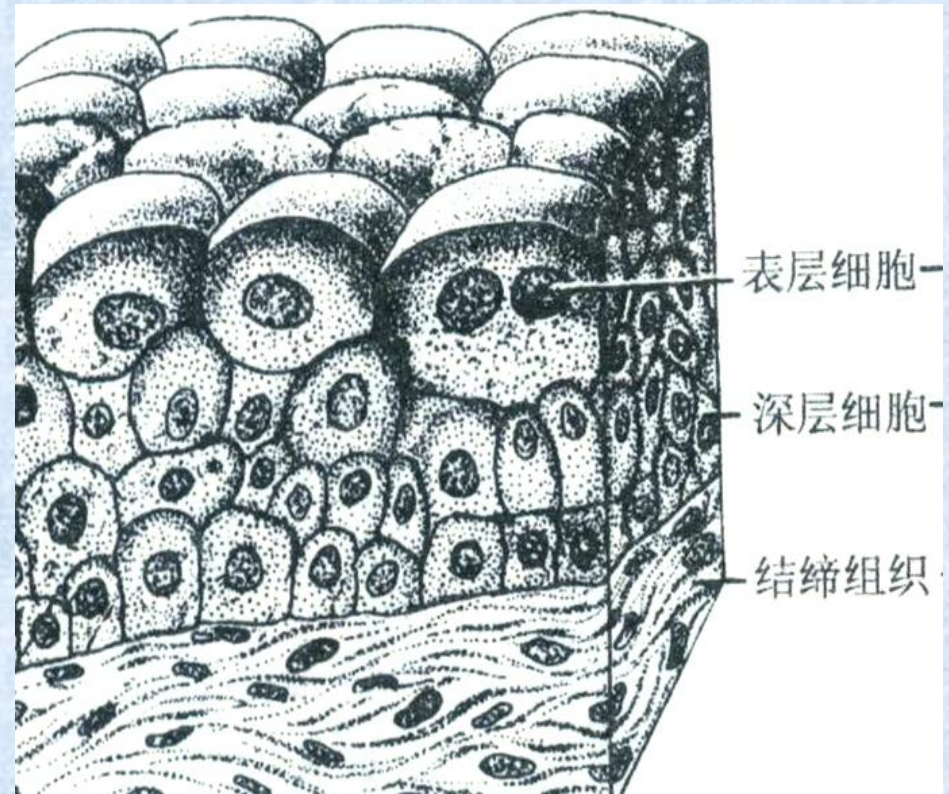
特点：上皮的层次和细胞形态随所在器官的收缩  
或舒张而改变。

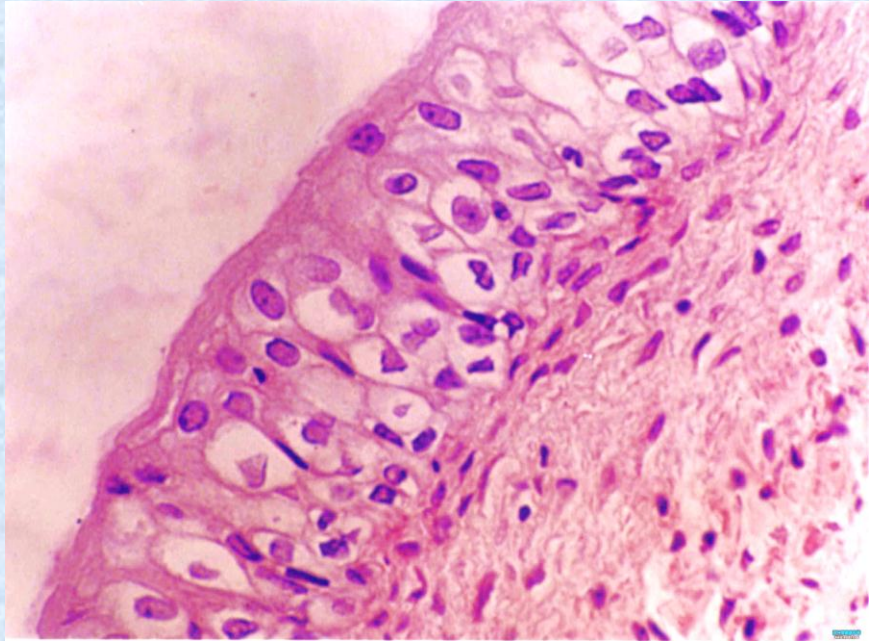
由基底面向游离面依次是：

基底细胞 → 中间层细胞-

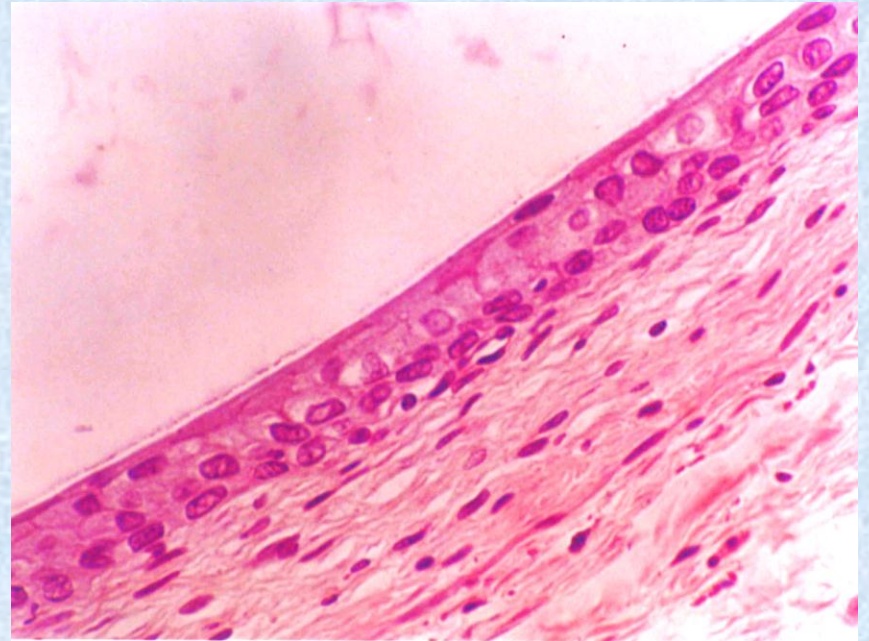
→ 表面细胞（盖细胞）

分布：肾盂、肾盏、输尿管、  
膀胱





膀胱排空时



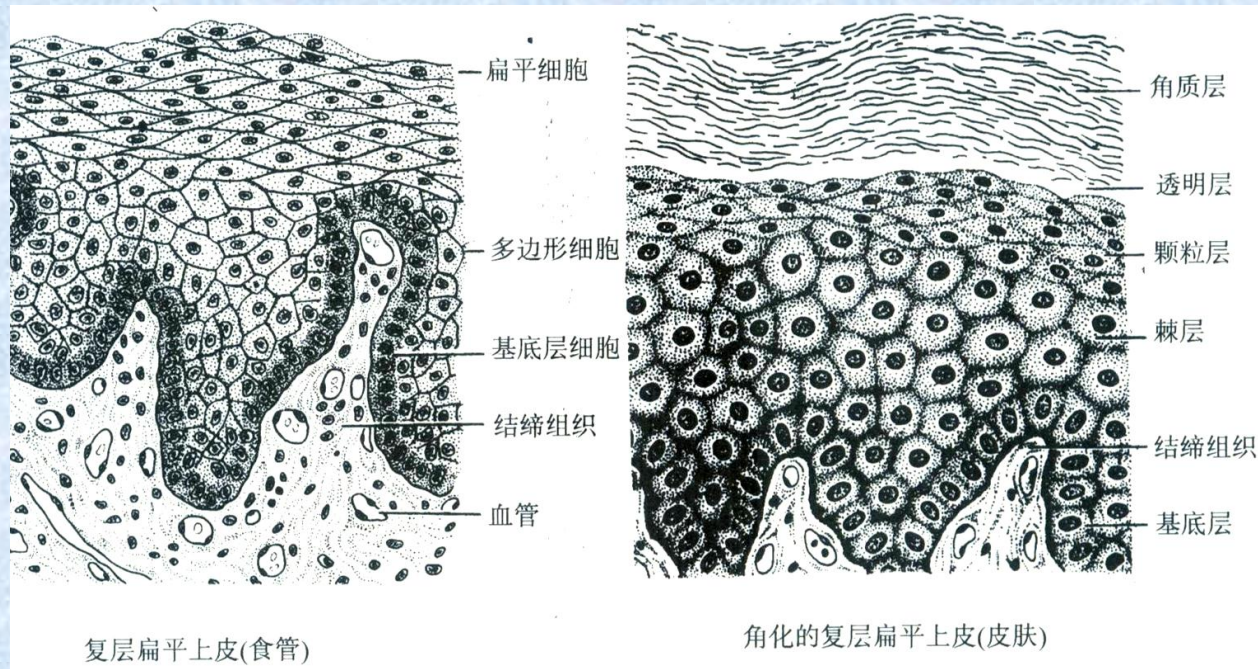
膀胱充盈时

膀胱变移上皮

## 1.6 复层扁平上皮 (stratified squamous epithelium)

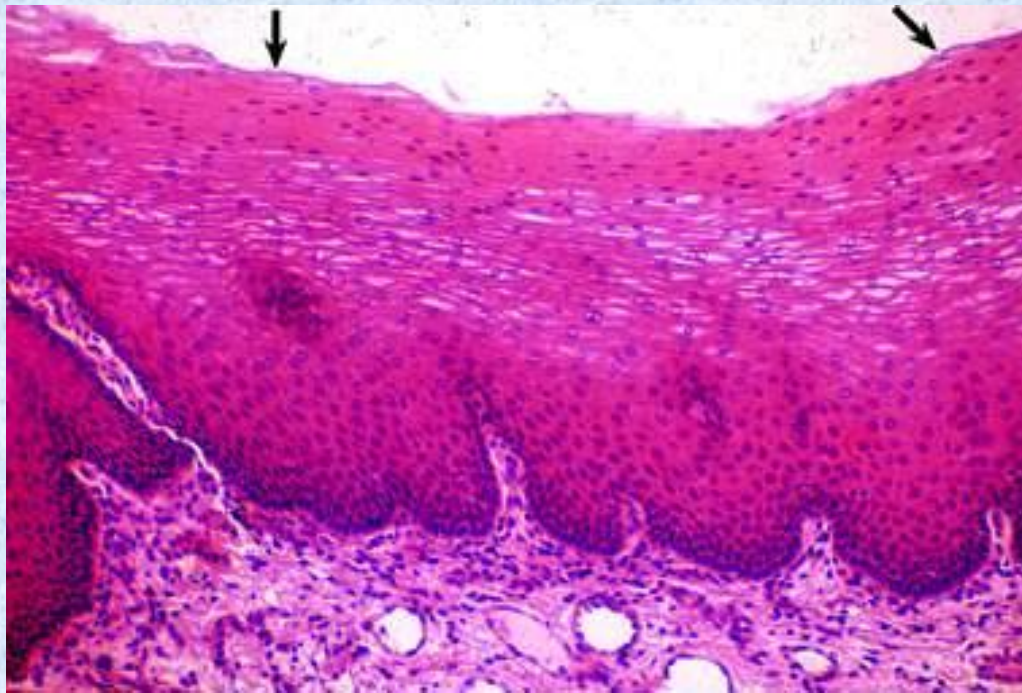
由基底面向游离面依次是： 基底细胞（干细胞） → 多边形细胞（中间层） → 扁平细胞（表层）

分布于皮肤、口腔、食管、肛门和阴道等。

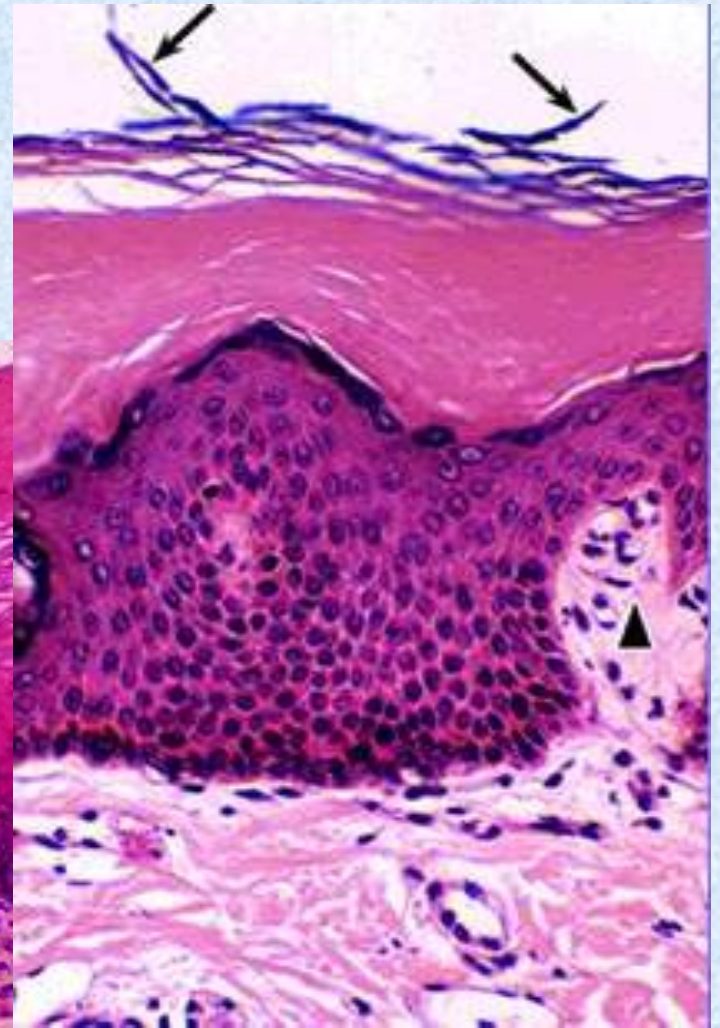


# 复层扁平上皮

(stratified squamous epithelium)



口腔粘膜上皮



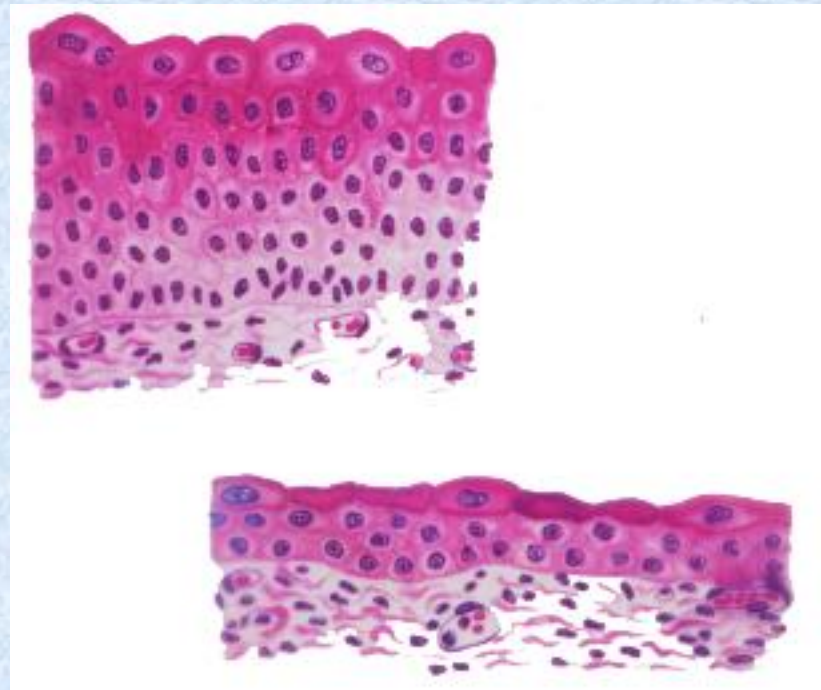
皮肤表皮

## 1.7 复层立方上皮 (Stratified Cuboidal Epithelium)

上皮为立方状细胞；

分布于唾液腺管、胰腺管等

起增强管壁，保护作用。

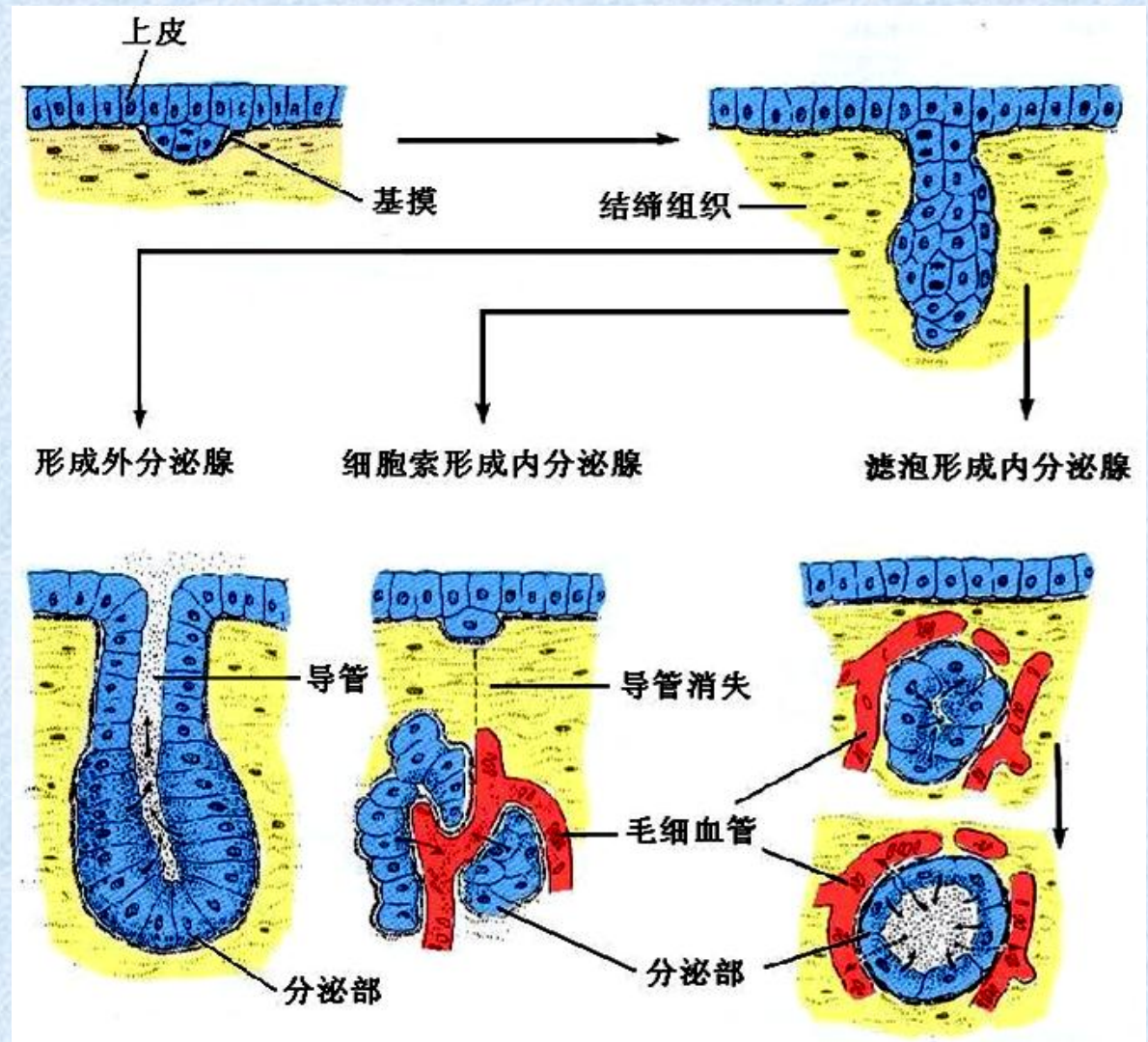


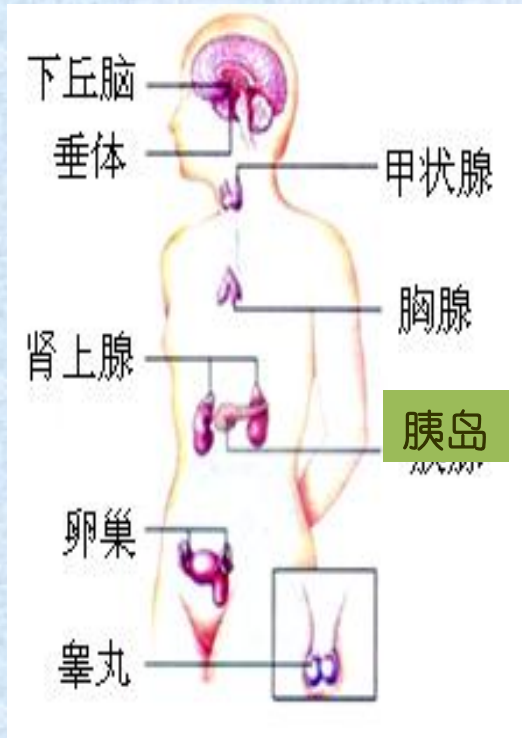
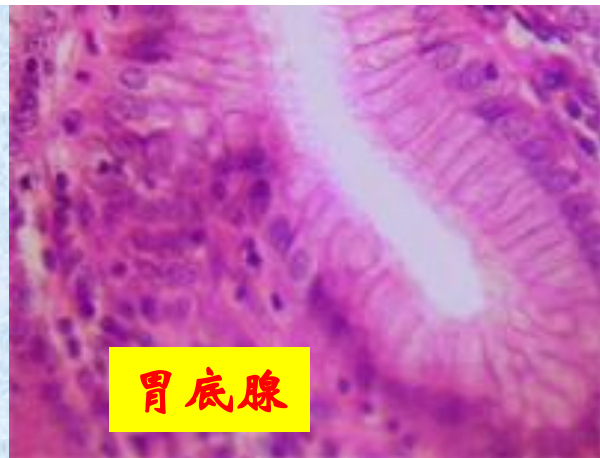
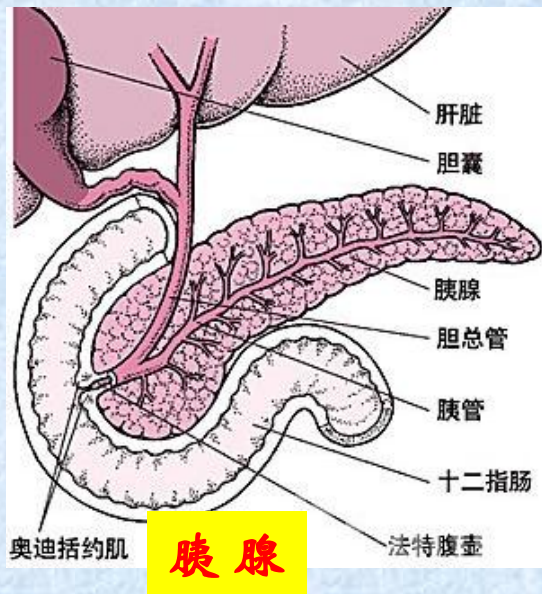
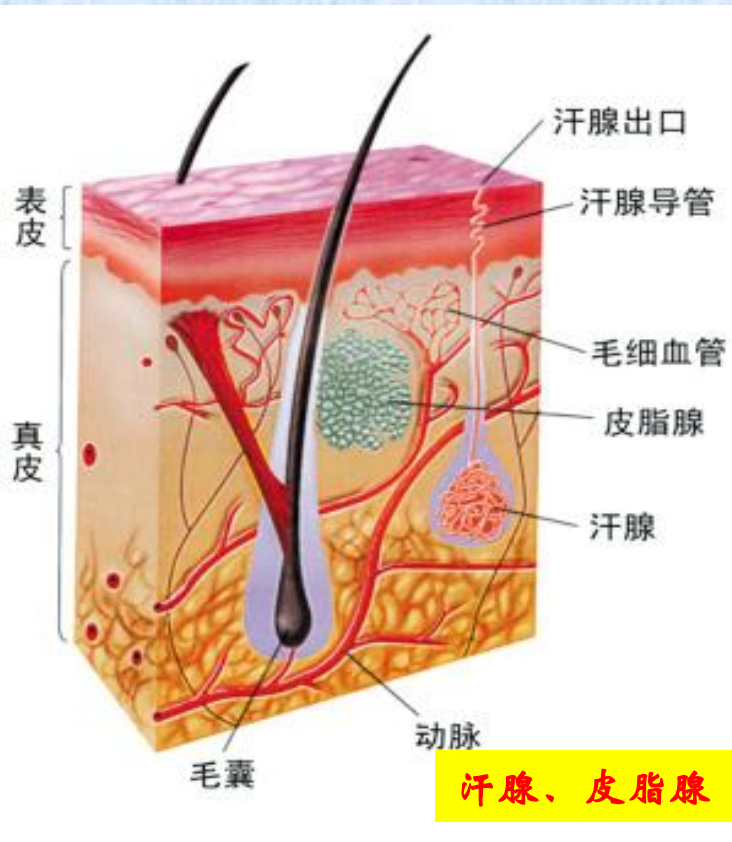


## 2、腺上皮和腺体

腺上皮：主要行使分泌功能的上皮

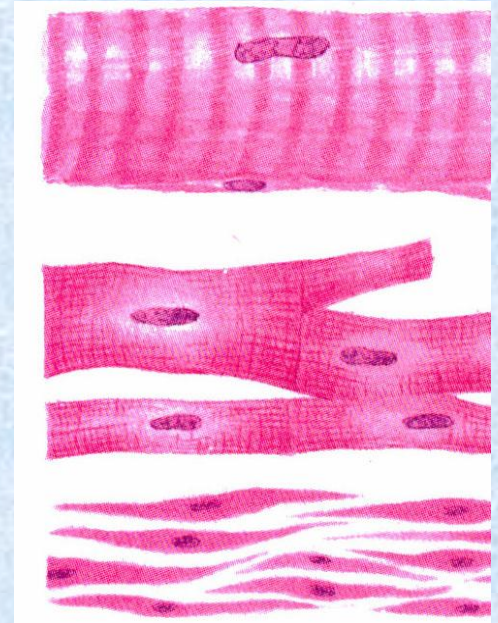
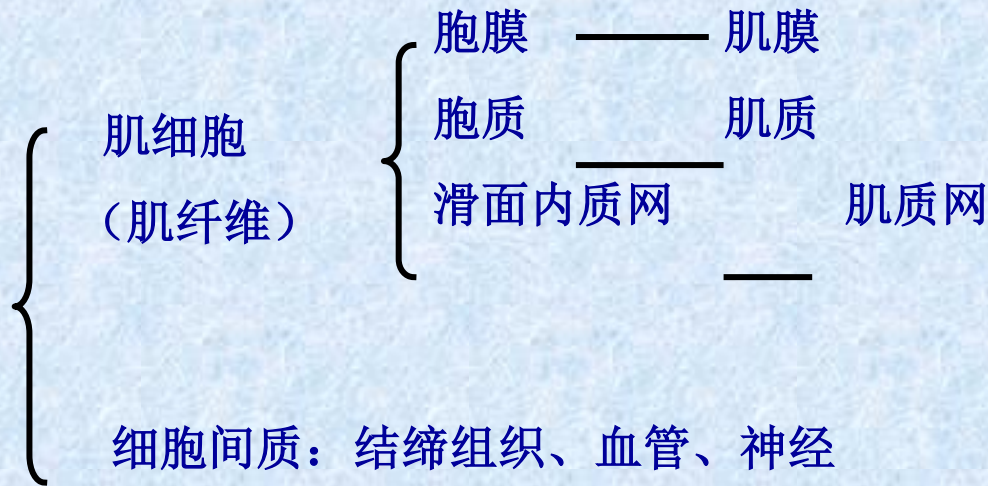
腺（体）：以腺上皮为主要成分的器官





## 二、肌肉组织 Muscle tissue

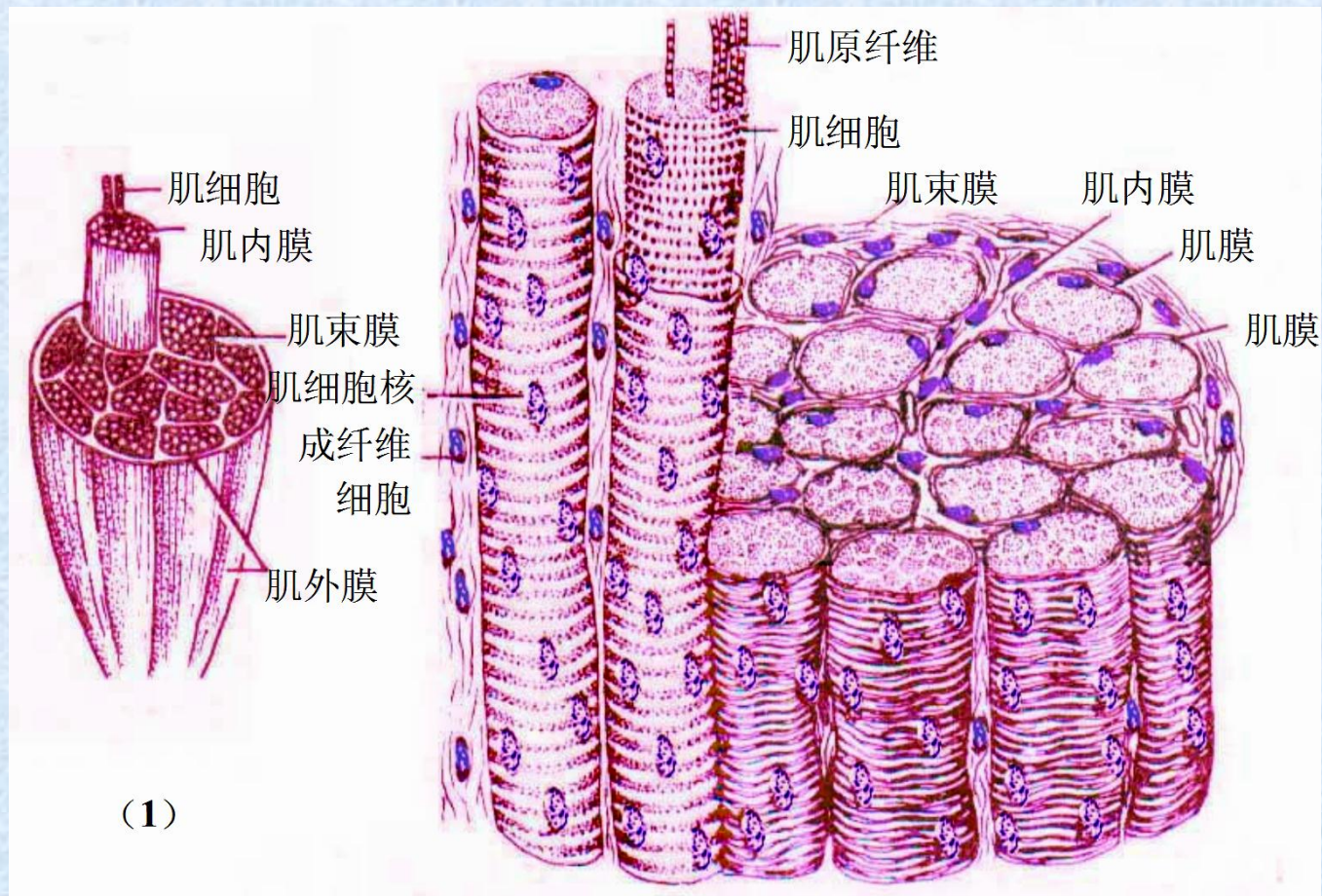
肌肉组织包括**骨骼肌**、**心肌**和**平滑肌**



# 1、骨骼肌 (skeletal muscle) 随意肌

形态：长圆柱形 长1-40mm，粗10-100um；

结构：多核，位于肌膜下；肌质中含大量与细胞长轴平行的肌原纤维(myofibril)，有横纹。

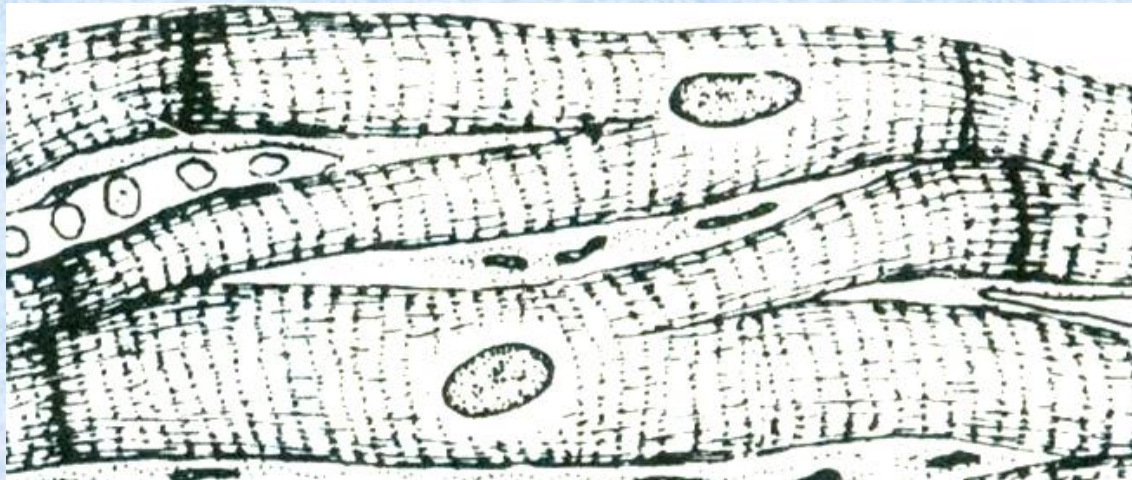


## 2、心肌 (cardiac muscle)

形态：分支短杆状

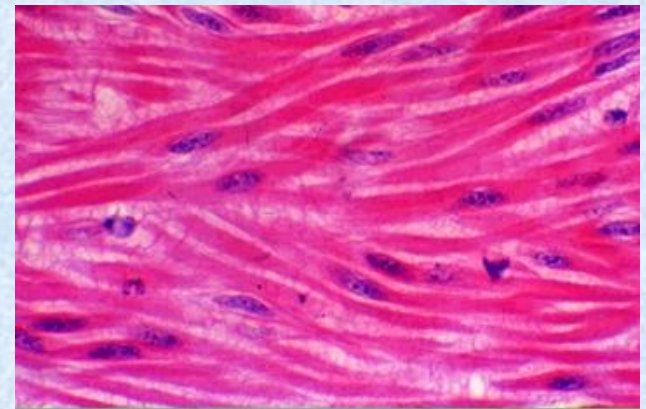
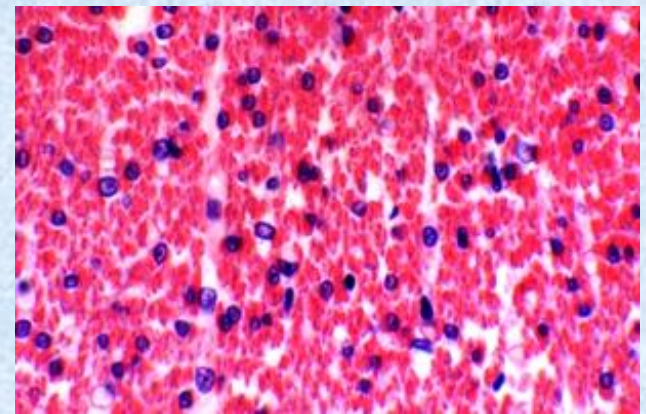
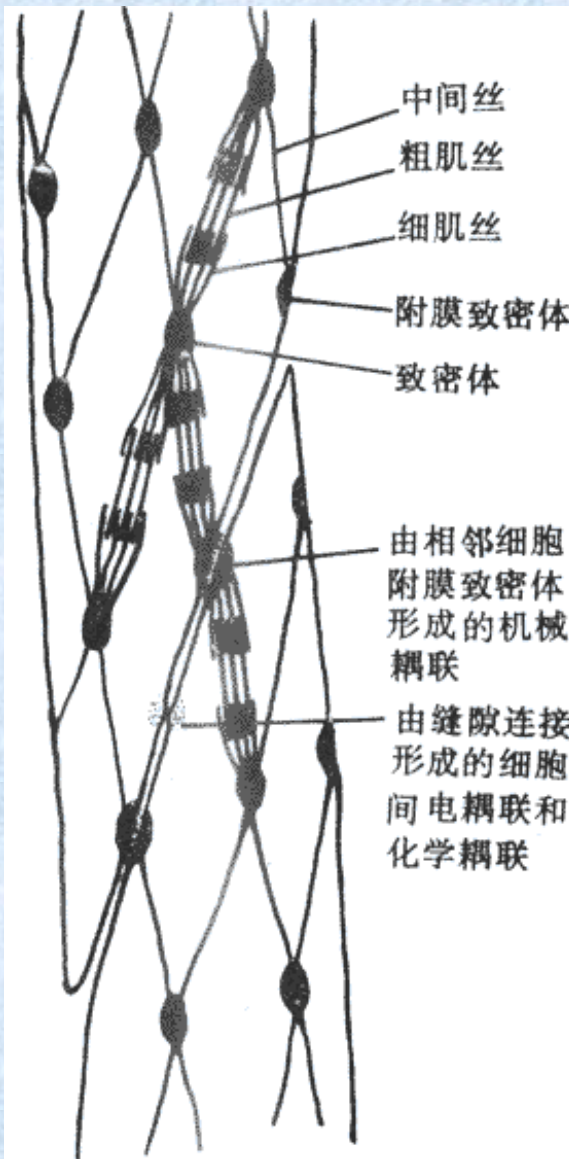
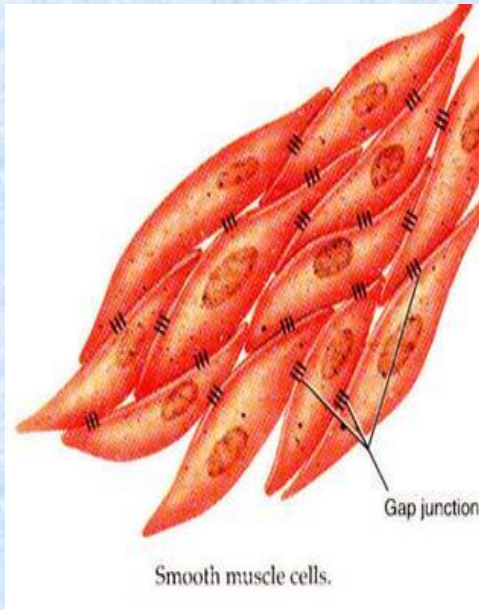
结构：胞核1~2个，位于心肌纤维中央；无明显肌原纤维

细胞连接处成闰盘 (intercalated disk)；可见横纹。



只分布于心脏，为不随意肌。

### 3、平滑肌 (smooth muscle )

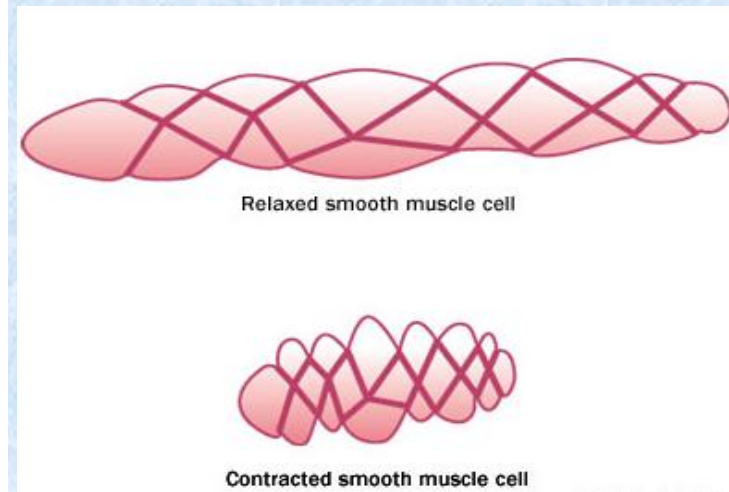


形态 梭形，

长 $200\ \mu\text{m}$ ，直径 $2-20\ \mu\text{m}$ 。

结构：

核一个，位于中央，无横纹。分布于内脏肌层，不随意肌。



### 三、神经组织

神经细胞  
(神经元) :

结构和功能单位，接受刺激、传导冲动和内分泌功能。

神经胶质细胞:

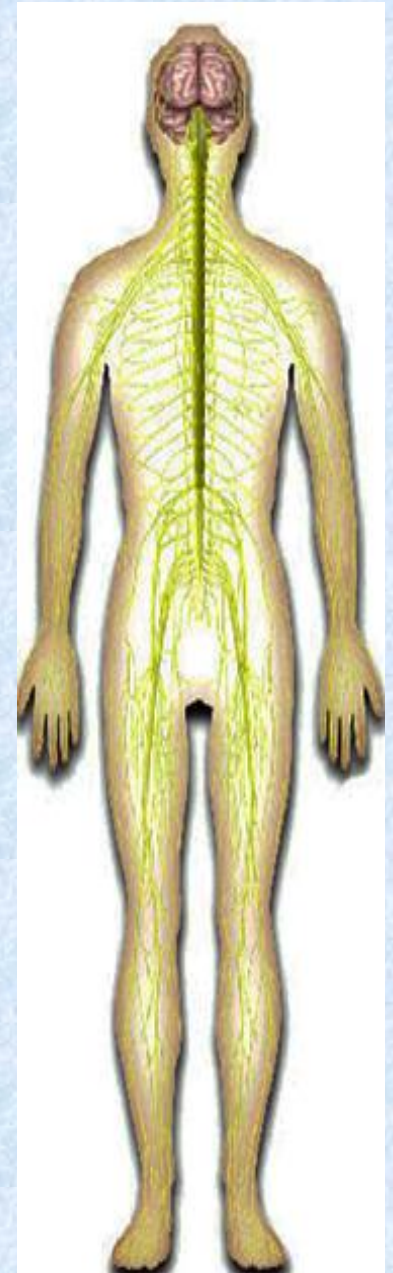
支持、营养、绝缘和防御等作用。

● 神经系统

中枢神经系统：脑和脊髓

周围神经系统：神经和神经节

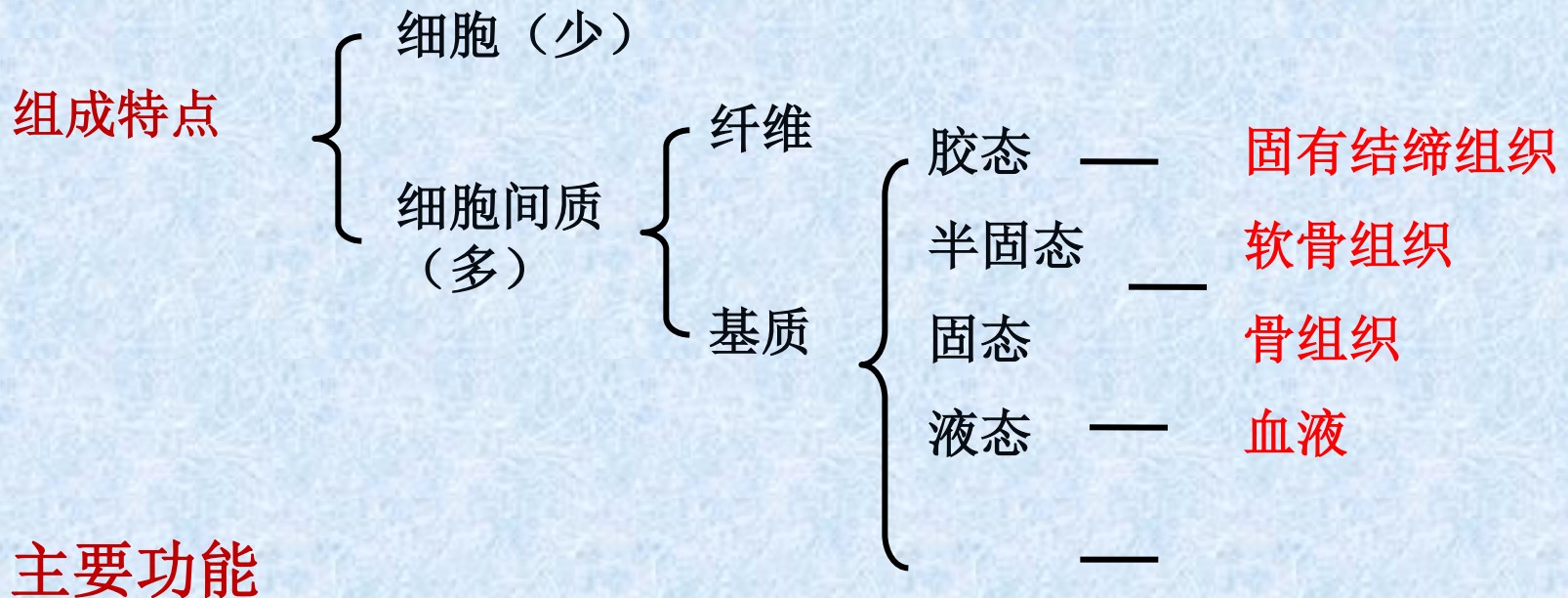
\* 神经组织的具体内容将在神经系统一章讲解。



# 四、结 缔 组 织      Connective Tissue

## 概述

结缔组织是一类连接组织，人体内除了**上皮、肌肉、神经组织**外，其它的都属于**结缔组织**。



## 主要功能

连接、支持、营养、保护、防御、修复等



# 1、固有结缔组织 (connective tissue proper)

固有结缔组织

疏松结缔组织

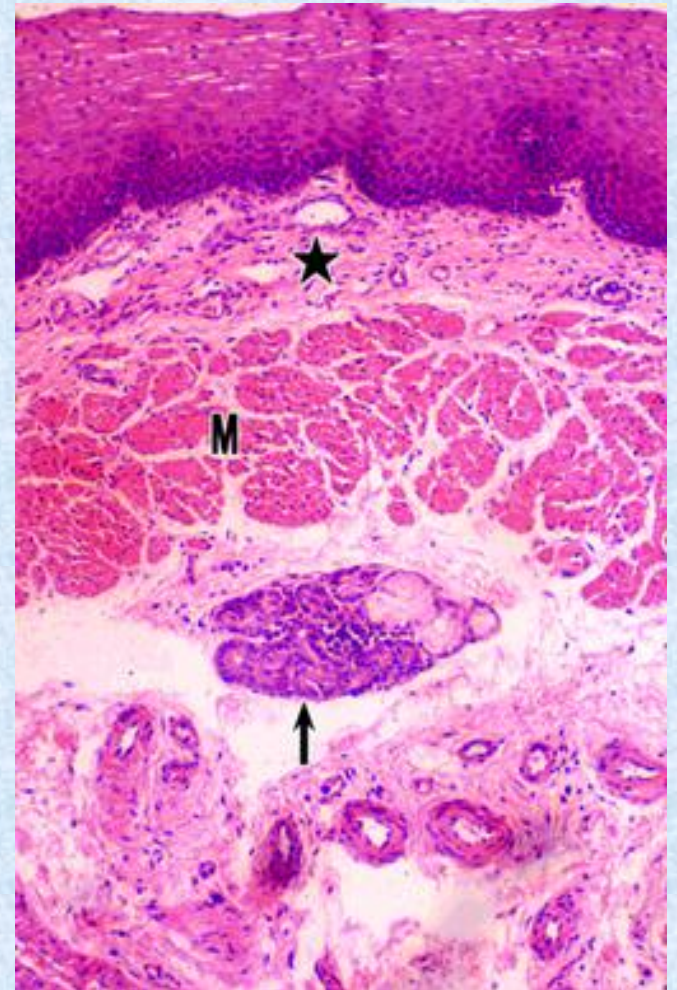
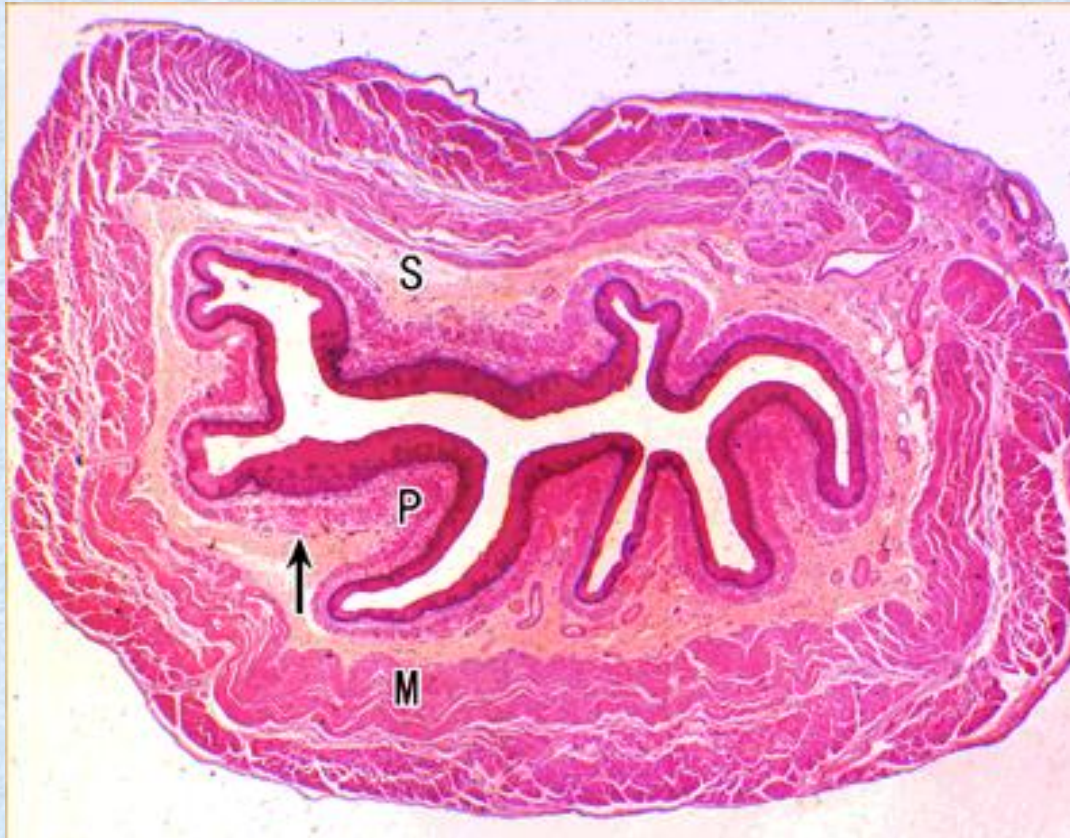
致密结缔组织

脂肪组织

网状组织

## 1.1 疏松结缔组织 loose connective tissue

在机体中分布广泛，分布于器官之间、皮下、肌肉间。



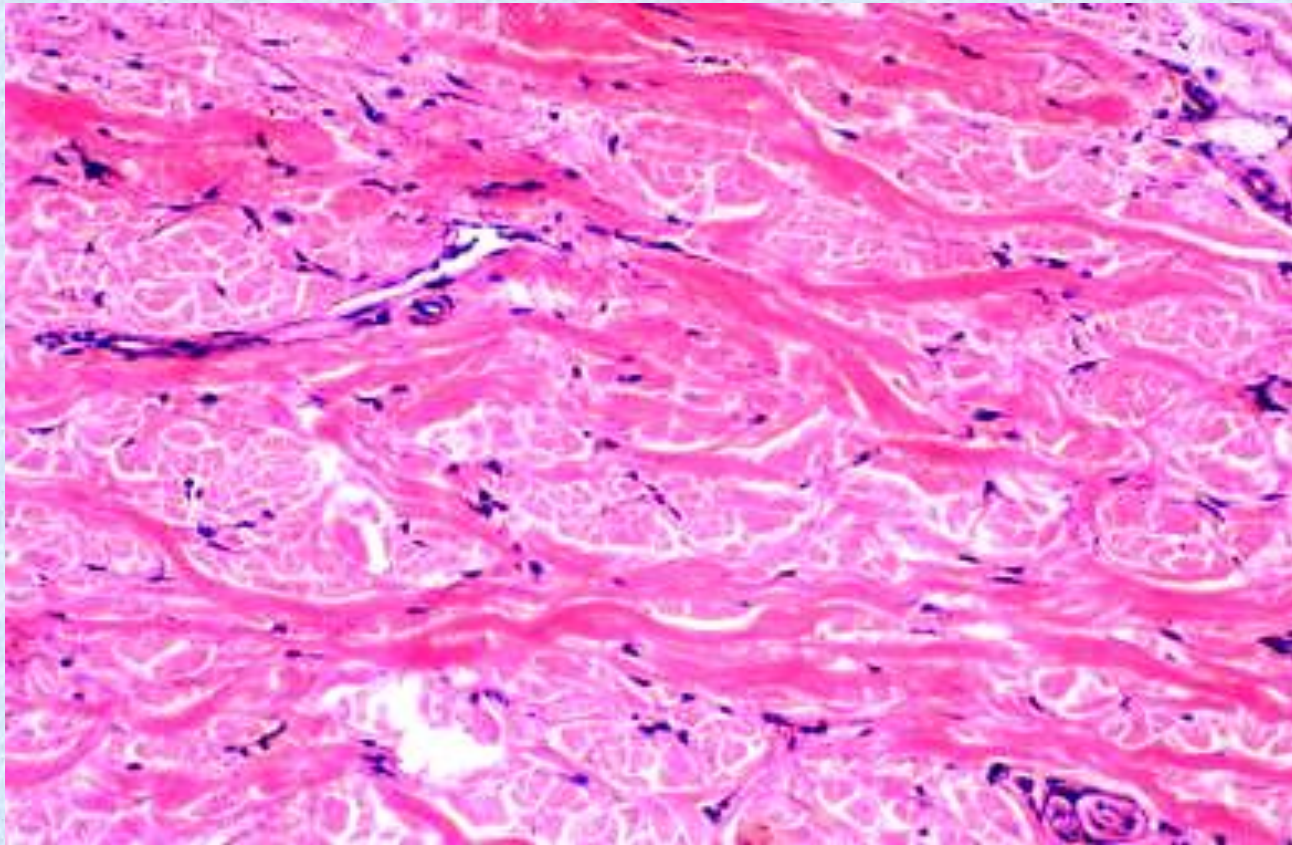
## 1.2 致密结缔组织 (dense connective tissue)

特点:

- (1) 以纤维(胶原)成分为主, 纤维粗大, 排列紧密.
- (2) 细胞的种类和数量均较小, 主要为成纤维细胞.
- (3) 支持和连接为其主要功能

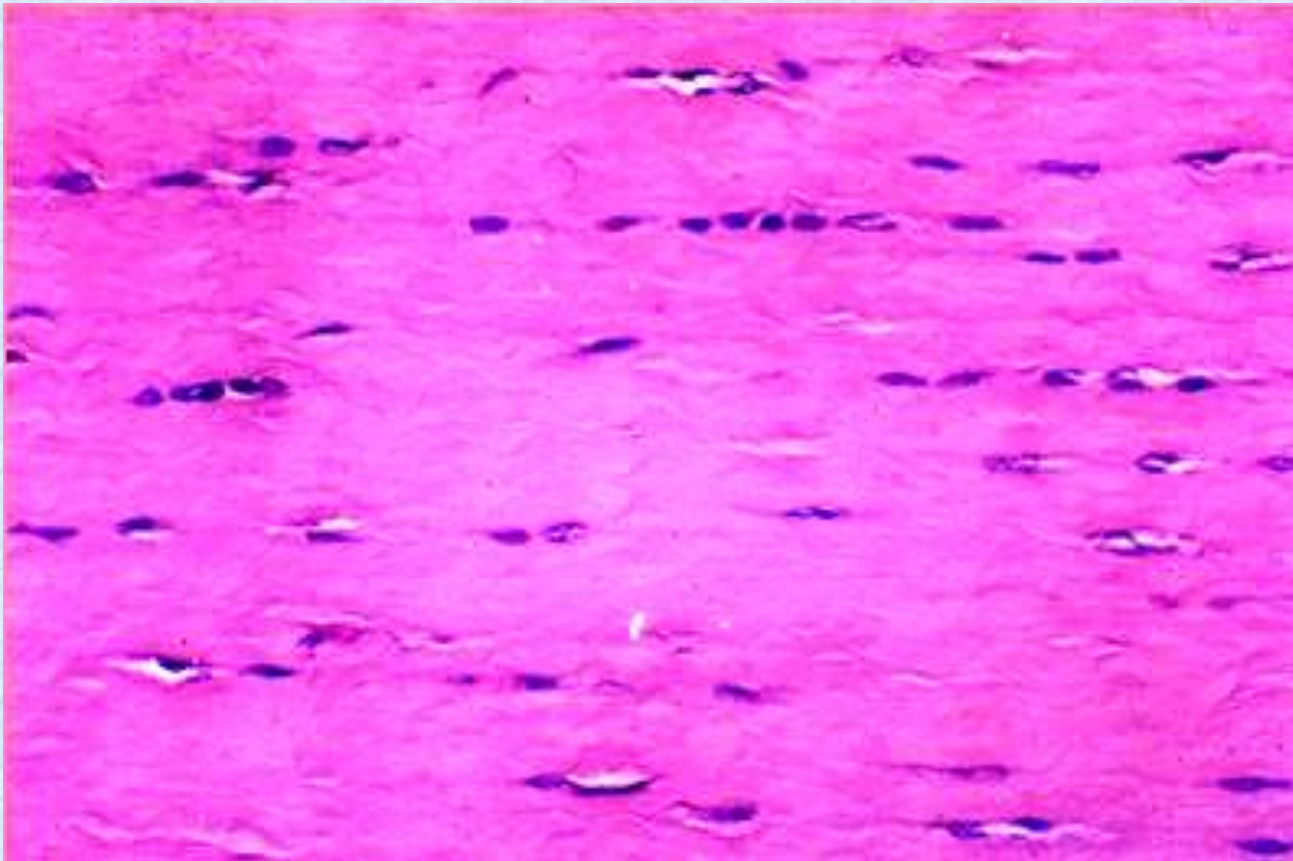
## 不规则致密结缔组织

排列方向不一的粗大的胶原纤维彼此交织成致密的板层结构。如**真皮**、**骨膜**、**硬脑膜**、**巩膜**及某些器官被膜等。



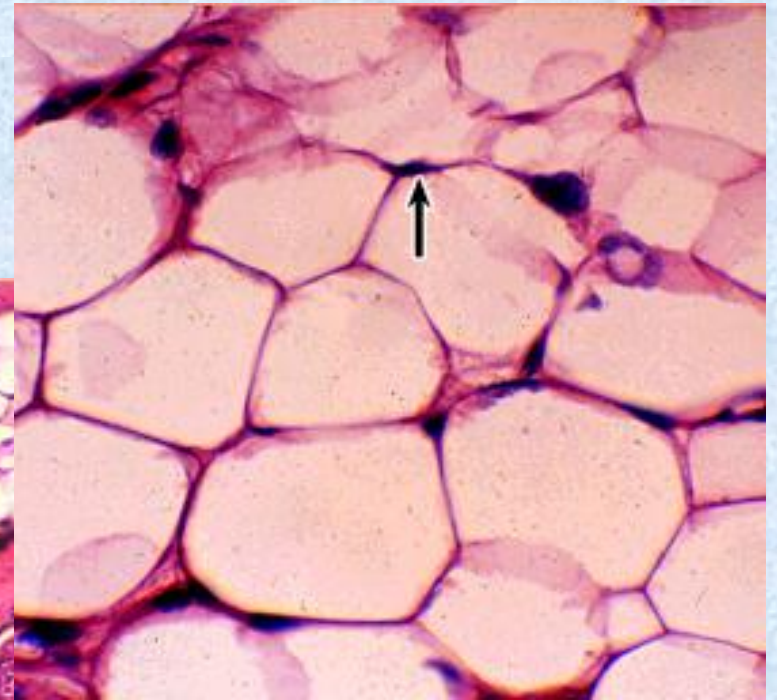
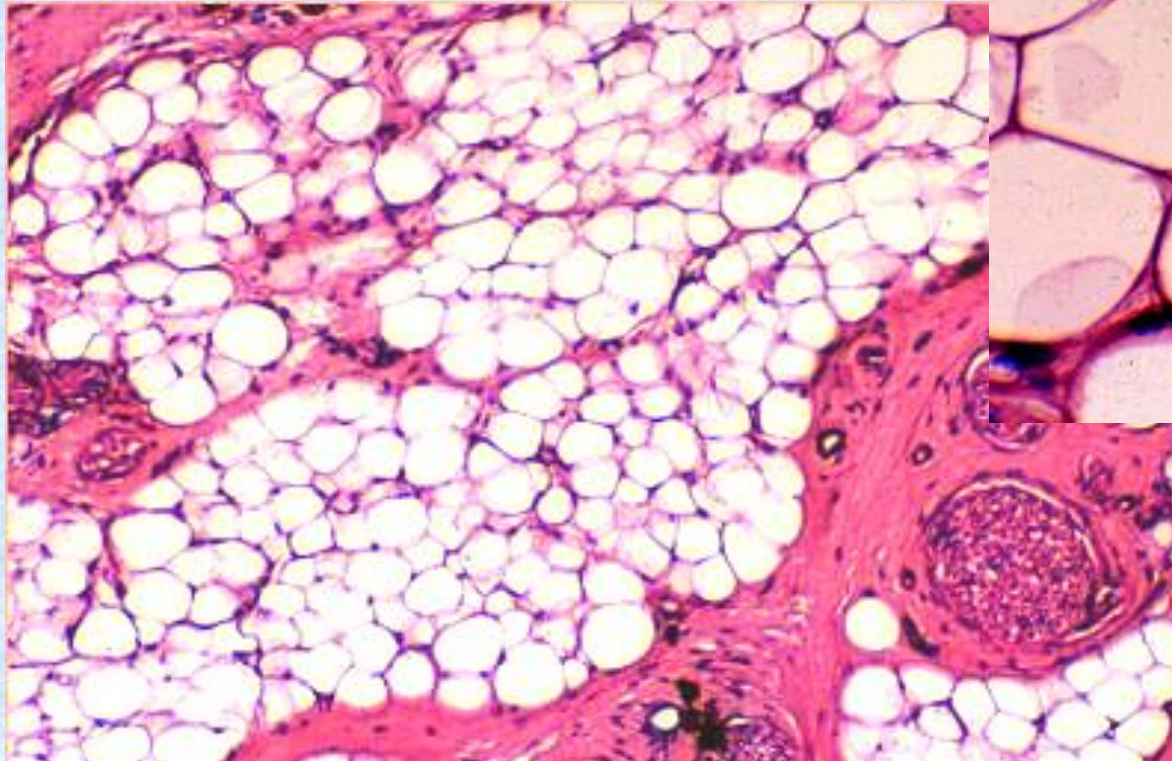
## 规则致密结缔组织

大量密集的粗大胶原纤维顺着受力的方向平行排列成束。如肌腱、腱膜等。



## 1.3 脂肪组织 (adipose tissue)

以脂肪细胞为主要成分的结缔组织，有贮存、产热、缓冲、隔热、支持和填充等功能。



分布于皮下、网膜和肠系膜等处。甘油三酯形式储存。

## 1.4 网状组织 (reticular tissue)

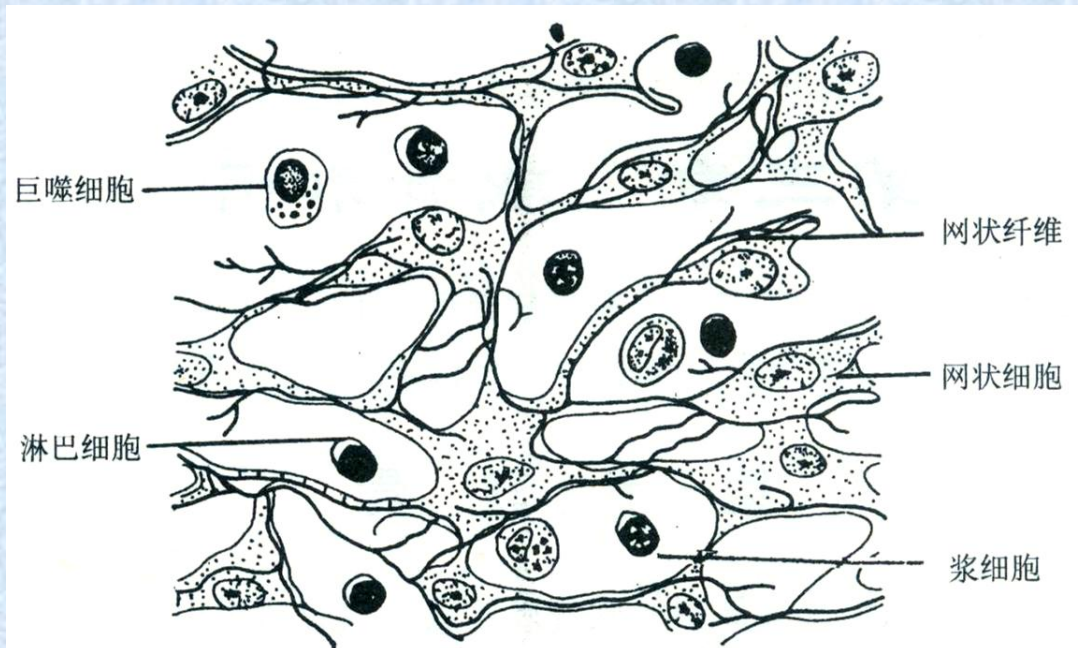
分布：造血器官、淋巴器官(骨髓、淋巴、脾、胸腺等)

构成血细胞和淋巴细胞发育的微环境

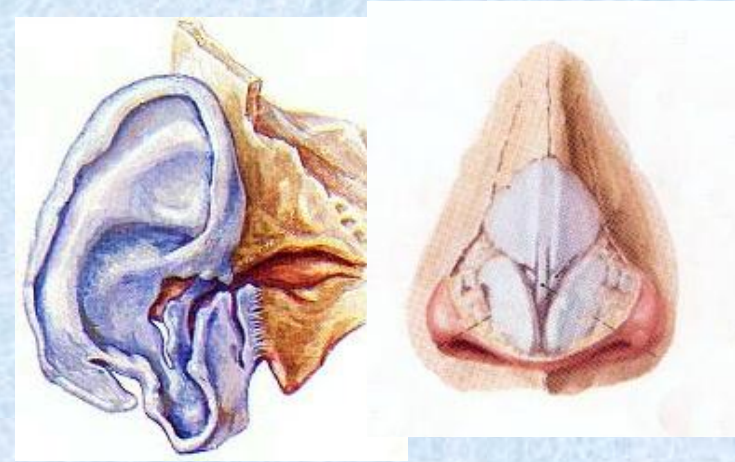
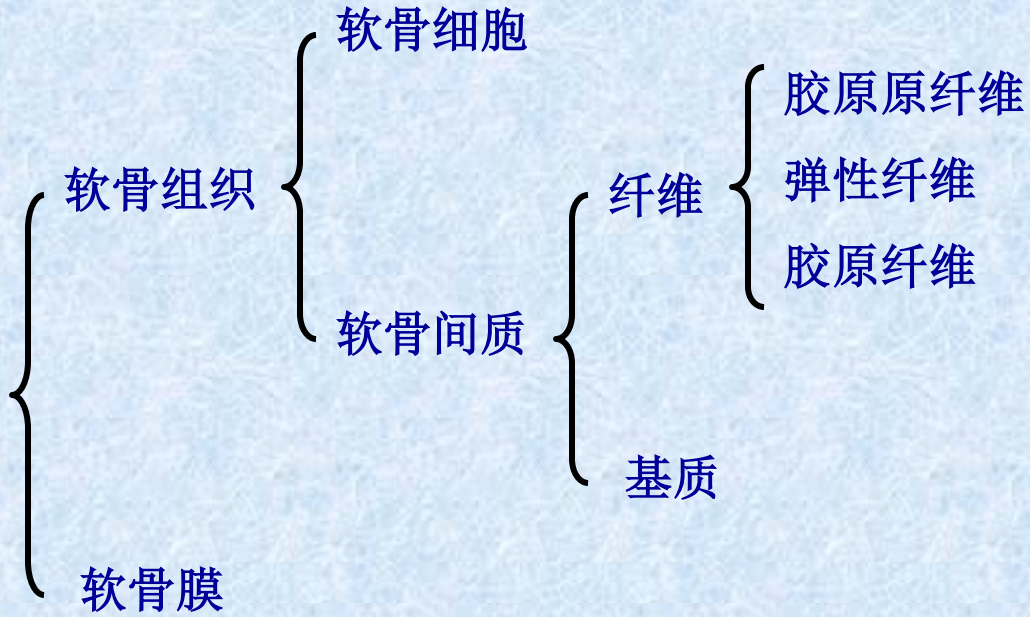
网状细胞：星型多突，核大、浅，核仁明显，胞质嗜碱性

网状纤维：由网状细胞产生

基质：淋巴液



## 2 软骨 Cartilage

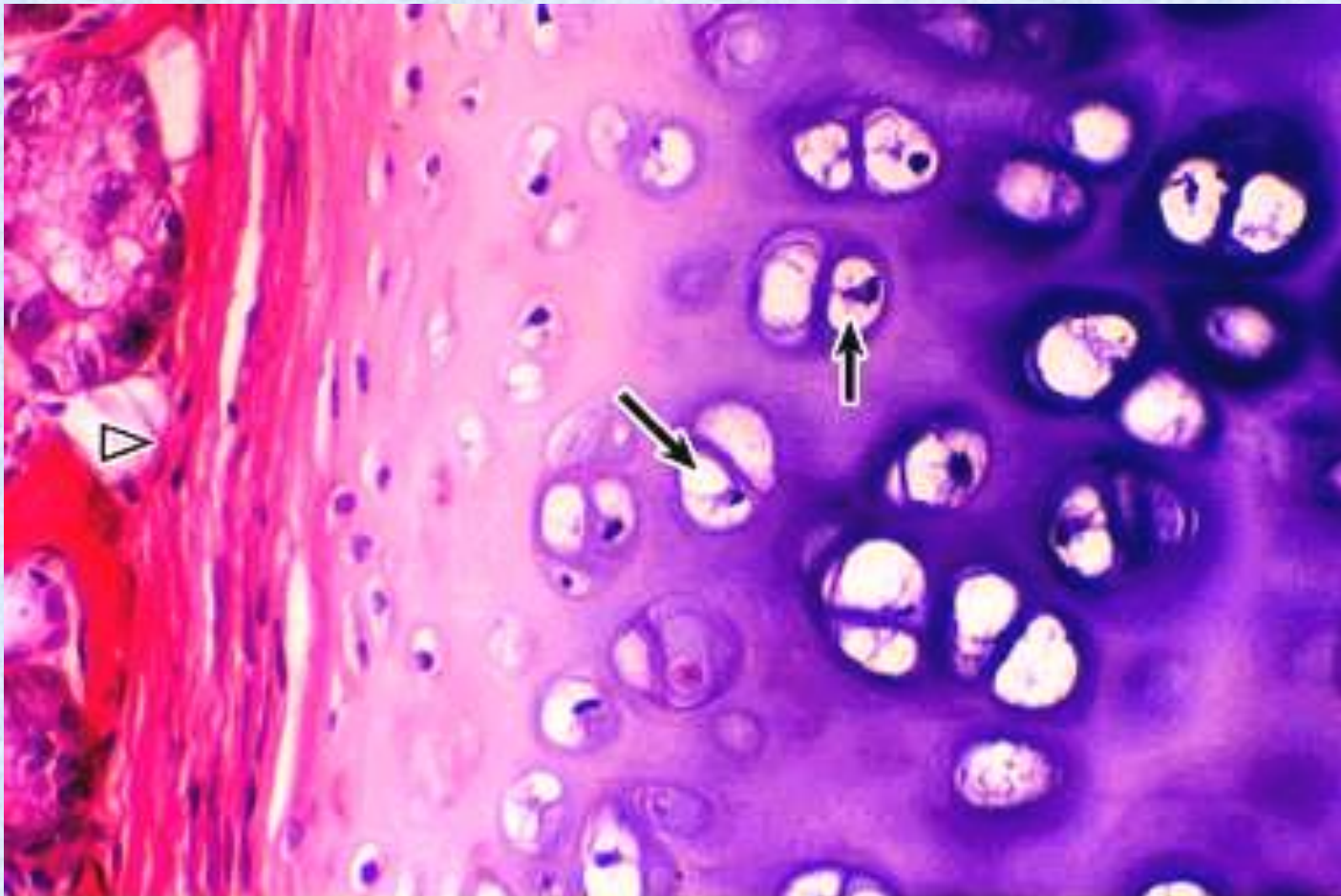




## 2.1 透明软骨 (hyaline cartilage)

基质：软骨蛋白多糖(以硫酸软骨素、硫酸角质素为主)，含胶原原纤维

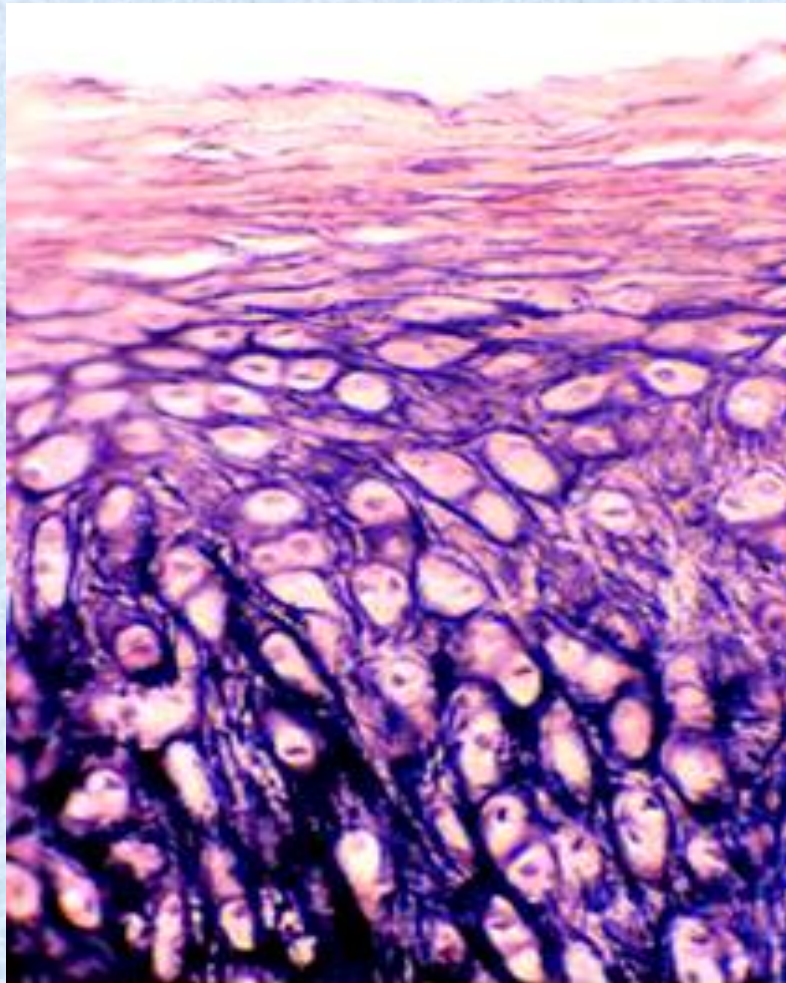
如：肋软骨、鼻、喉、气管环及关节面软骨。



## 2.2 弹性软骨 (elastic cartilage)

间质以弹性纤维为主，  
交织成网状。

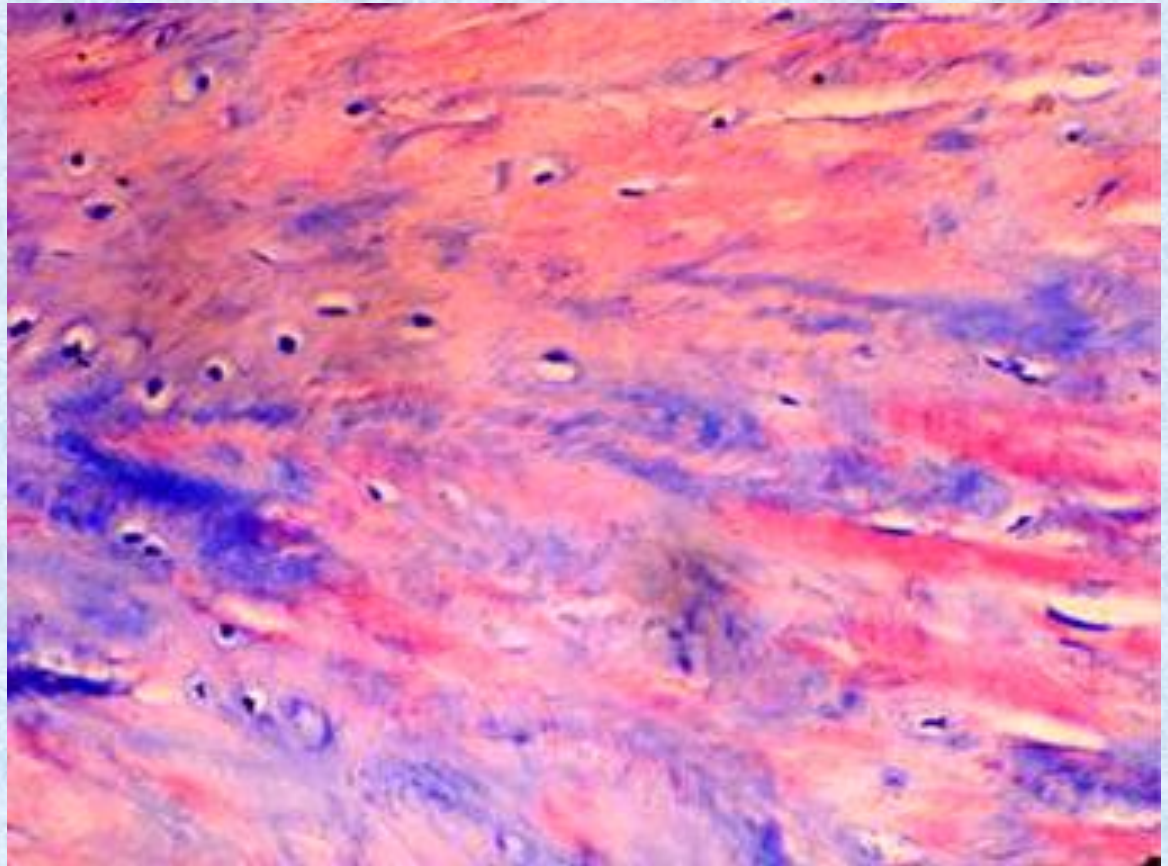
构成耳廓、会厌软骨、  
楔状软骨等。



## 2.3 纤维软骨 (fibrocartilage)

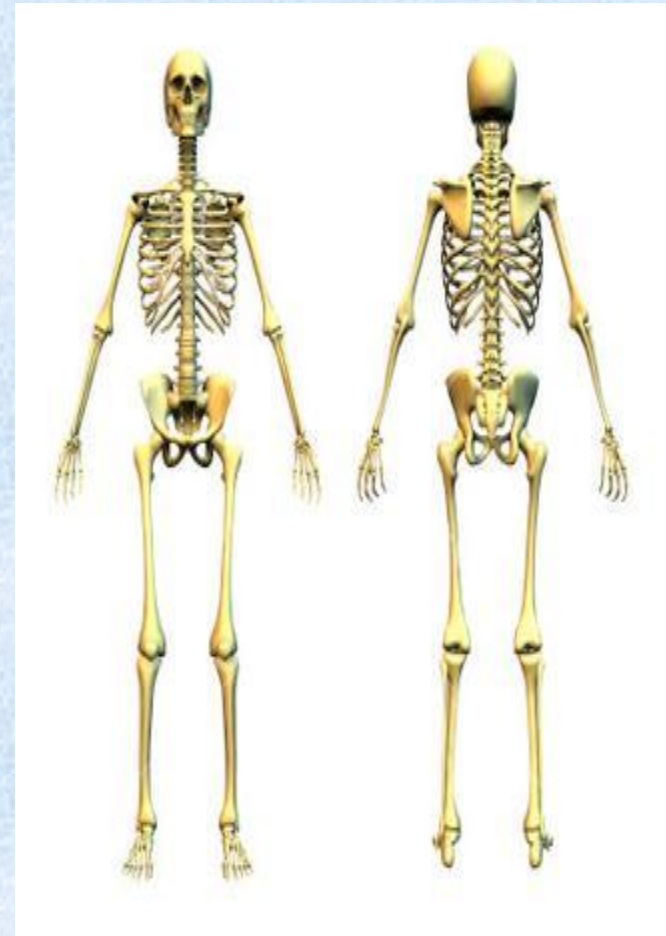
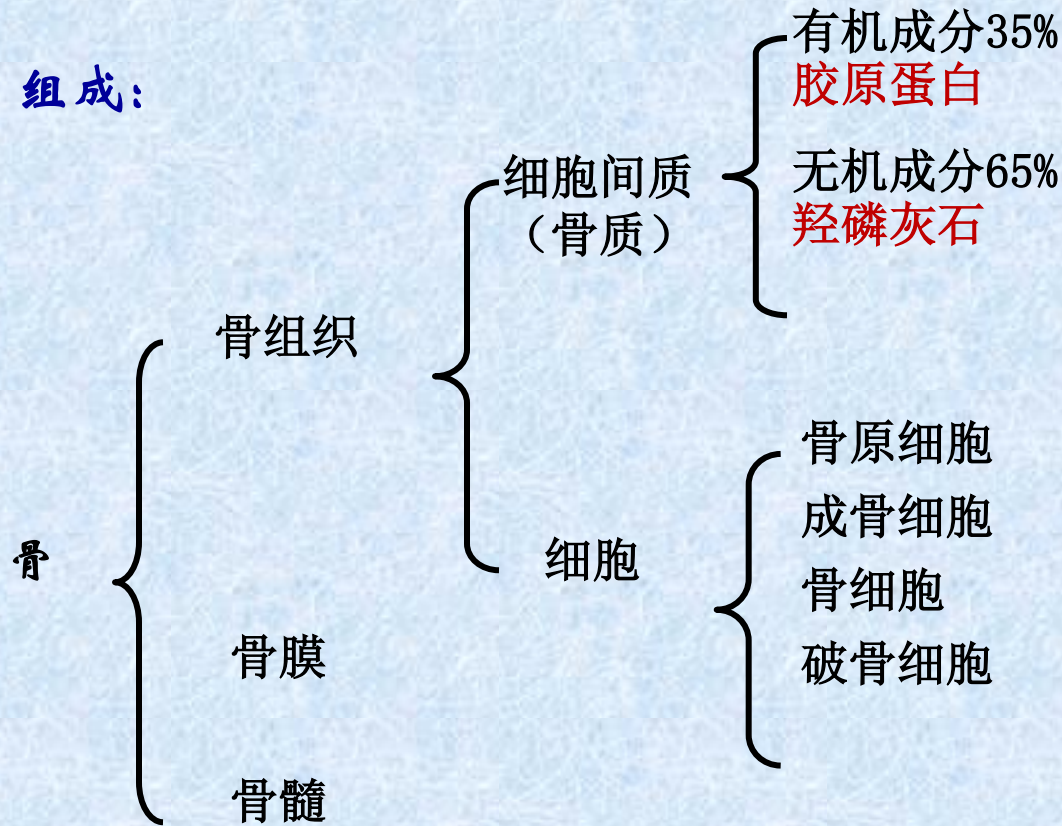
间质含大量胶原纤维束平行或交织成网。

分布于椎间盘、关节盘、肌腱韧带与骨连接处。



### 3、骨组织 Osseous tissue

组成:

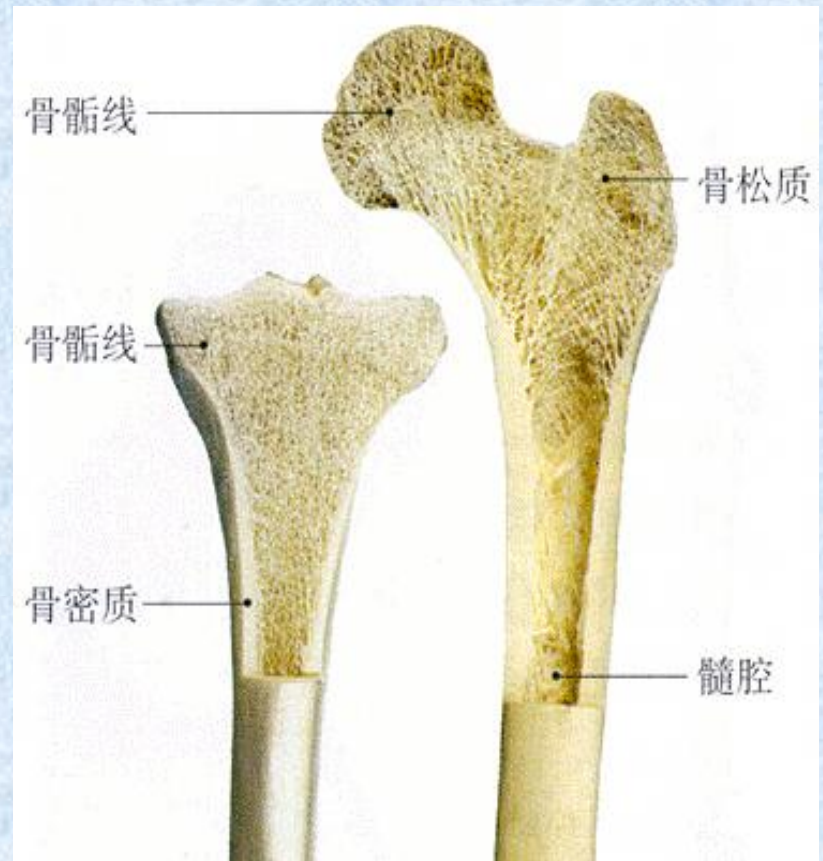
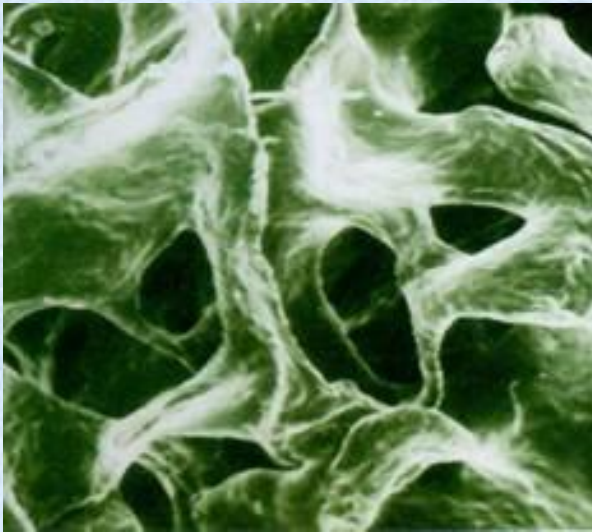


功能: 支持作用; 参与机体的钙磷代谢

### 3.1 骨质

骨质包括**骨松质**（spongy bone）和**骨密质**（compact bone）

**骨松质：** 针状或片状骨小梁构成多孔网架结构，网眼充满了红骨髓。



# 骨密质

环骨板

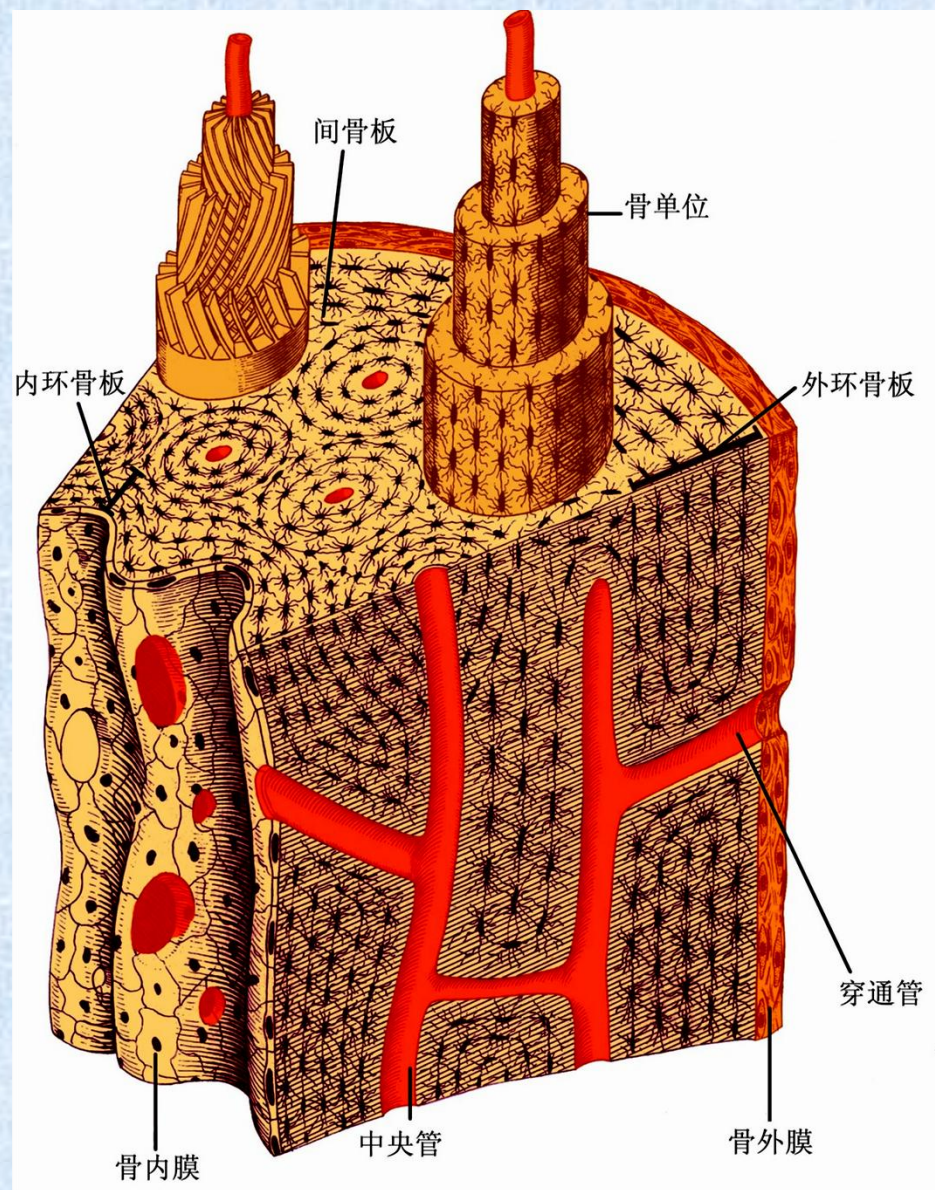
内环骨板

外环骨板

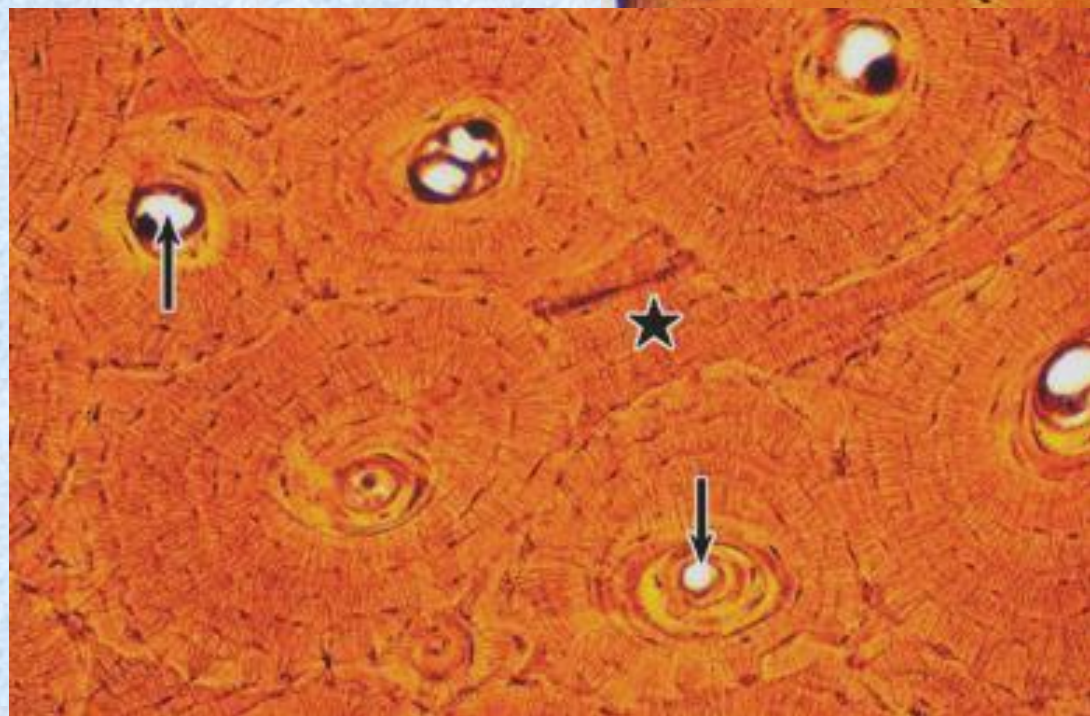
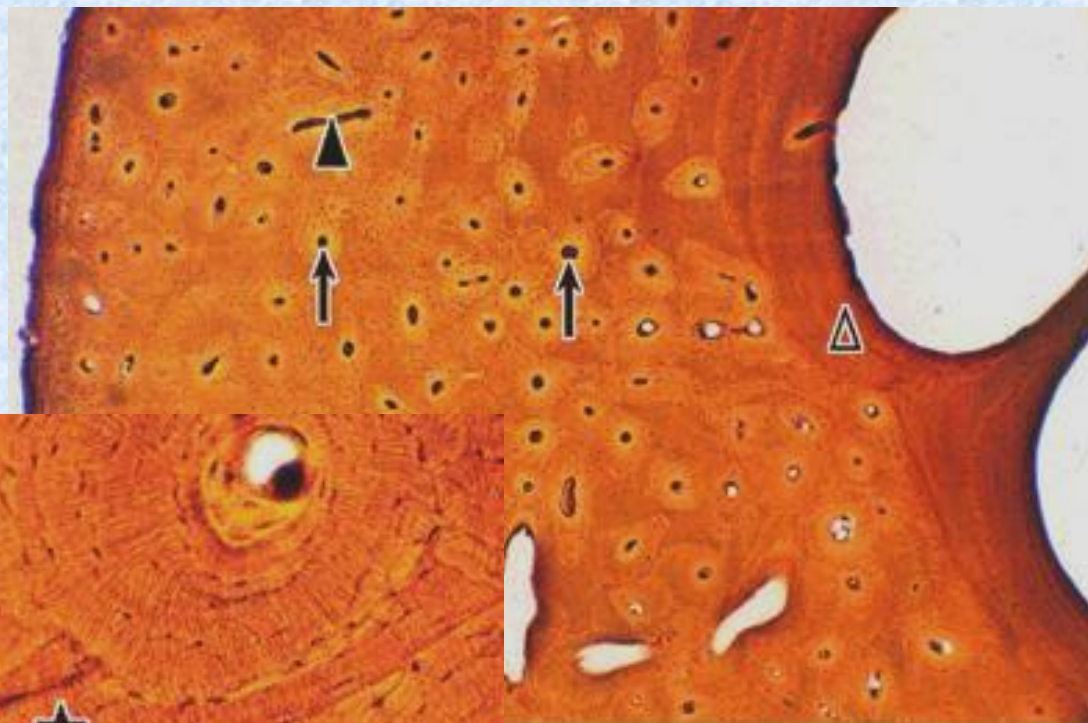
骨单位：10—20层骨板呈同心圆排列  
(哈弗氏系统)

▲中央管（哈弗氏管）、穿通管

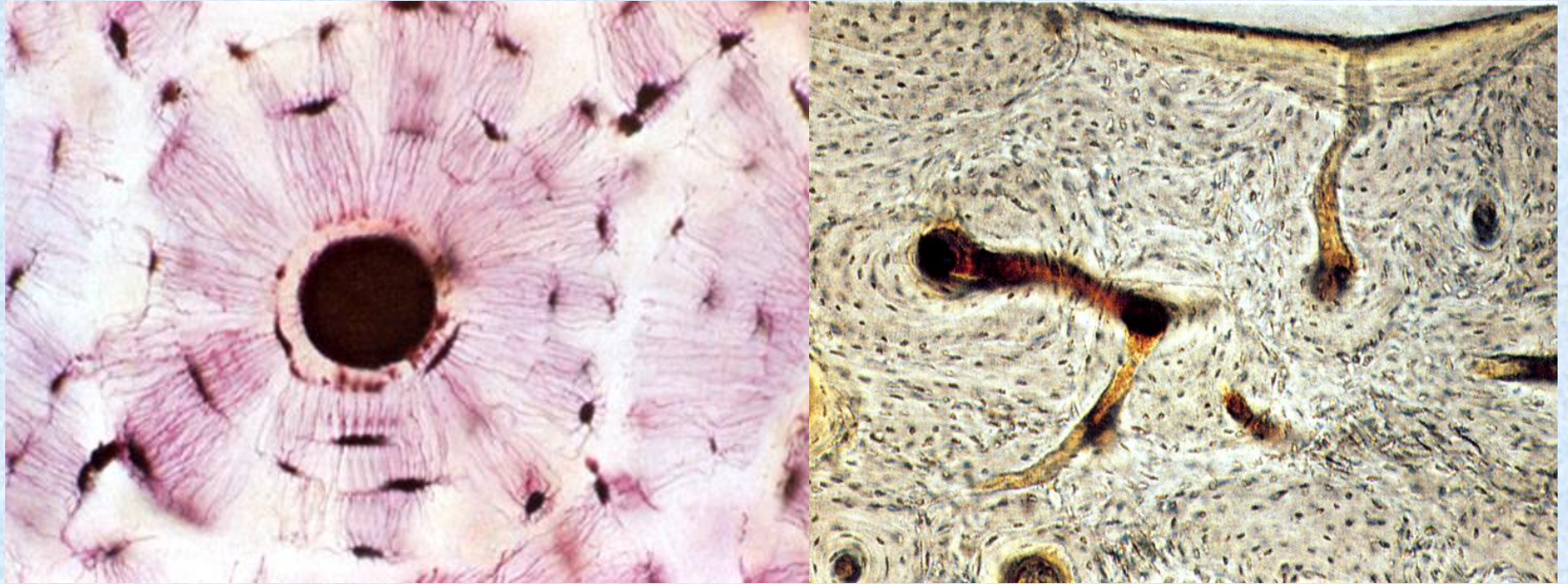
间骨板：老一代骨单位残余的不规则骨板



# 长骨横切



# 中央管、穿通管





## 3.2 细胞

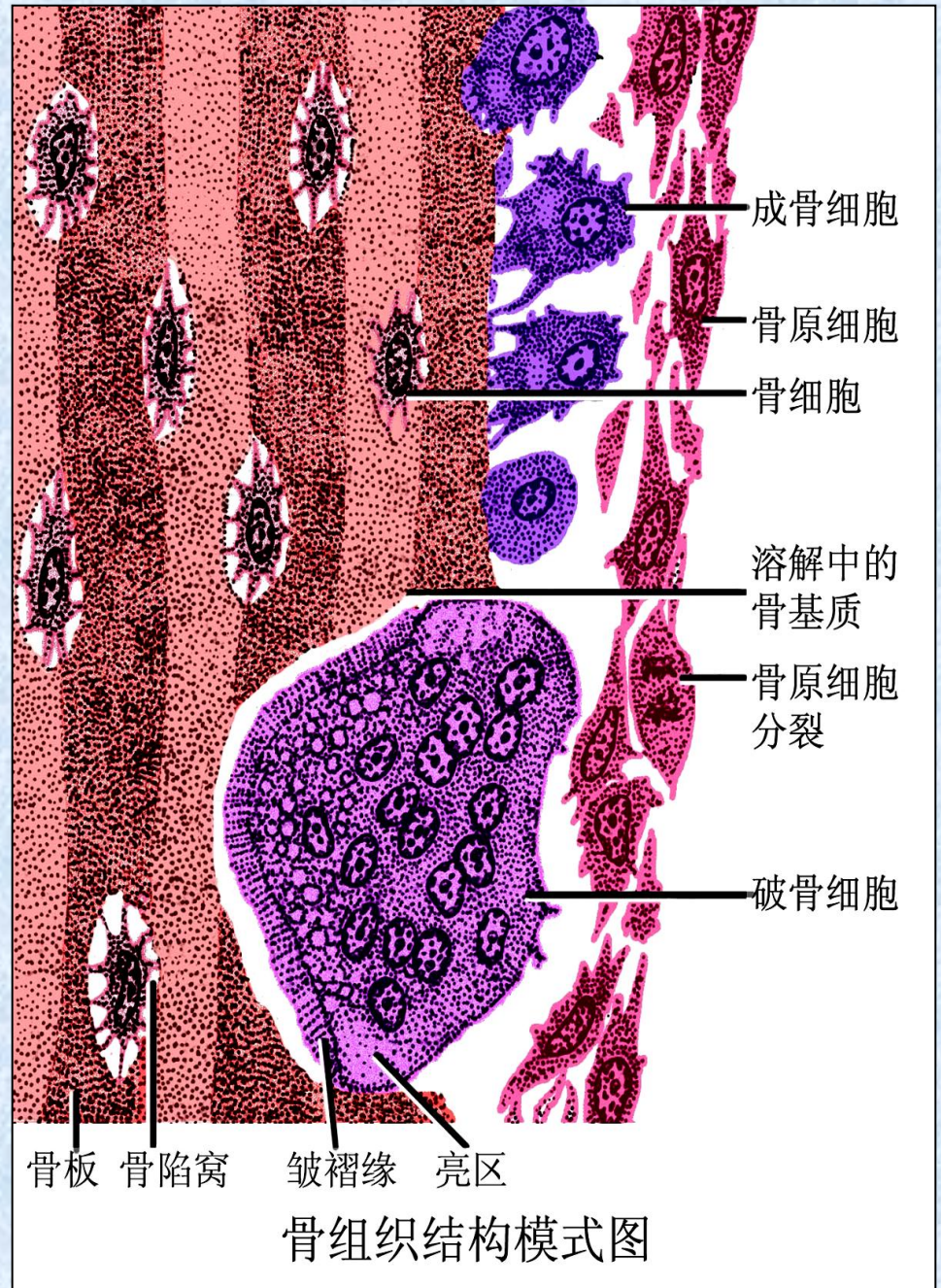
### 3.2.1 骨原细胞 (osteogenic cell)

位于骨外膜内层、骨内膜及中央管的腔面。

### 3.2.2 成骨细胞 (osteoblast) 位于骨组织表面

### 3.2.3 骨细胞 (osteocyte) 位于骨陷窝 (bone lacuna) 中

### 3.2.4 破骨细胞 (osteoclast) 骨质吸收部位的凹陷处



## 3.3 骨膜和骨髓

### 3.3.1 骨膜（致密结缔组织）

- 骨外膜(periosteum)

- ★外层：密集粗大的胶原纤维组成

- ★内层：富含小血管和细胞（骨原细胞）

- 骨内膜：(endosteum)： 富含血管、神经，有骨原细胞

### 3.3.2 骨髓

存在于长骨（如肱骨、股骨）的骨髓腔和扁骨（如髭骨、肋骨、胸骨、）以及脊椎等的松质骨间隙。

能产生血细胞的骨髓略呈红色，称为**红骨髓**。成人的一些骨髓腔中的骨髓含有很多脂肪细胞，呈黄色，且不能产生血细胞，称为**黄骨髓**。

