

# 第三章 人体感觉

## 感觉(sensation)

客观事物刺激人体后在人脑产生的主观反映。

### 感觉的形成

- 感受器和感觉器官将外界刺激转变成生物信号
- 感觉信息向高位中枢的传入
- 中枢的感觉信息整合分析与感知觉的产生

### 感觉的三大特性

- 感觉具有特异性（定性）
- 感觉具有强弱（定量）
- 感觉通常具有明确的位置感（定位）

## 本章内容：

第一节 概 述

第二节 视 觉 器 官

第三节 听 觉 器 官

第四节 其 它 感 觉

第五节 感觉信息的传导与中枢定位

# 第一节 概 述

## 一、感受器与感觉器官

**感受器** 是指分布在体表或组织内部的感受内、外环境某种刺激而产生兴奋，并将刺激能量转化为传入神经冲动的结构，是一种能量转换器。

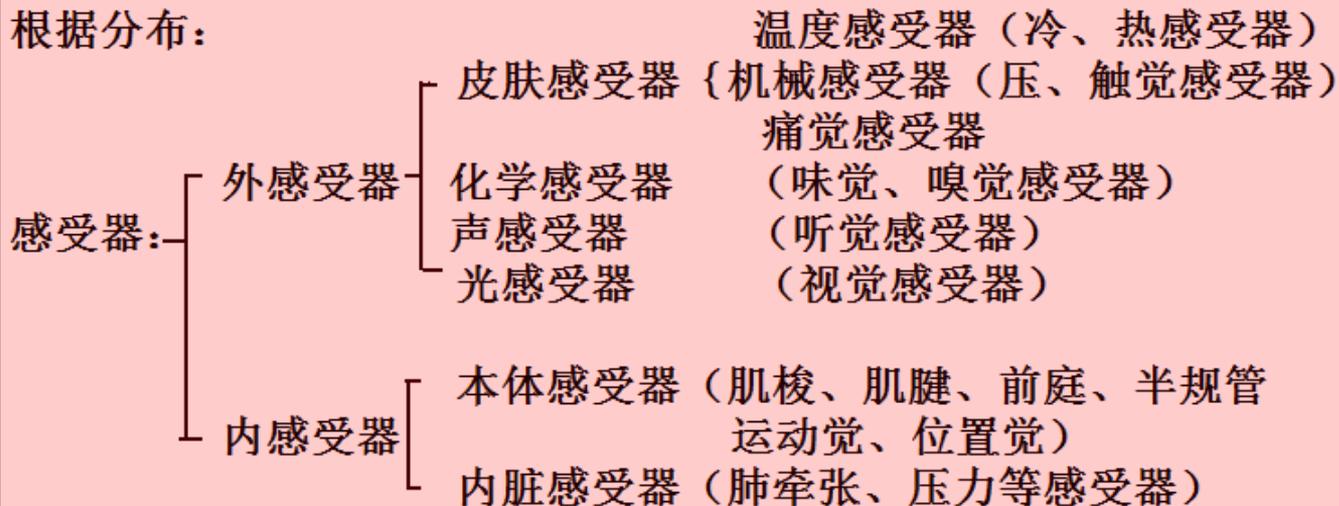
**感觉器官** 感觉器官是感受器及其附属结构的总称。又称感觉器或感官。

## 感受器的分类 与命名

根据感受器对刺激的敏感性：

- 1、化学感受器
- 2、痛感受器
- 3、温度感受器
- 4、机械感受器
- 5、光感受器

根据分布：



感觉类型	感受器名称	感觉类型	感受器名称
视觉	视杆、视锥细胞	位置和运动觉	神经末梢
听觉	毛细胞	肌肉长度	肌梭
嗅觉	嗅神经元	肌肉张力	腱器官
味觉	味蕾、味感受细胞	动脉血压	神经末梢
旋转加速度	半规管中毛细胞	肺扩张	神经末梢
直线加速度	前庭毛细胞	头部血流温度	下丘脑神经元
触-压觉	meisner, ruffini pacinian, 小体、 神经末梢	动脉氧分压	颈动脉主动脉体
痛觉	游离神经末梢	脑脊液PH值	延髓腹外侧感受器
冷觉	神经末梢	血浆葡萄糖	下丘脑感受细胞
热觉	神经末梢	血浆渗透压	下丘脑前部细胞

## 二、感受器生理

### 1、 对刺激的分析与感受 - 适宜刺激

一种感受器通常对特定的刺激形式最敏感，这种刺激形式称为该感受器的**适宜刺激**。

如： 眼：一定波长的光波  
耳：一定频率的声波

**感觉阈(阈值)** 能引起感觉传入冲动产生的最小的适宜刺激强度。

## 2、感受信息的产生 - 换能作用

感受器将刺激能量转变成成为传入神经上相应的神经冲动的的作用称为感受器的换能作用

适宜刺激→感受器→跨膜信号转换→感受器电位→传入神经→神经冲动(AP)。

### 感受器电位

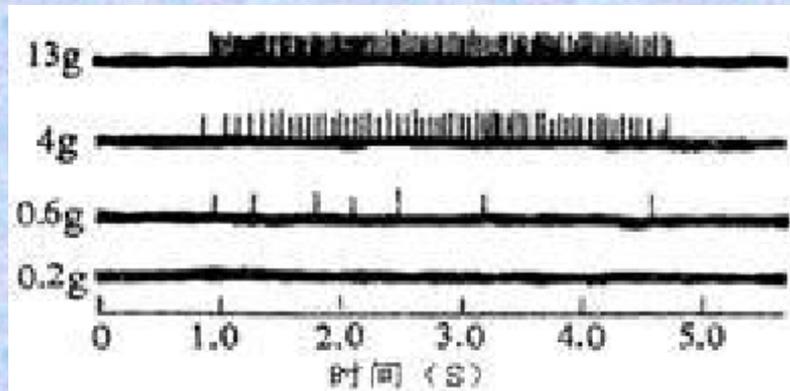
由刺激引起的感受细胞或感觉神经末梢上的局部电位变化称感受器电位或发生器电位

### 感受器电位的特性

- 1) 没有“全或无”的特征，幅度在一定范围内与刺激强度成正比；
- 2) 以电紧张的形式扩布。
- 3) 没有潜伏期

### 3、感受器对刺激的强弱分析 - 编码作用

感受器将不同强度的刺激转变成不同频率的传入神经冲动的过程称为**感受器的编码作用**。

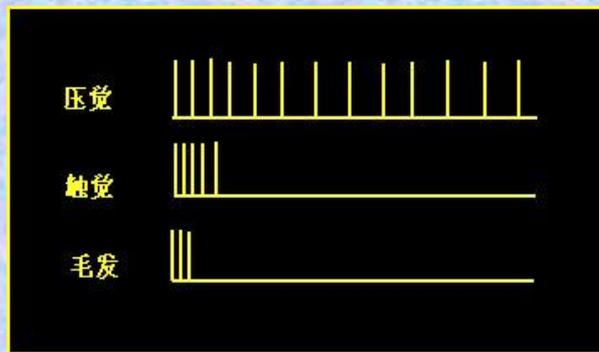


#### 4、感受器对持续刺激的反应 - 适应现象

当某一刺激强度不变而持续作用感受器时,感受器的反应逐渐降低或者消失的现象。

##### 类型

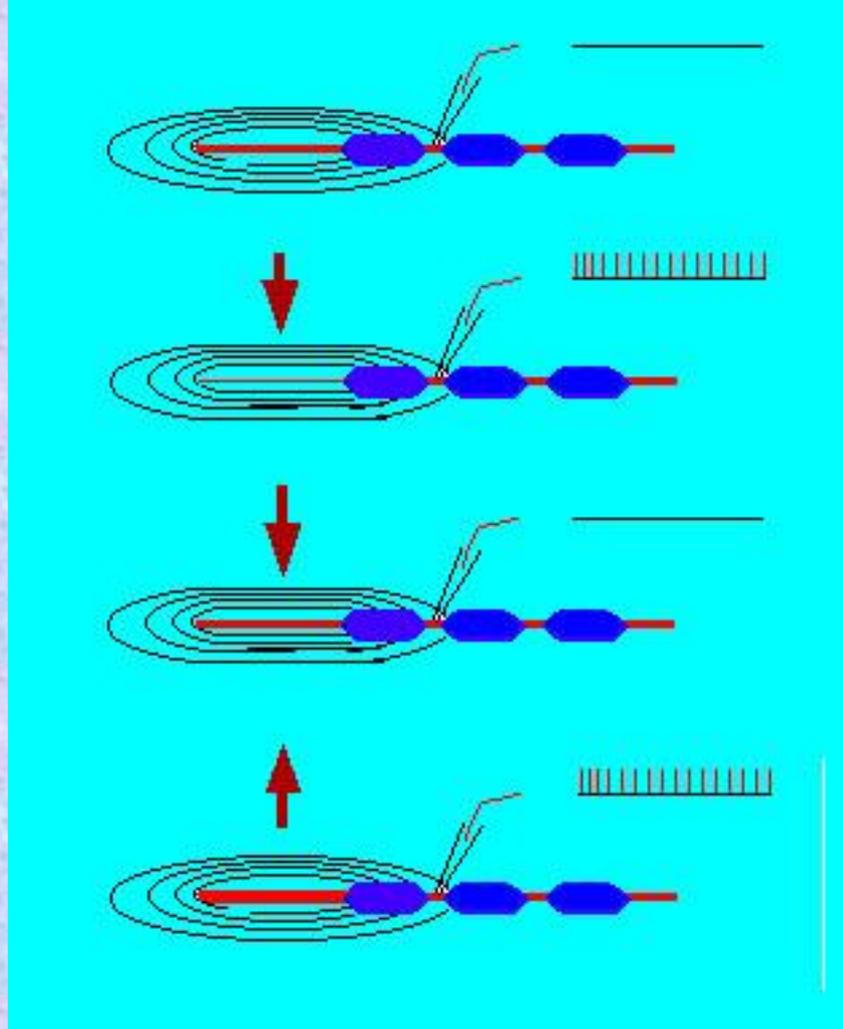
快适应  
慢适应



##### 意义

**快适应感受器**: 嗅觉、触觉。利于机体重新接受新刺激。

**慢适应感受器**: 痛觉、血压。利于机体进行持续检测, 以便随时调整机体的功能。



小结:

- 1、人能区分不同类型的刺激从而产生不同的感觉是因为某种感受器只对某种特定的刺激敏感（适宜刺激）。所以感受器又被称为分析器。
- 2、人能区分不同强度的刺激因为感受器将刺激的强度变化转变成不同频率的传入冲动（编码作用）。
- 3、人为何能精确定位感受的部位？

## 第二节 视觉器官

人90%以上的信息来源于视觉

### 一、眼的结构

眼是由**辅助结构**和**眼球**两部分构成。

#### 1、眼的辅助结构

**眼睑**

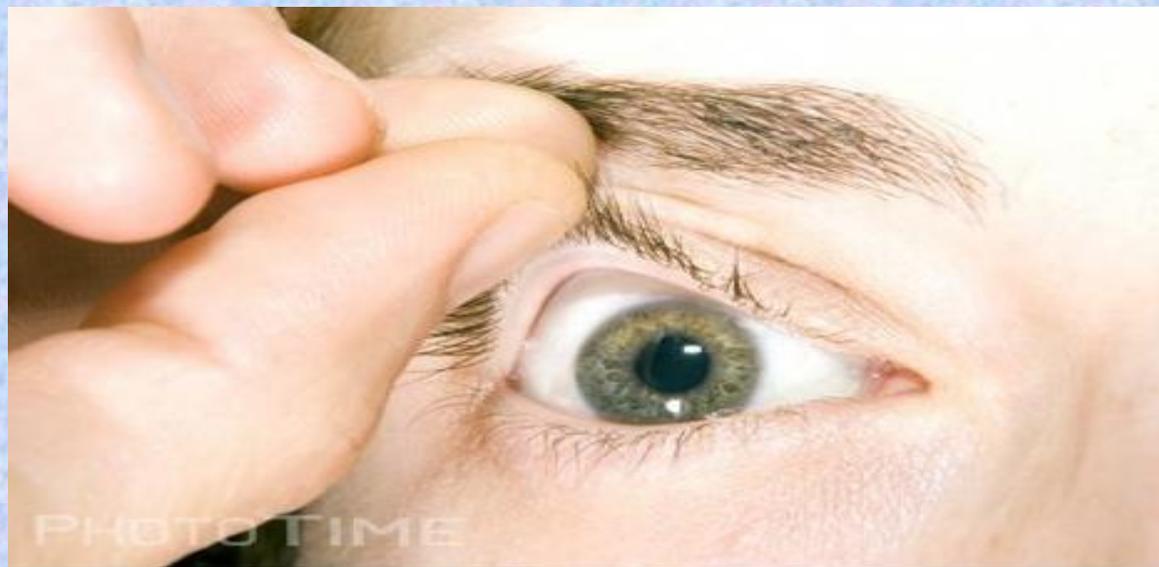
**泪器**

**眼外肌**

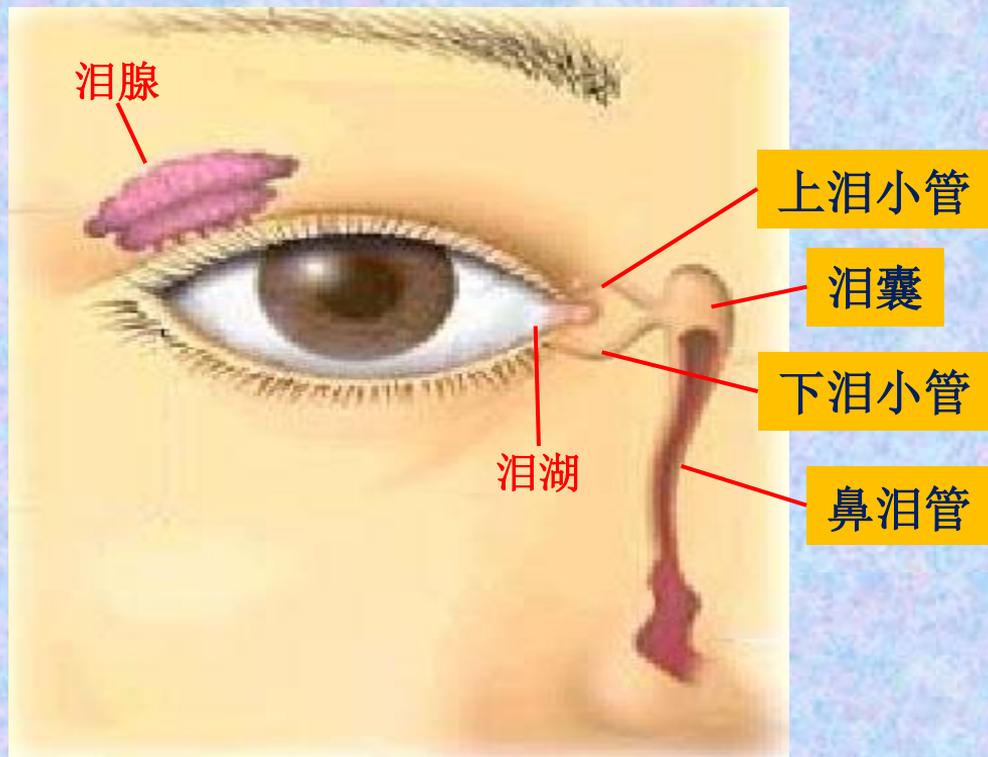


眼睑：

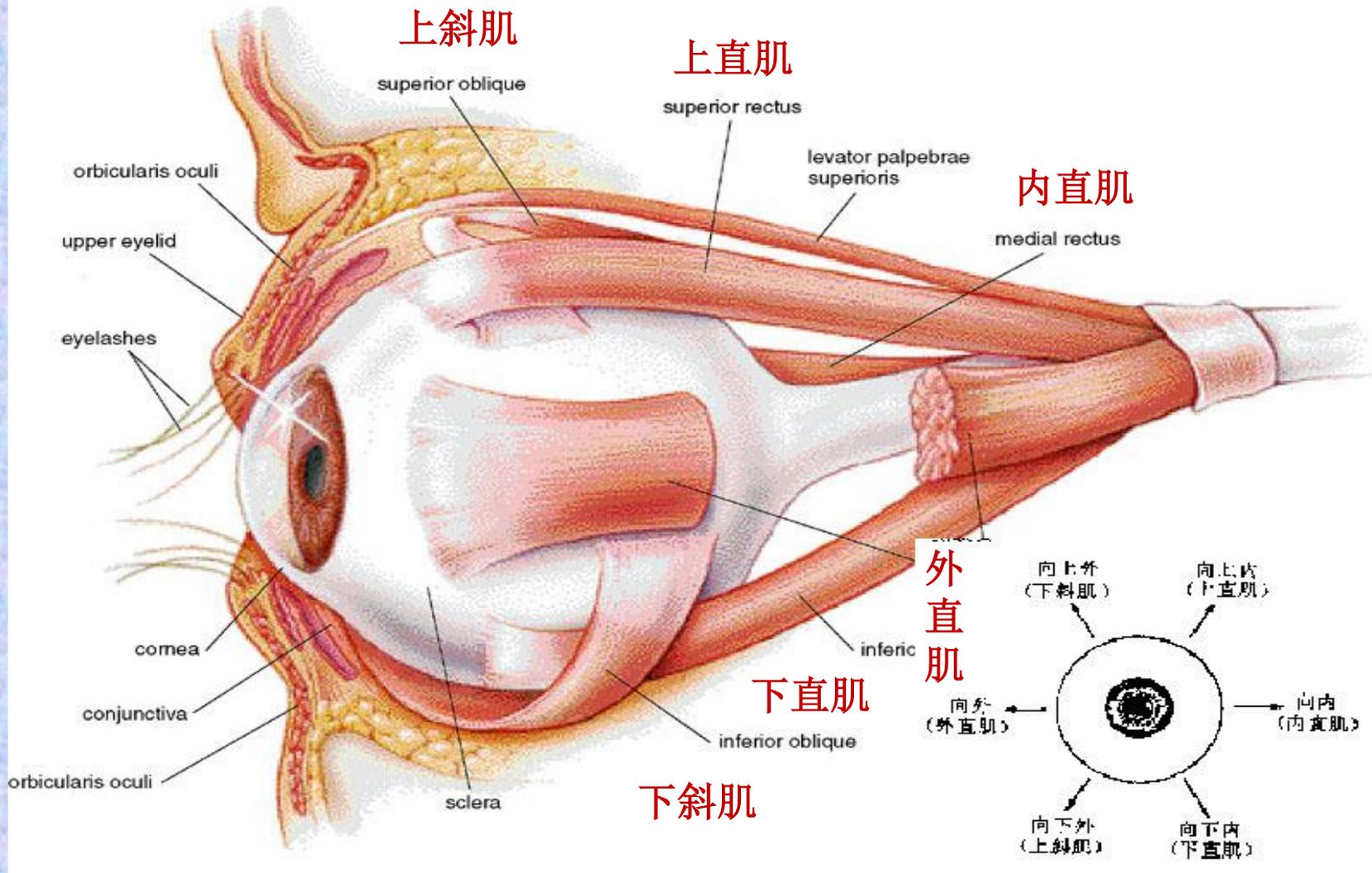
上眼睑  
下眼睑  
睑结膜  
球结膜



泪器：



# 眼肌:



## 2、眼球

由眼球壁和眼球内容物组成

### 2.1 眼球壁

外膜

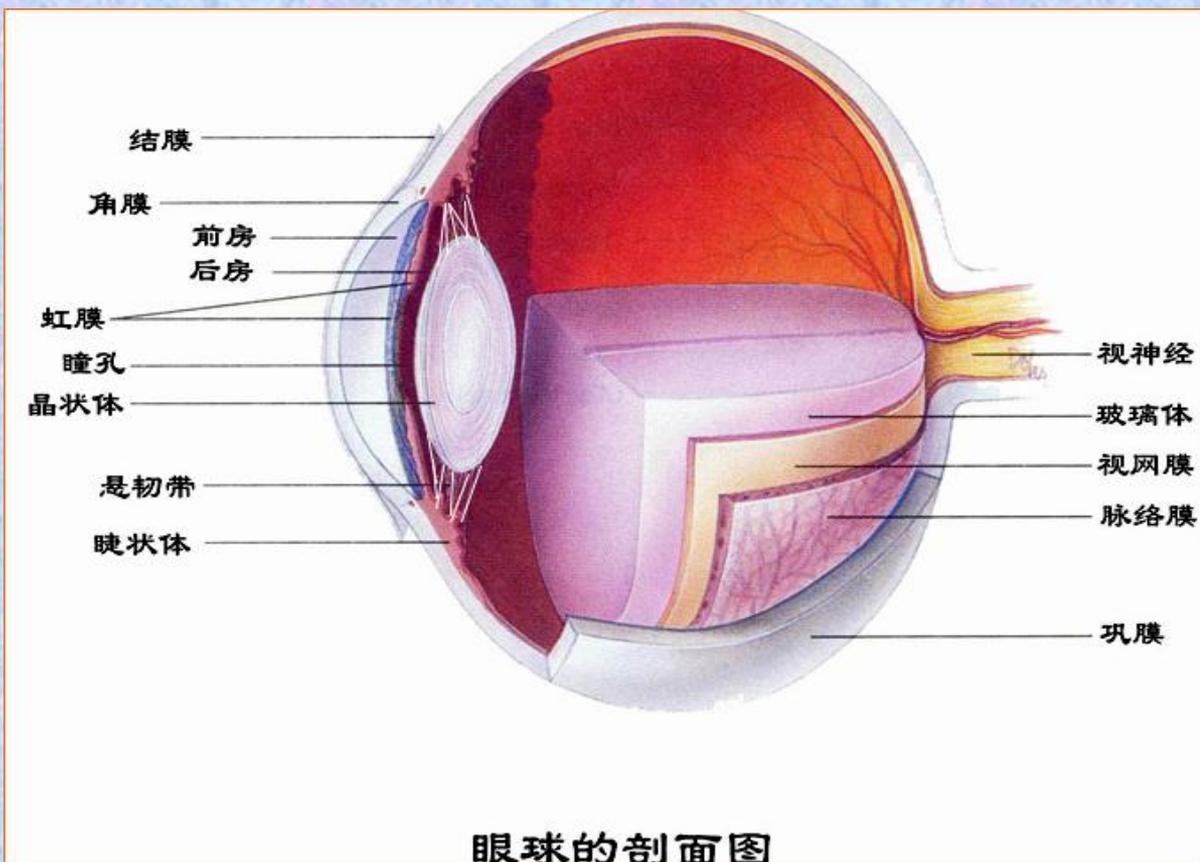
中膜

内膜

外膜

角膜 前1/6，透明。

巩膜 后5/6，不透明，  
致密结缔组织形成的纤维膜，  
维持眼球形状。



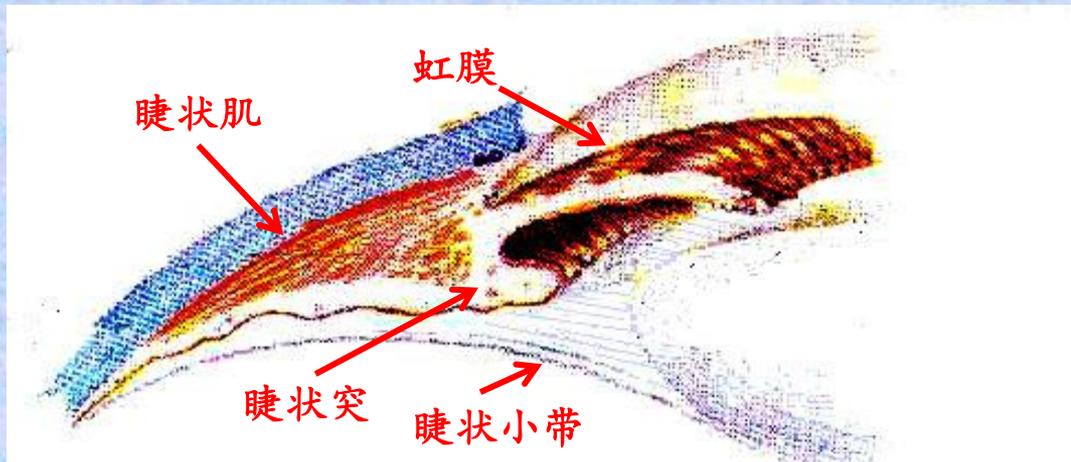
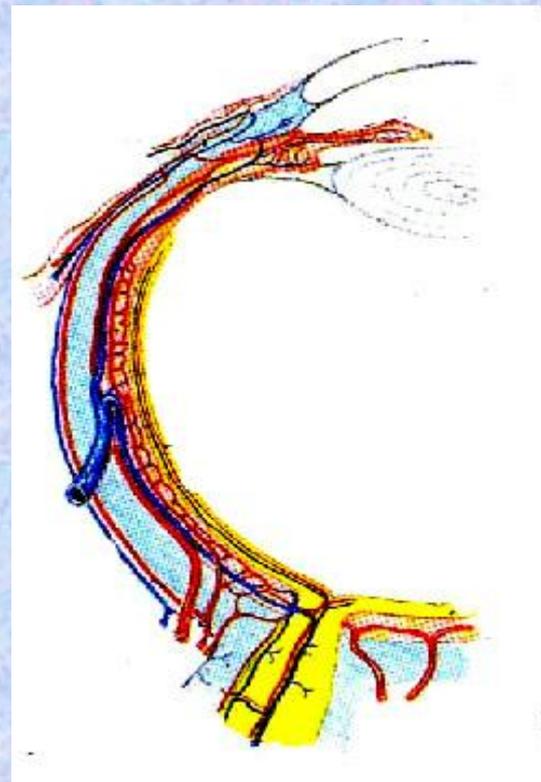
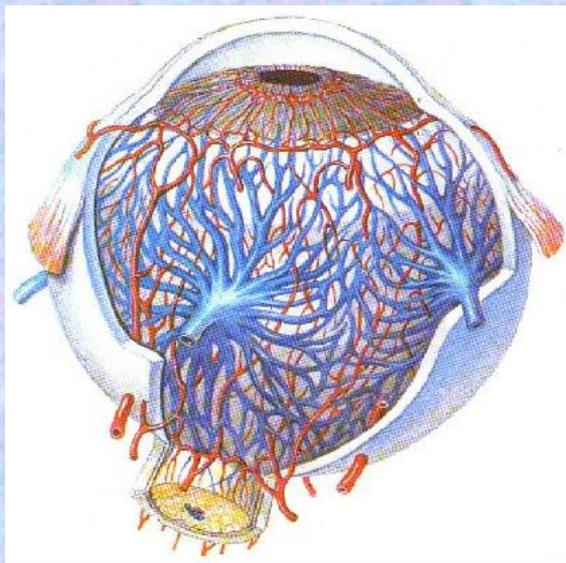
眼球的剖面图

# 中膜

虹膜

睫状体

脉络膜



# 内膜 (视网膜)

## ① 视网膜细胞

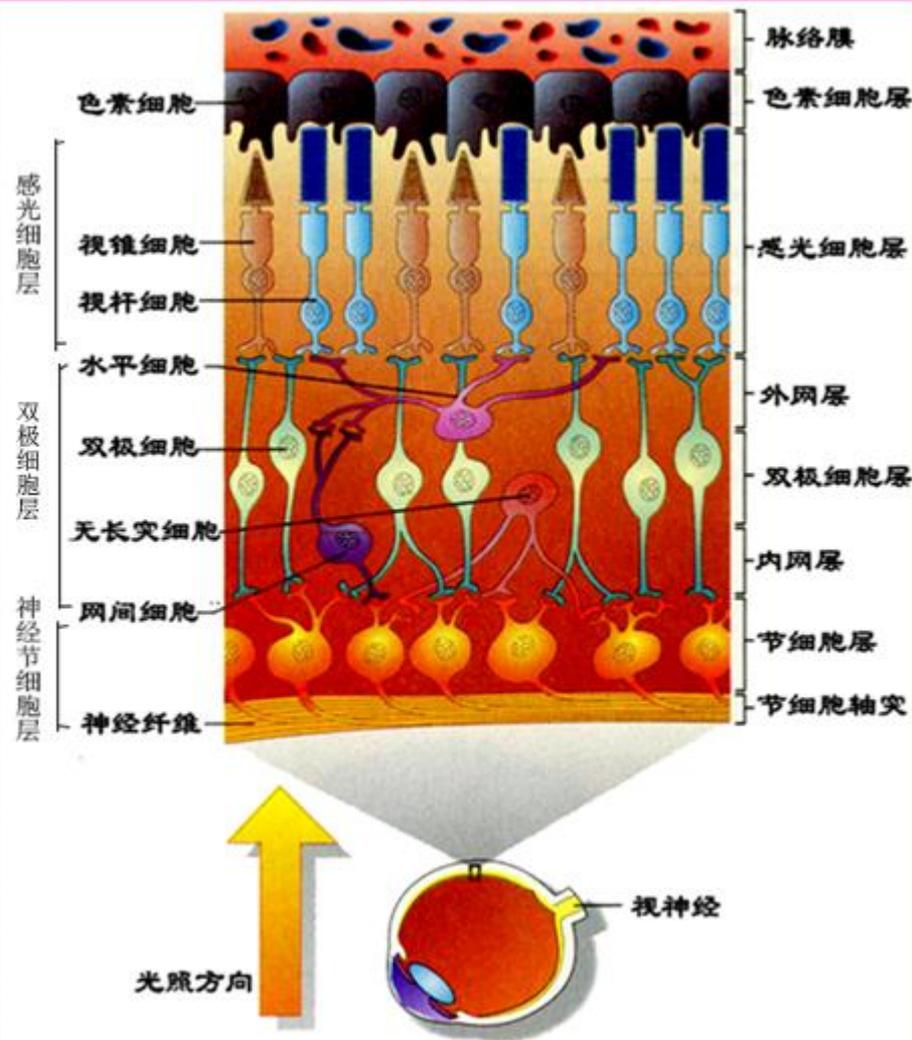
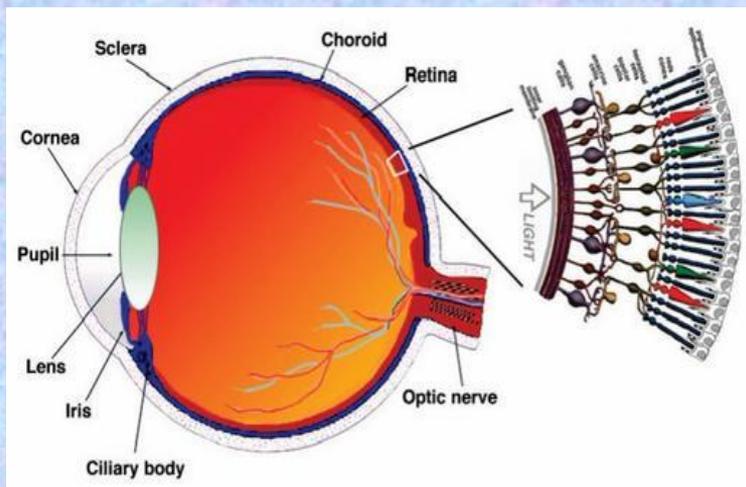
感光细胞层

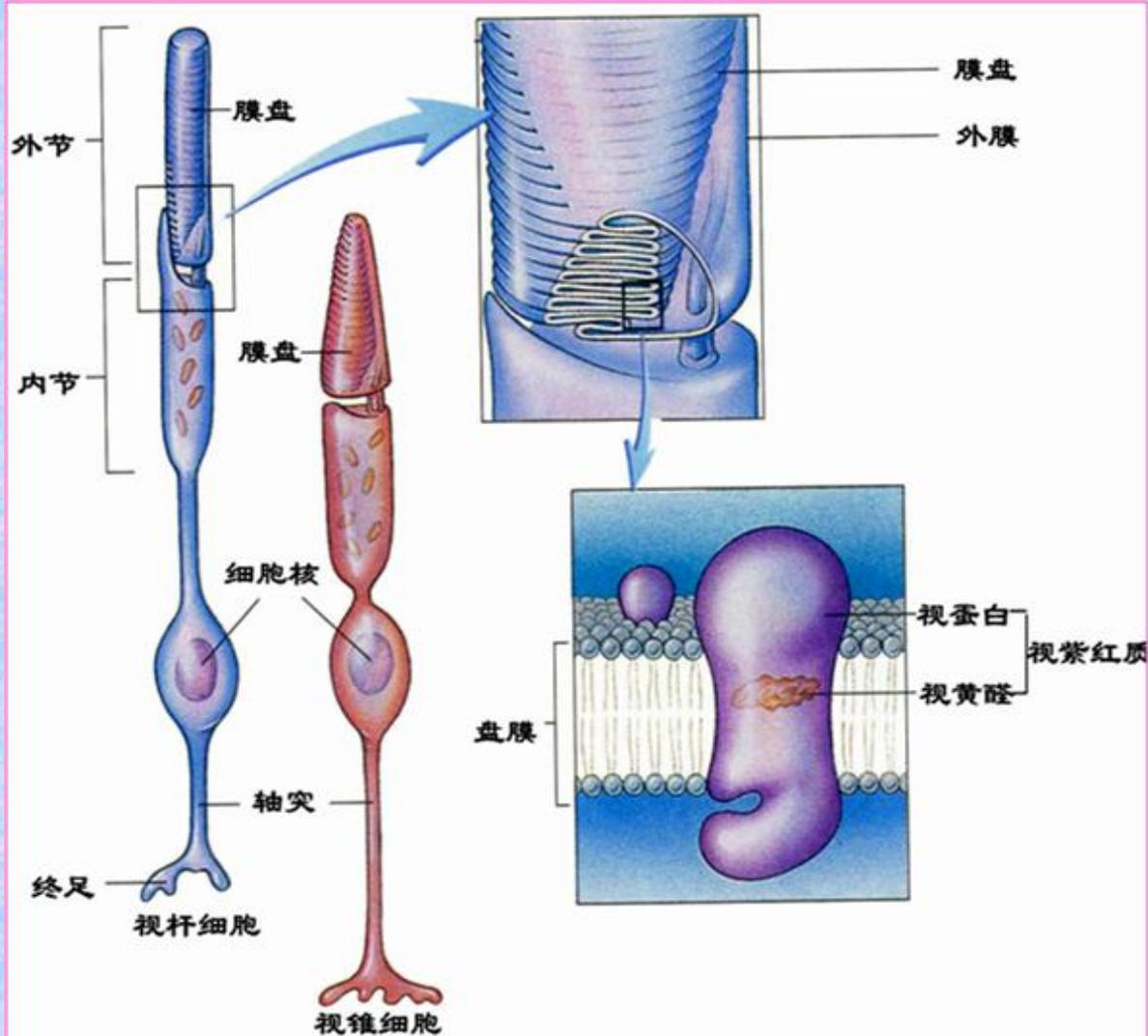
视锥细胞

视杆细胞

双极细胞层

神经节细胞层

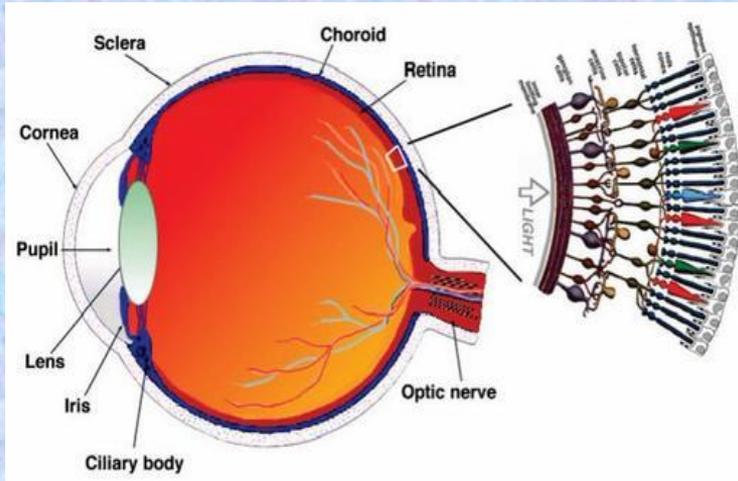




一个视杆细胞外段  
 含近千个视盘（双分子层围成的囊），每个视盘含100万个视紫红质，每个视紫红质的分子量为  
 27000-28000

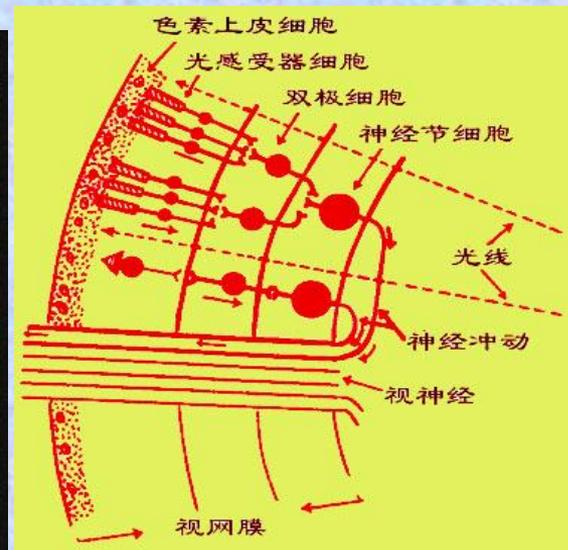
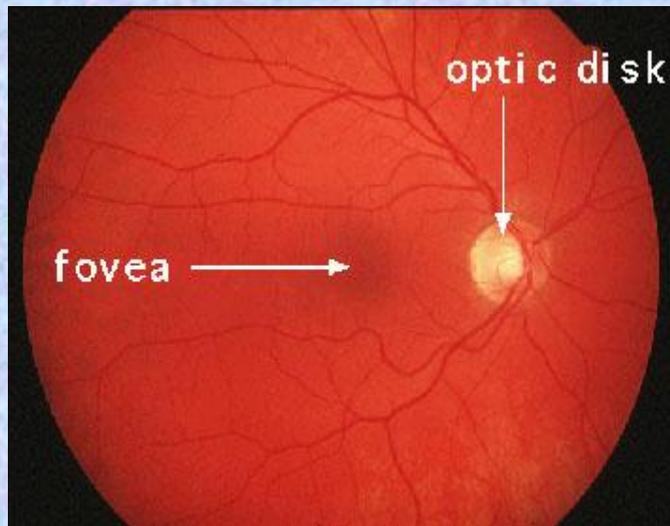
## ② 视神经乳头 (视盘)

是视神经穿出眼球壁的部位，该处没有感光细胞



## ③ 黄斑

是视锥细胞最密集的地方，视觉敏感度最高。



## 2.2 眼球内容物

### 晶状体

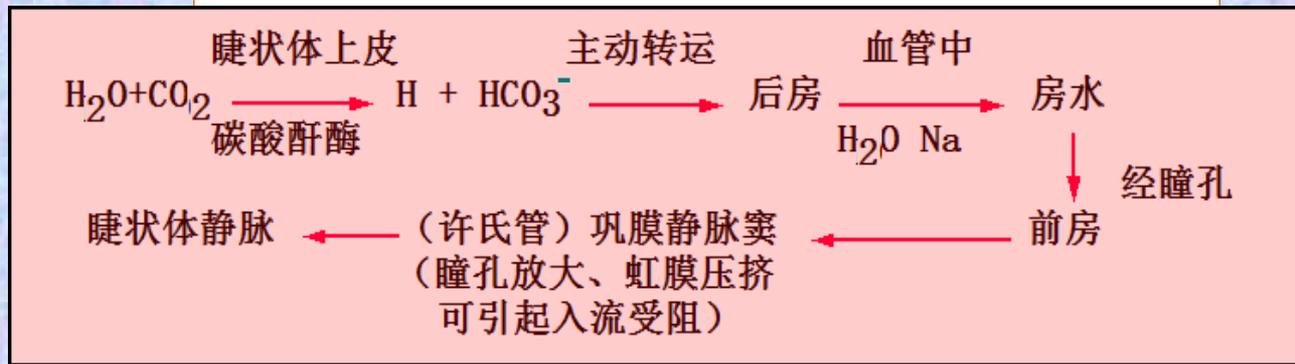
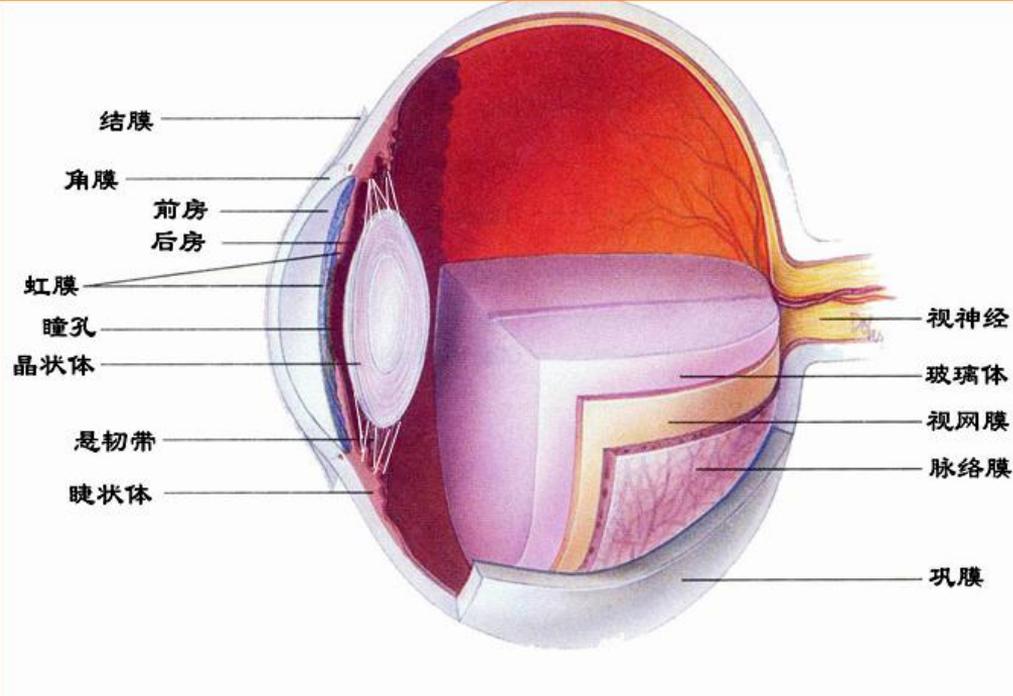
主要的屈光结构

### 房水

眼房内流动的液体，营养角膜。

### 玻璃体

填充于眼球内的胶状物质，维持眼球形状，支持视网膜





## 二、眼的折光与成像

### 1、光学原理

光线由一媒介进入另一媒介所构成的单球面折光体时，就会发生折射。折射能力( $F_2$ )的大小由该单球面折光体的曲率半径( $r$ )和折射率( $n_2$ )决定。

若空气的折射率 $n_1$ ，其关系式为：

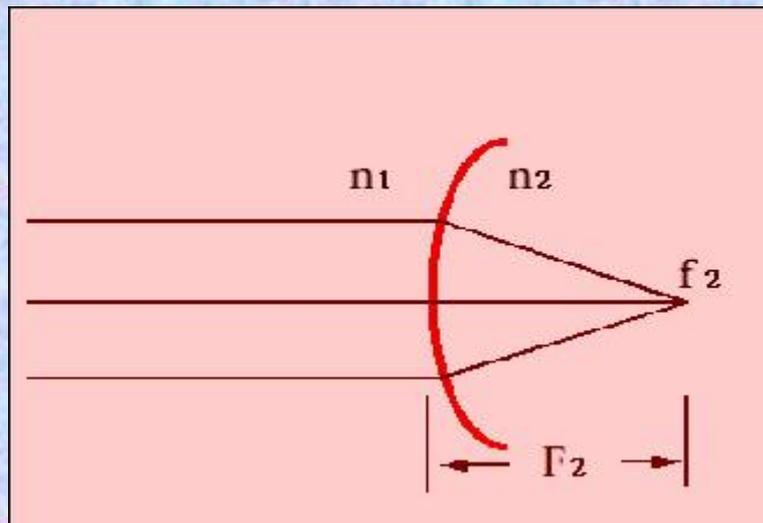
$$F_2 = \frac{n_2 \cdot r}{n_2 - n_1}$$

(后主焦距)

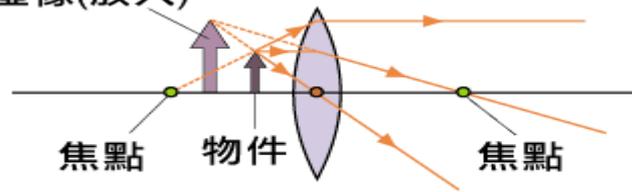
折光能力还可用焦度(D)表示：

$$D = 1/F_2$$

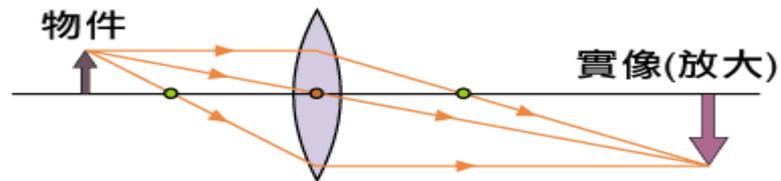
$$1D = 100\text{度}$$



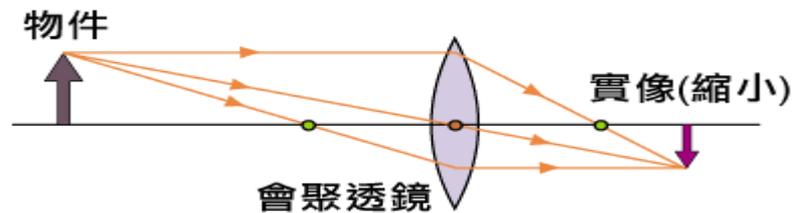
虛像(放大)



物件



物件

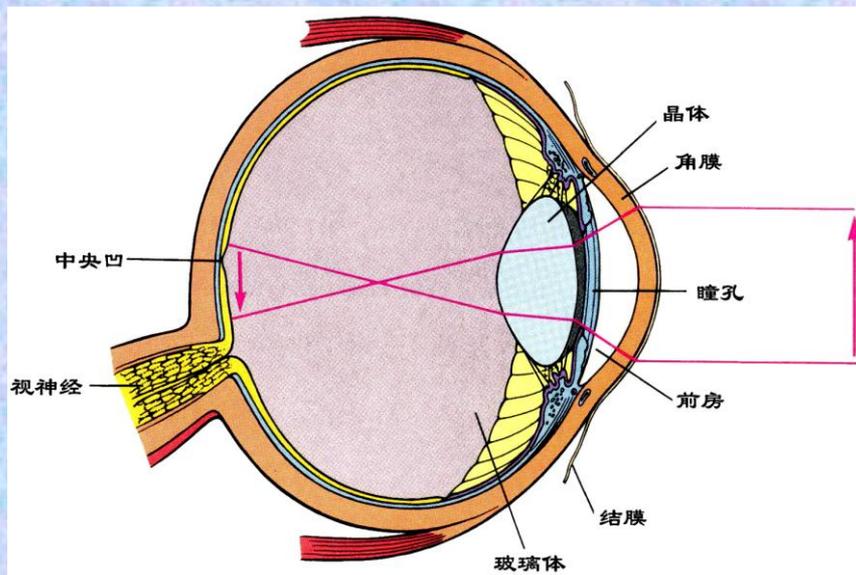


## 2、眼的折光系统和成像

### 2.1 折光系统

眼内折光系统的折射率和曲率半径

	空气	角膜	房水	晶状体	玻璃体
折射率	1.000	1.336	1.336	1.437	1.336
曲率半径				7.8(前) 6.8(后)	10.0(前) -6.0(后)

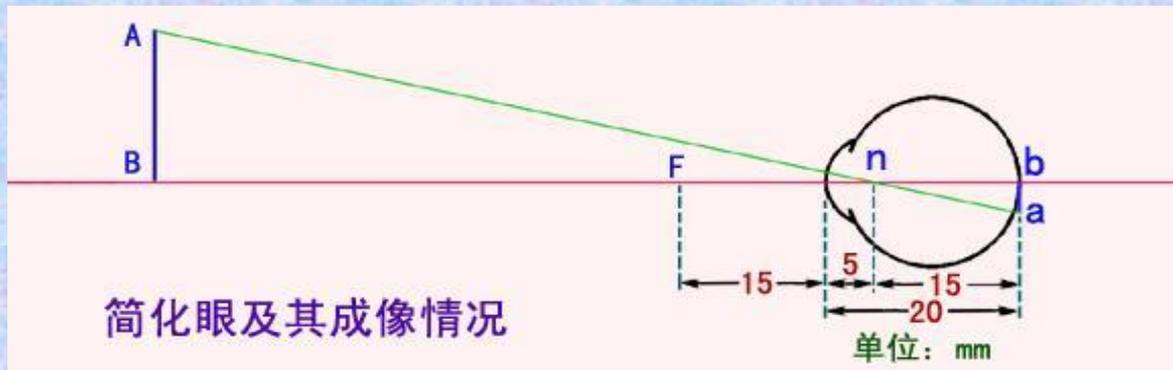


∴整体眼折光能力最强的是：空气-角膜界面。

∴当不戴潜水镜潜水时，水中视物模糊的原因是空气-角膜界面的折射率↓所致。

## 2.2 简化眼

将眼球多重的折光系统等效成单一折光折光系统（单球面折光体：前后径为20mm, 折射率为1.333, 曲率半径为5mm, 节点(n, 光心)在角膜后方5mm处, 前主焦点在角膜前15mm处, 后主焦点在节点后15mm处）。



简化眼中的AnB和anb是对顶相似三角形。如果物距和物体大小为已知，可算出物像及视角大小。

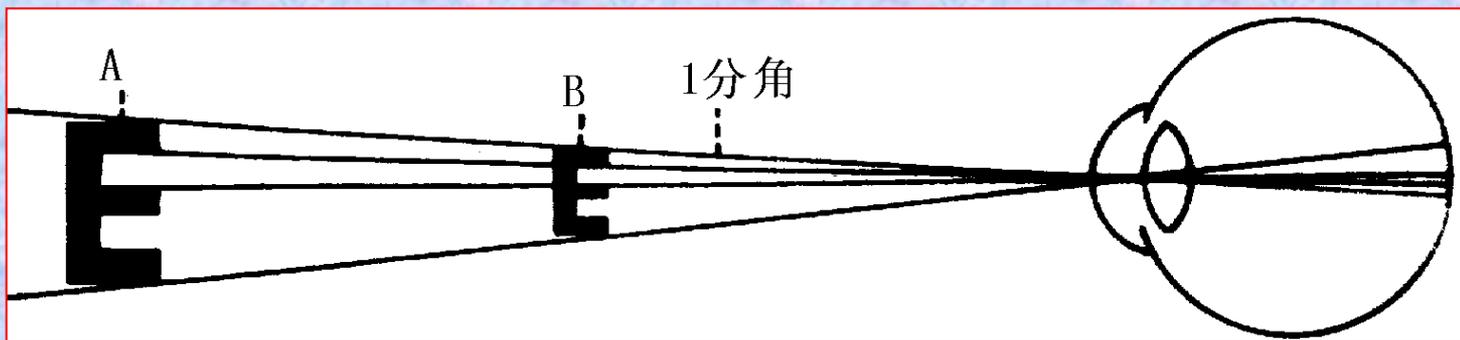
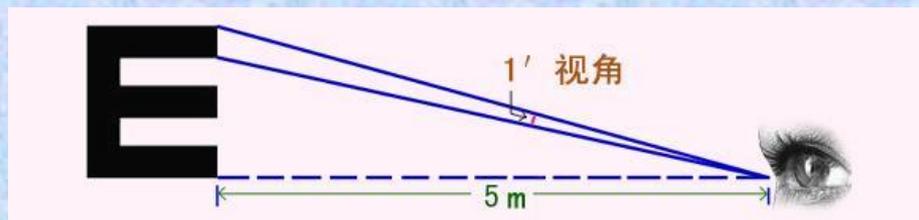
## 2.3 视敏度(视力)

**概念** 指人眼分辨精细结构的能力。

在光照良好的情况下，视角为1分角的两点，在正常眼视网膜上的物像 $\geq 5 \mu\text{m}$ ，可分别刺激不相邻的两个感光细胞（视锥细胞的直径约 $4.4 \mu\text{m}$ ），能清晰地分辨出两点。

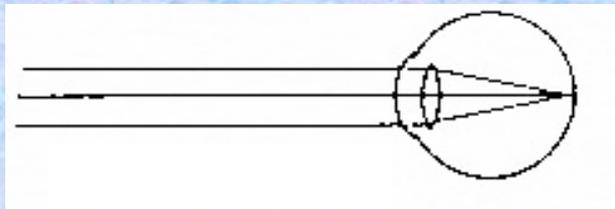
视角 =  $1' = 1.0 (5.0)$

视角 =  $10' = 0.1 (3.3)$

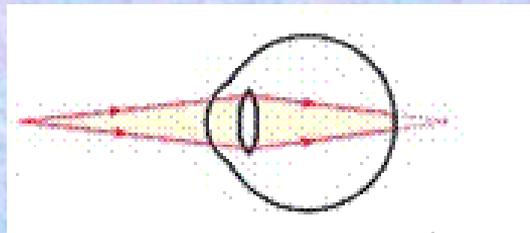


### 3、眼的折光调节

如前简化眼所述,当看**6m**以外的物体时,远物发出的光线( $\approx$ **平行光线**)入眼后,折射聚焦、**成像在视网膜上**,看清远物。



但当看**6m**以内的近物时,近物发出的光线(**辐射状**)入眼后,折射聚焦、应**成像在视网膜之后**,视物模糊不清。

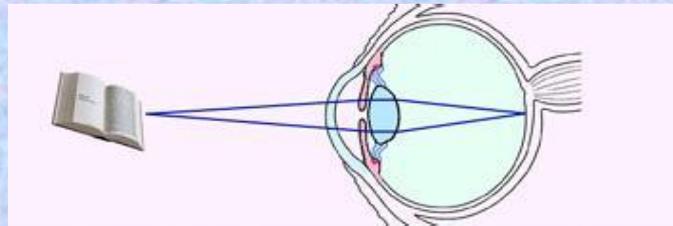


若需看清近物,就需要眼的调节,眼的视物调节包括:

**晶状体调节**

**瞳孔调节**

**眼球会聚**



### 3. 1. 晶状体调节

物像落在视网膜后

↓ 皮层-中脑束

视物模糊

↓ 中脑正中核

↓ 动眼神经副交感核

↓ 睫短N

睫状肌收缩

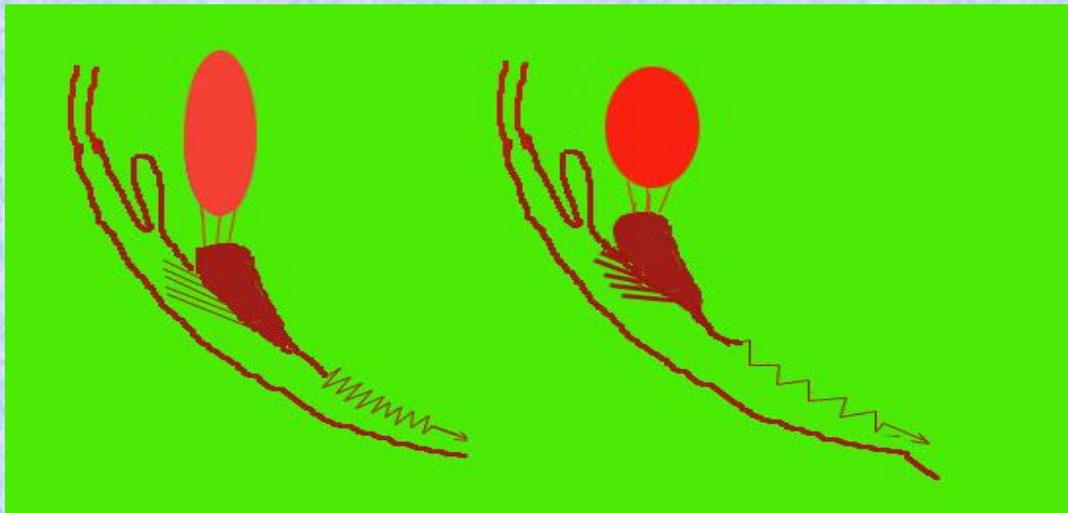
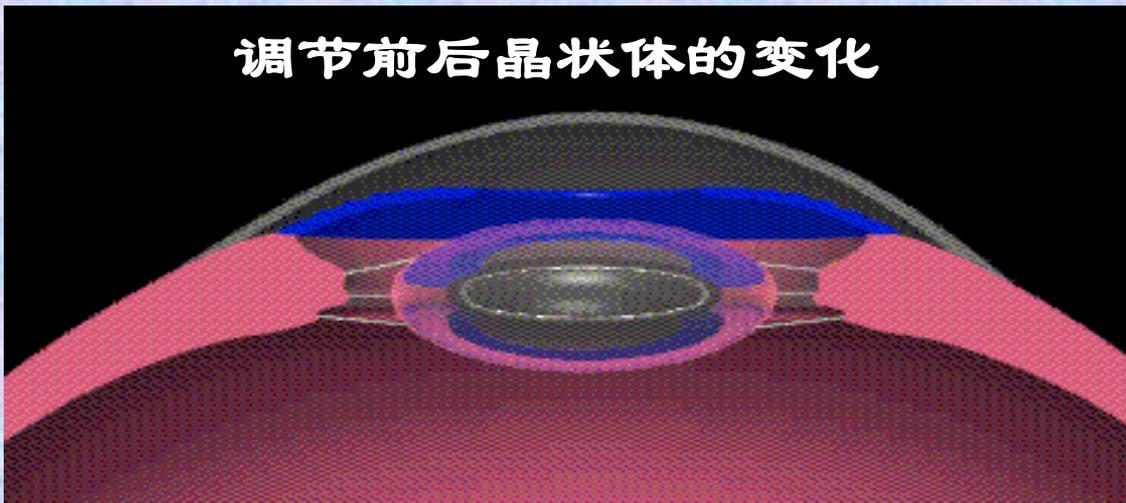
↓ 悬韧带松弛

晶状体前后凸

↓ 折光能力↑

↓ 物像落在视网膜上

### 调节前后晶状体的变化



## 3.2 瞳孔调节

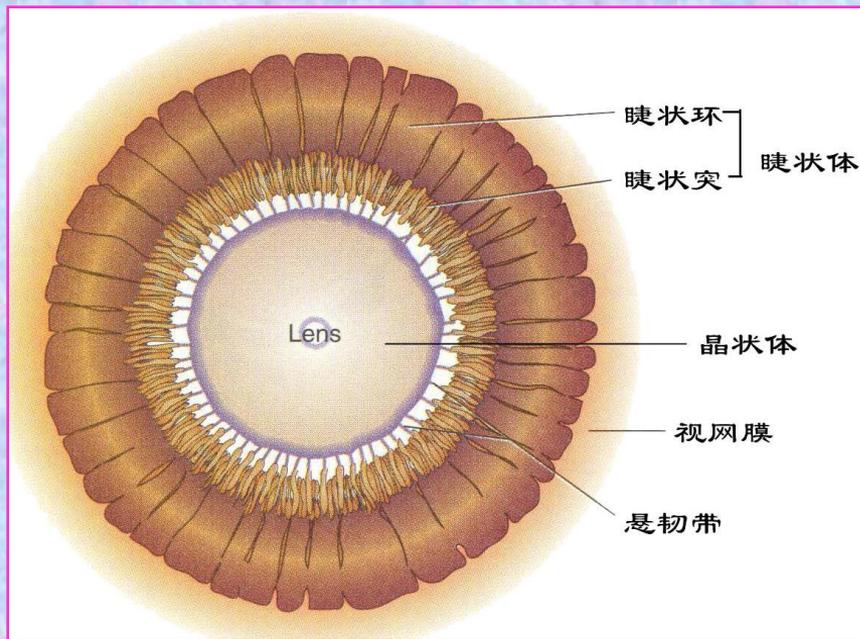
正常人的瞳孔直径变动在1.5~8.0mm之间。

### 瞳孔近反射

瞳孔括约肌收缩, 瞳孔缩小

### 近反射意义:

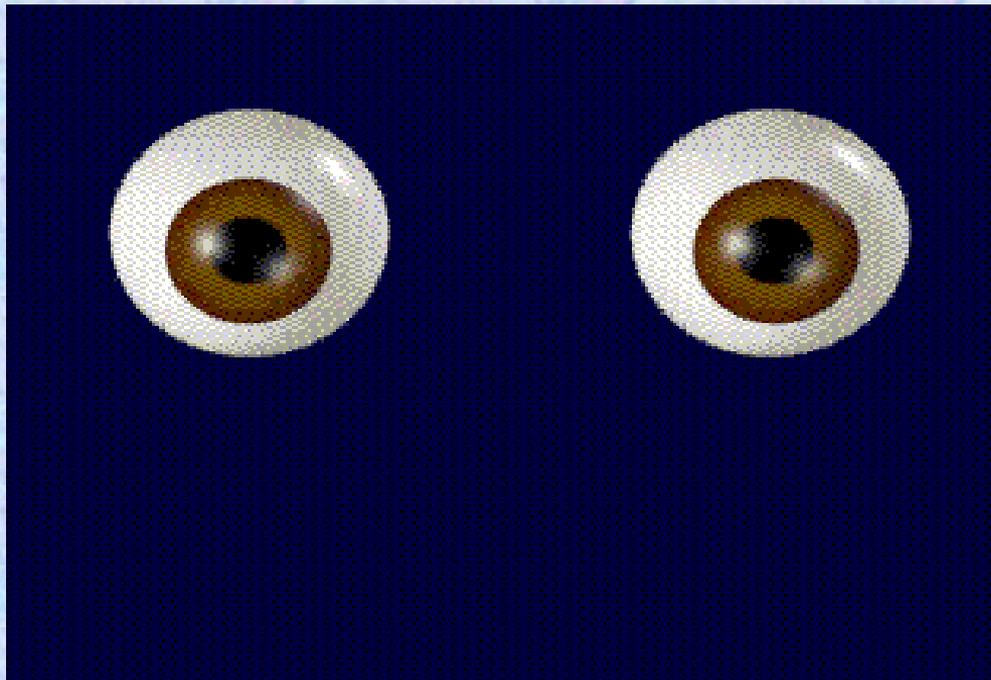
减少折光系统的球面像差和色像差, 使成像更为清晰。



### 3.3 眼球会聚

当双眼凝视一个向前移动的物体时,两眼球同时向鼻侧会聚的现象称为眼球会聚。

意义:使物像分别落在两眼视网膜的对称点上,使视觉更加清晰和防止复视。



### 3.4 折光异常

1. 近视眼:多数由于眼球的前后径过长,或角膜和晶状体曲率半径过小,折光能力过强。近视眼的远点比正视眼的近,远视力差,近视力正常。

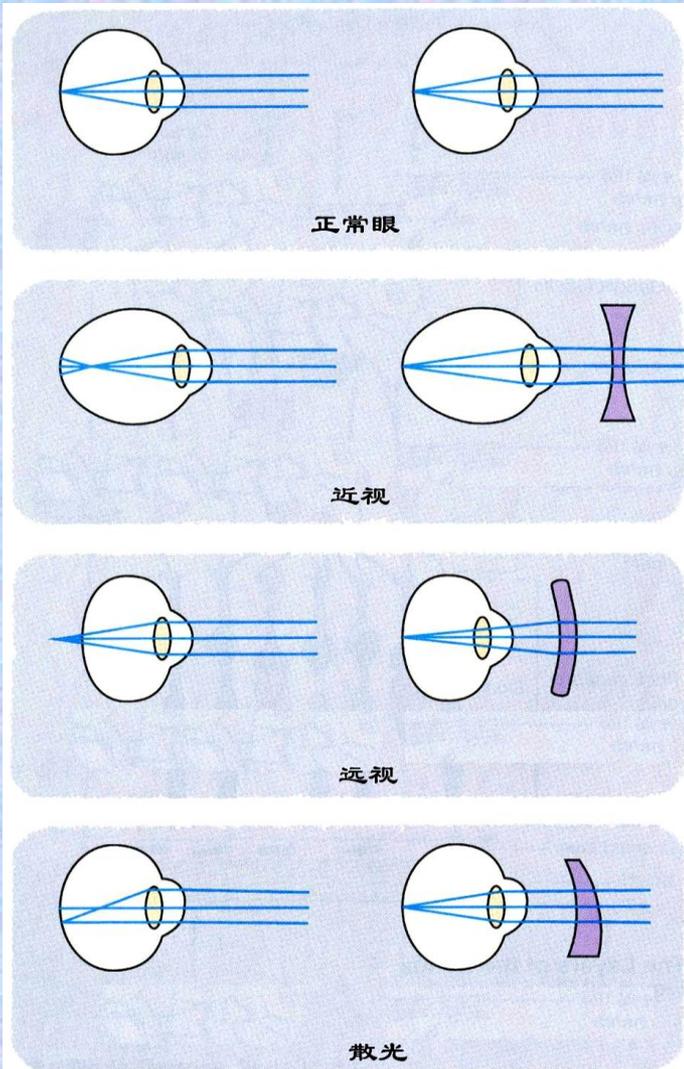
矫正:配戴适宜凹透镜。

2. 远视眼:多数由于眼球的前后径过短,或折光系统的折光能力过弱。因此,远视眼的近点比正视眼的远,看远物、看近物都需要调节,故易发生调节疲劳。

矫正:配戴适宜凸透镜。

3. 散光眼:角膜或晶状体(常发生在角膜)的表面不呈正球面,曲率半径不同,入眼的光线在各个点不能同时聚焦于一个平面上,造成在视网膜上的物像不清晰或变形,从而视物不清或视物变形。

矫正:配戴适当的柱面镜

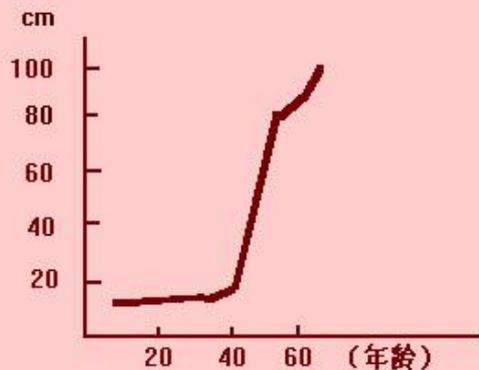


#### 4、老光

不能看清近距离物体。

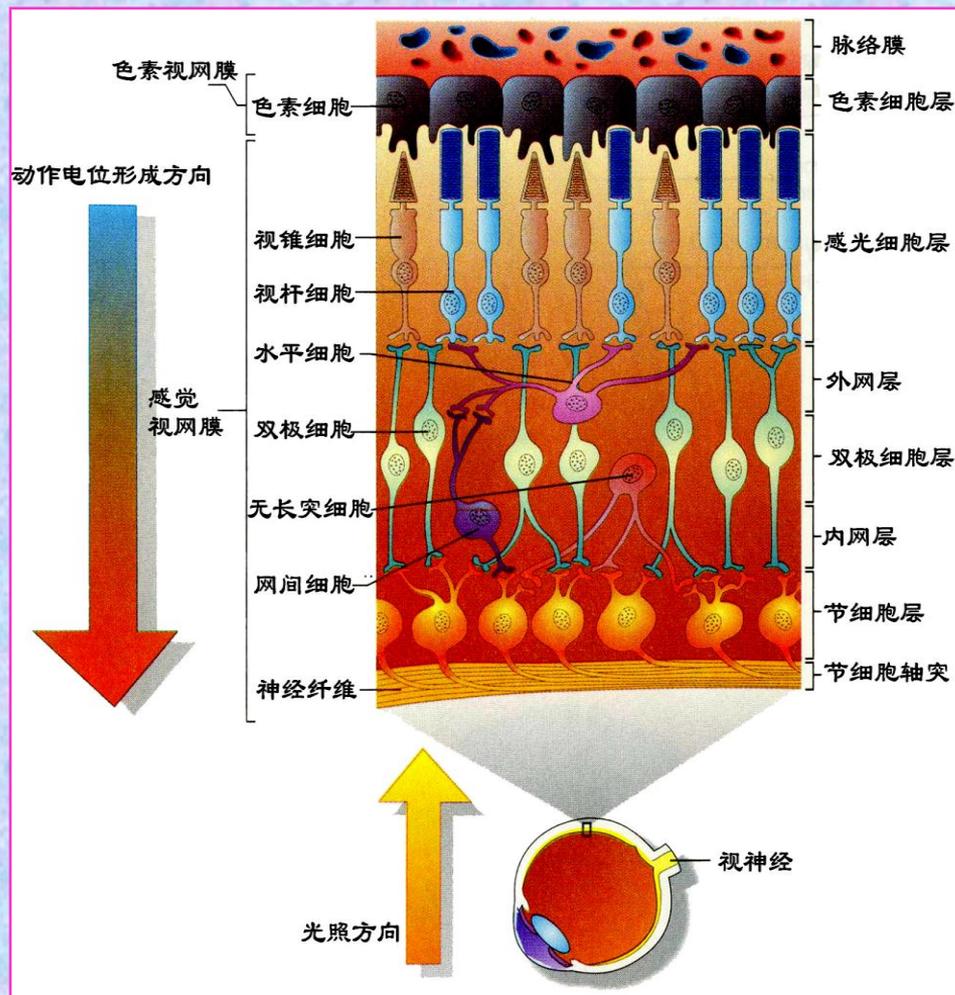
#### 不同年龄的调节能力

年龄 (岁)	调节力 (D)	近点 (cm)
10	11.3	8.8
20	9.6	10.4
30	7.8	12.8
40	5.4	18.5
50	1.9	52.6
60	1.2	83.3
70	1.0	100.0

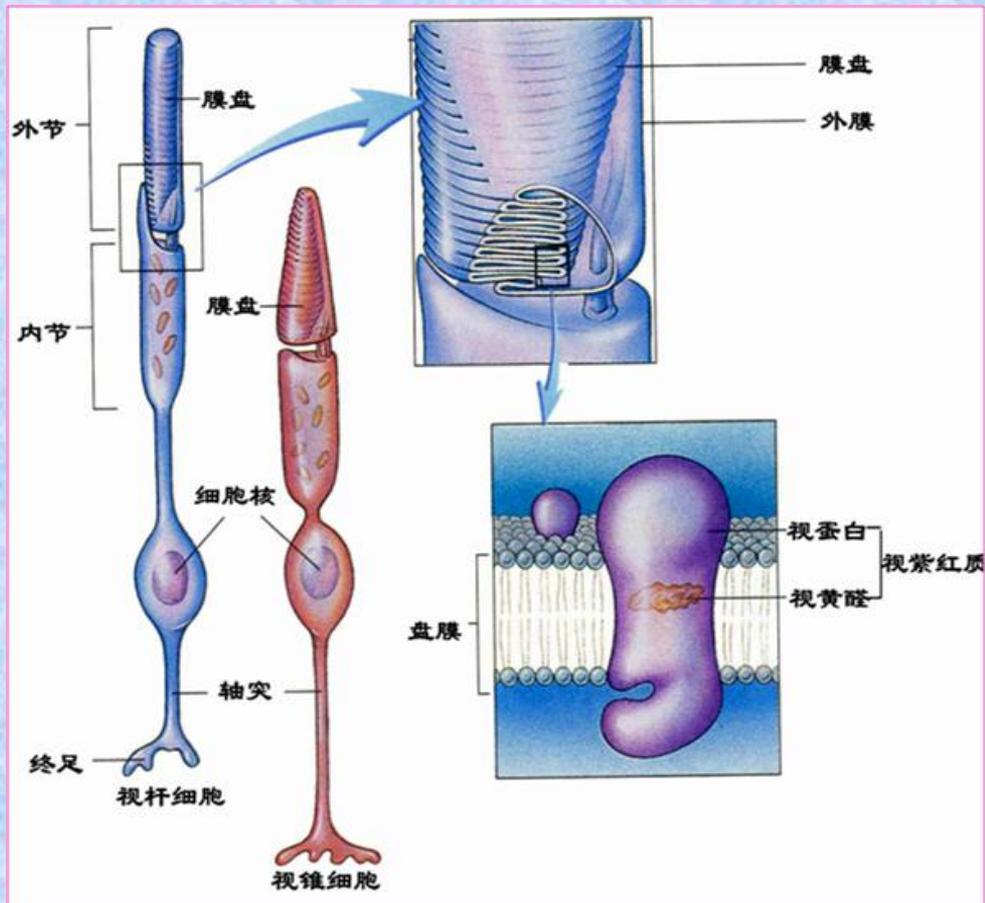


近点：人眼能看清物体的最近距离称为近点。随着年龄增加，晶状体弹性下降，近点逐渐增大，称为老光眼。

### 三、眼的感光及视觉信号产生

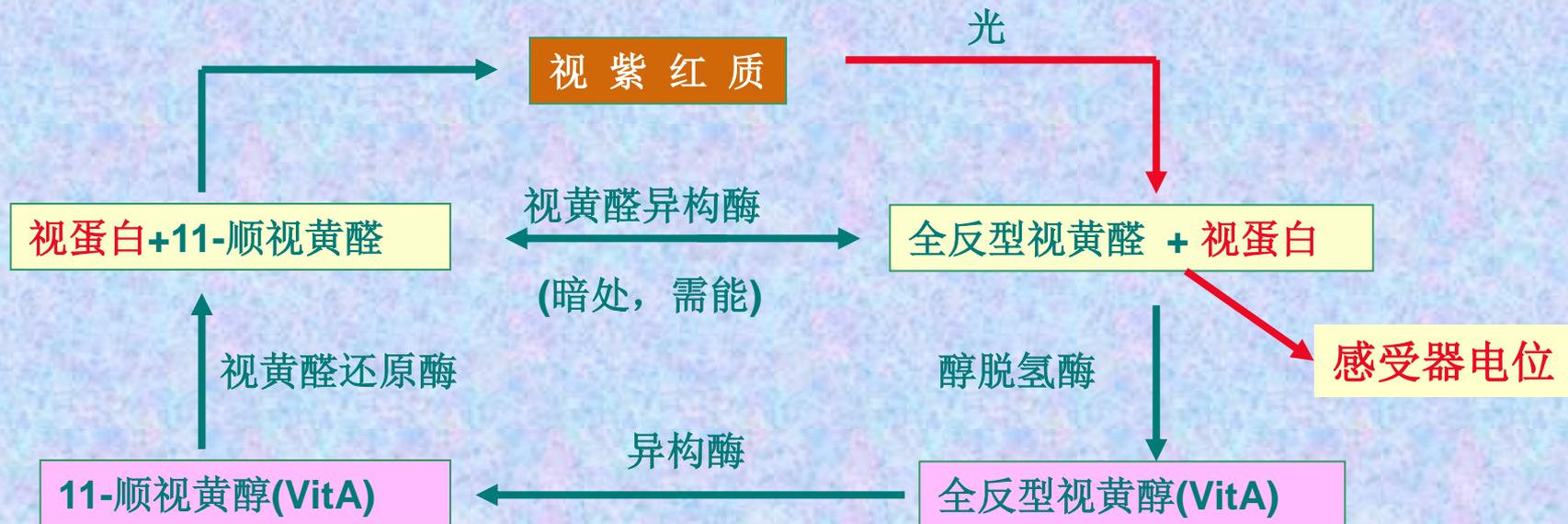


# 1、视杆细胞的光反应物质 - 视紫红质



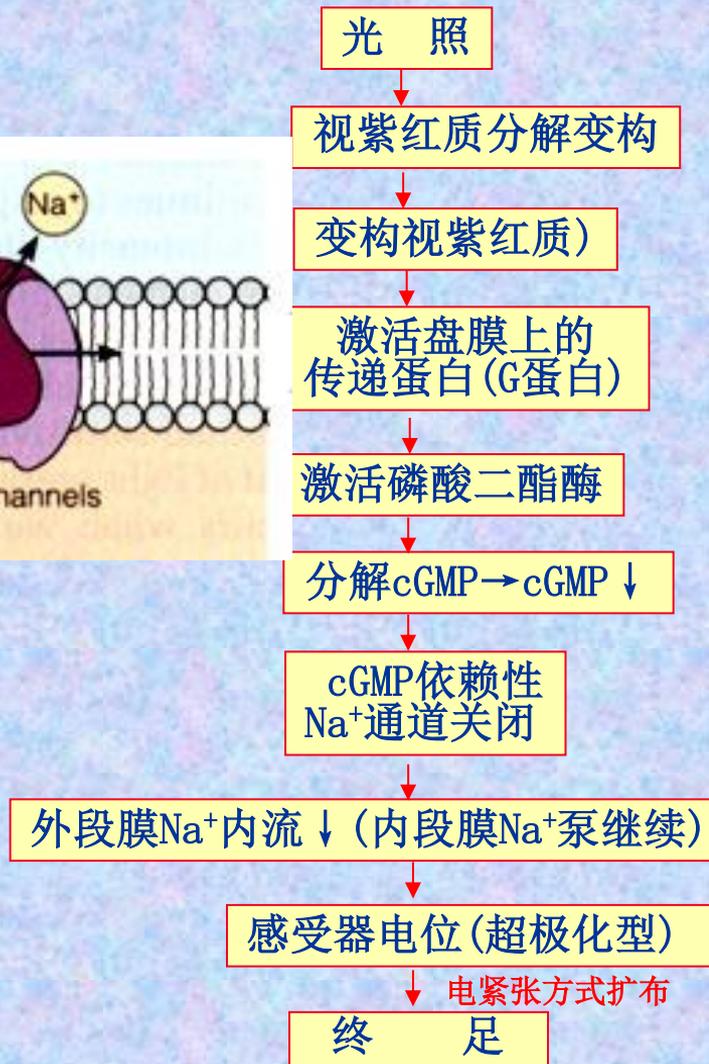
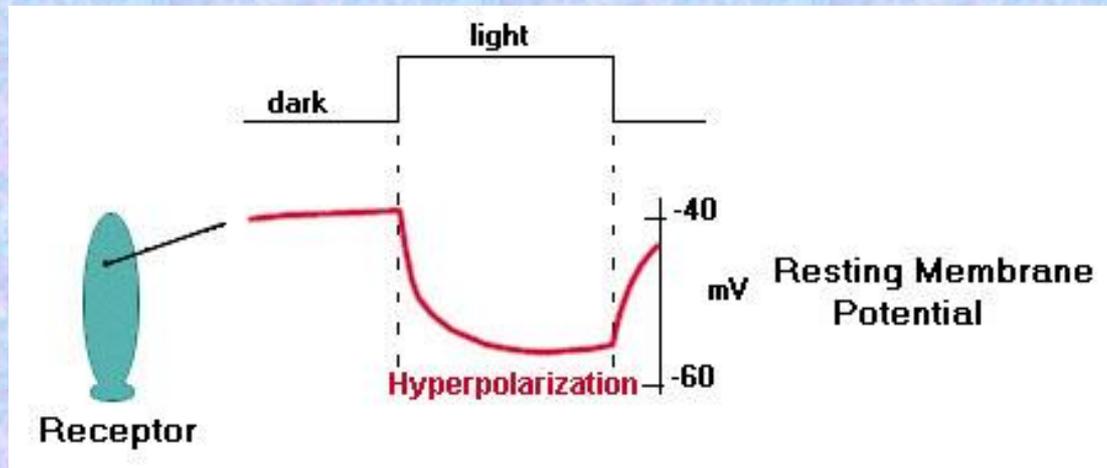
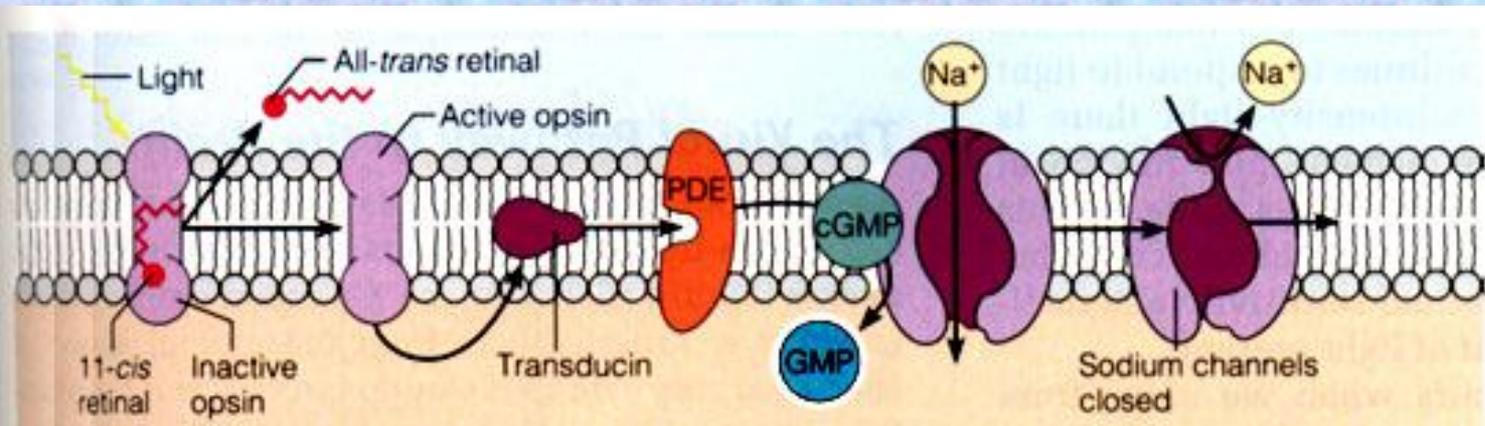
一个视杆细胞外段含近千个视盘（双分子层围成的囊），每个视盘含100万个视紫红质，每个视紫红质的分子量为27000-28000

## 2、视紫红质的光化学反应

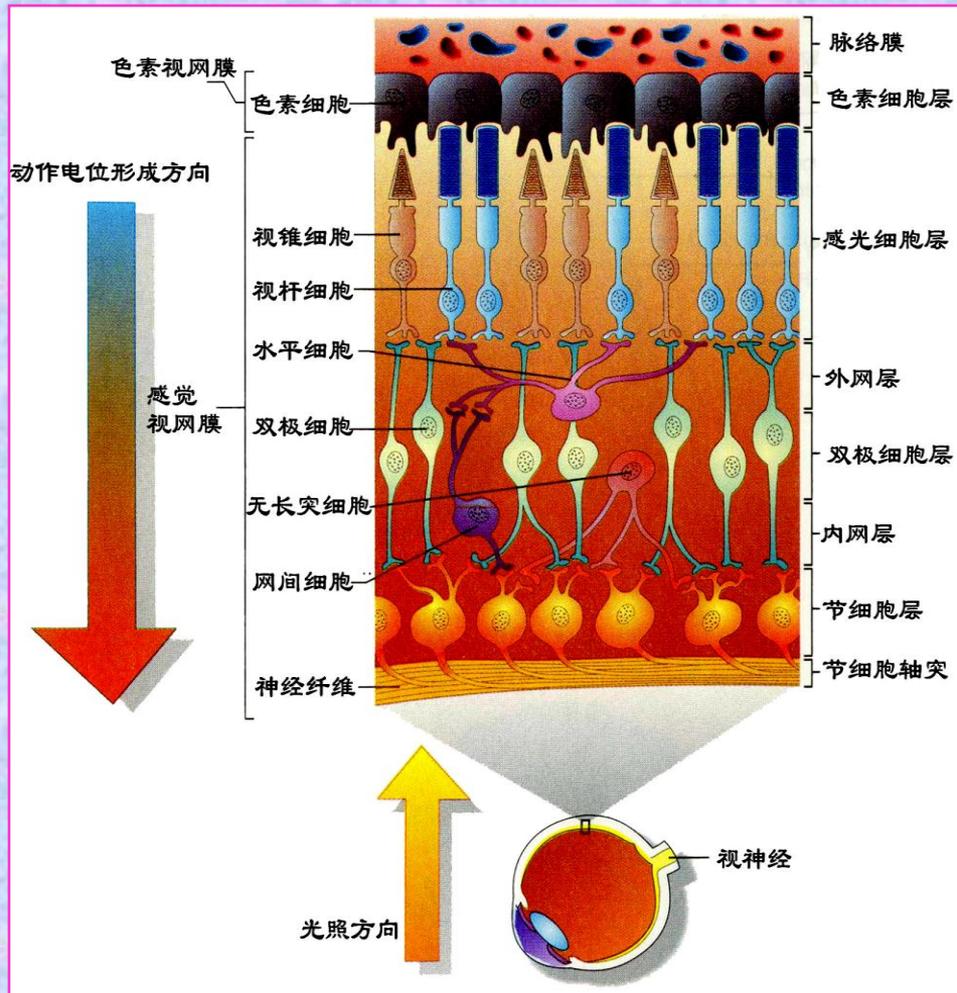
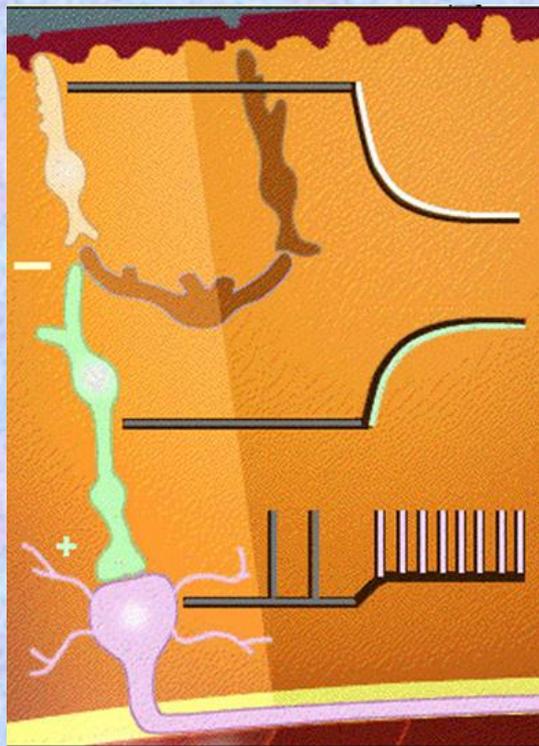


**注：**分解与合成过程中要消耗一部分视黄醛，需血液循环中的**VitA**补充，缺乏**VitA**→夜盲症。

### 3、视杆细胞的感光换能机制



## 4、视觉信号产生



## 5、视锥细胞的感光换能机制和色觉

人眼的可见光光谱范围通常在380-760nm之间（但有的人在短的波长方面可看到317nm，有的人在长的波长方面可看到860nm。



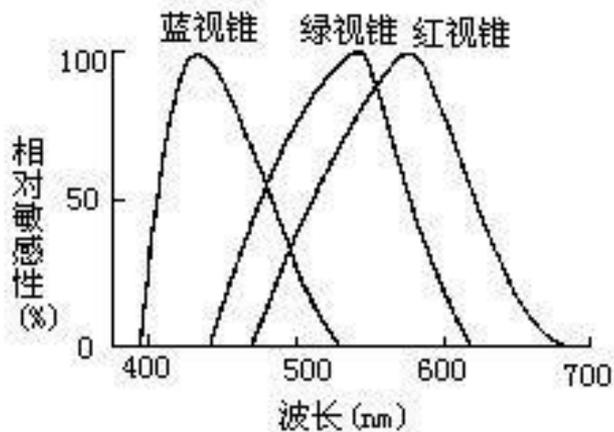
人眼能分别如下几种主要颜色：红 760-620；橙 620-590；黄 590-560；黄绿 560-530；绿 530-500；青 500-470；蓝 470-430；紫 430-380。

人眼在可见光谱范围内实际可区分的颜色超过150种，既波长长度只要有3-5nm的增减，就可被视觉系统分辨为不同的颜色。

## 5.1 视锥细胞的感光换能与色觉学说

与视杆细胞相似，视锥细胞分别含有**感红**、**感绿**、**感蓝**三种感光物质。

三种视锥色素的区别是视蛋白的分子结构稍有不同，这种微小差异决定了对特定波长光线的敏感程度。



人视网膜中三种不同视锥细胞的光谱相对敏感性

### 色觉三原色学说

19世纪初，Young (1892) 和 Helmholtz (1824) 就提出了视觉三原色学说。设想在视网膜中存在着分别对红、绿、蓝的光线特别敏感的三种视锥细胞或相应的三种感光色素，并且设想当光谱波长介于这三者之间的光线作用于视网膜时，这些光线可对敏感波长与之相近的两种视锥细胞或感光色素起不同程度的刺激作用，于是产生介于三原色之间的其他颜色的感觉。

## 5.2 色觉障碍:

①**色盲**: 指对某一种或某几种颜色缺乏分辨能力。

色盲有红色盲、绿色盲、蓝色盲和全色盲。

●**原因**:

色盲绝大多数是遗传性的,极少数是因视网膜病变引起的。

②**色弱**: 指对某些颜色的分辨能力比正常人稍差。

## 5.3 视觉二元学说

大多数脊椎动物的视觉是由两种感光换能系统组成：

**视杆或晚光觉系统**，对光敏感度高，司暗光觉，分辨力差，无色觉。

**视锥或昼光觉系统**，对光敏感度低，分辨力高，有色觉。

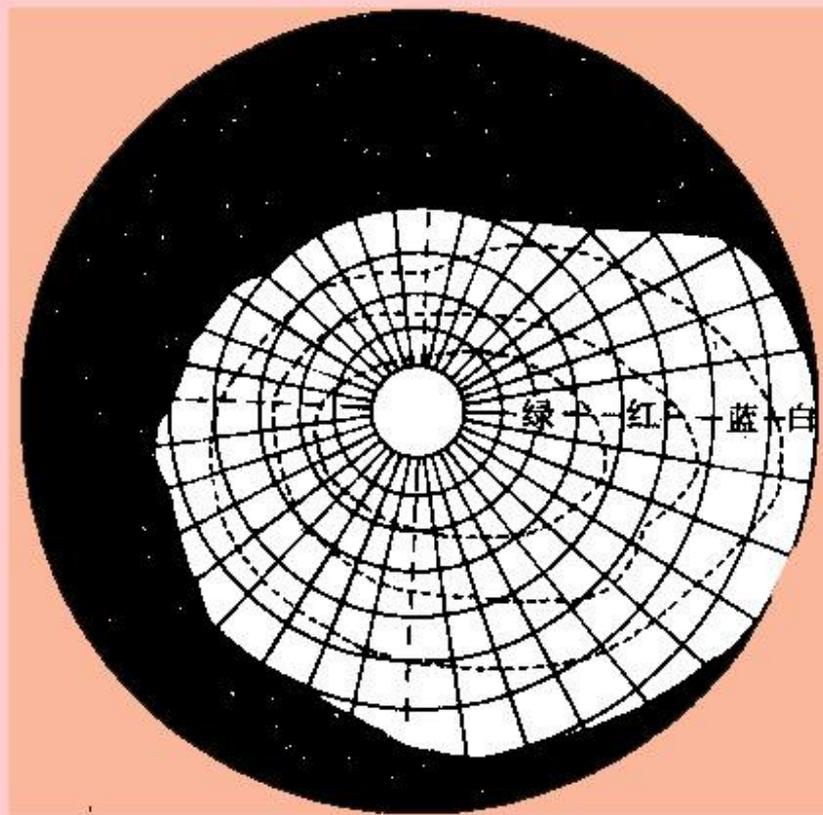
## 6、其它视觉现象

### 6.1 视野

视野大小：

白 > 蓝 > 红 > 绿

单眼固定地注视前方一点不动，这时该眼所能看到的空间范围称为视野。

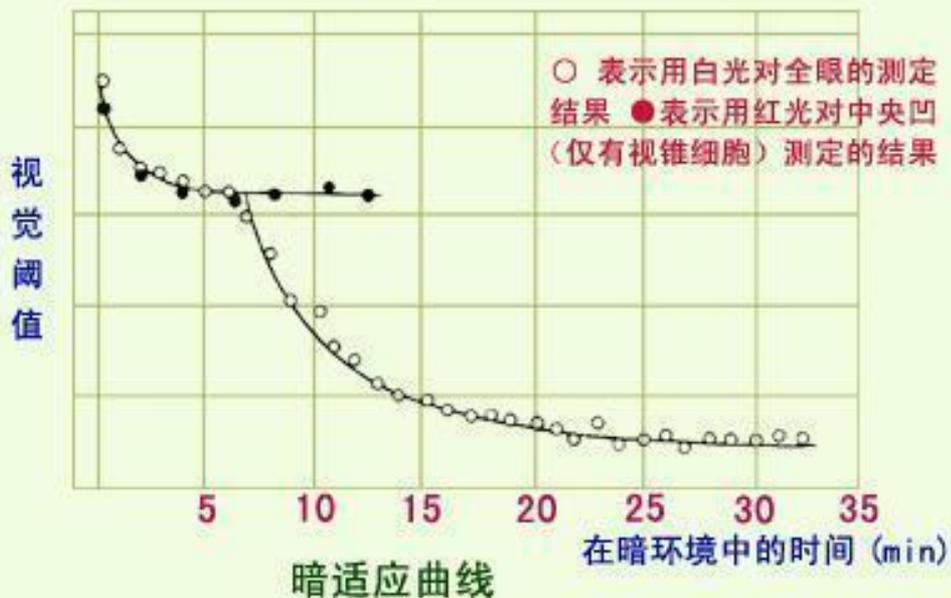


## 6.2 暗适应与明适应

### 暗适应:

**概念:** 指从明处→暗处,最初看不清→逐渐恢复暗视觉的过程(约25~30min)。

**机制:** 在亮处视锥和视杆细胞中的感光色素都被分解→尤其是视杆细胞中的视紫红质都被曝光。视锥细胞中的感光色素对光敏感度低。导致进入暗处初期最初看不清任何东西。当视锥细胞中的感光色素在暗处合成量↑+对光的敏感度↑→引起暗适应的第一时相;随着视紫红质的合成量↑+对光的敏感度逐渐升高→引起暗适应的第二时相(暗视觉)。



## 明适应:

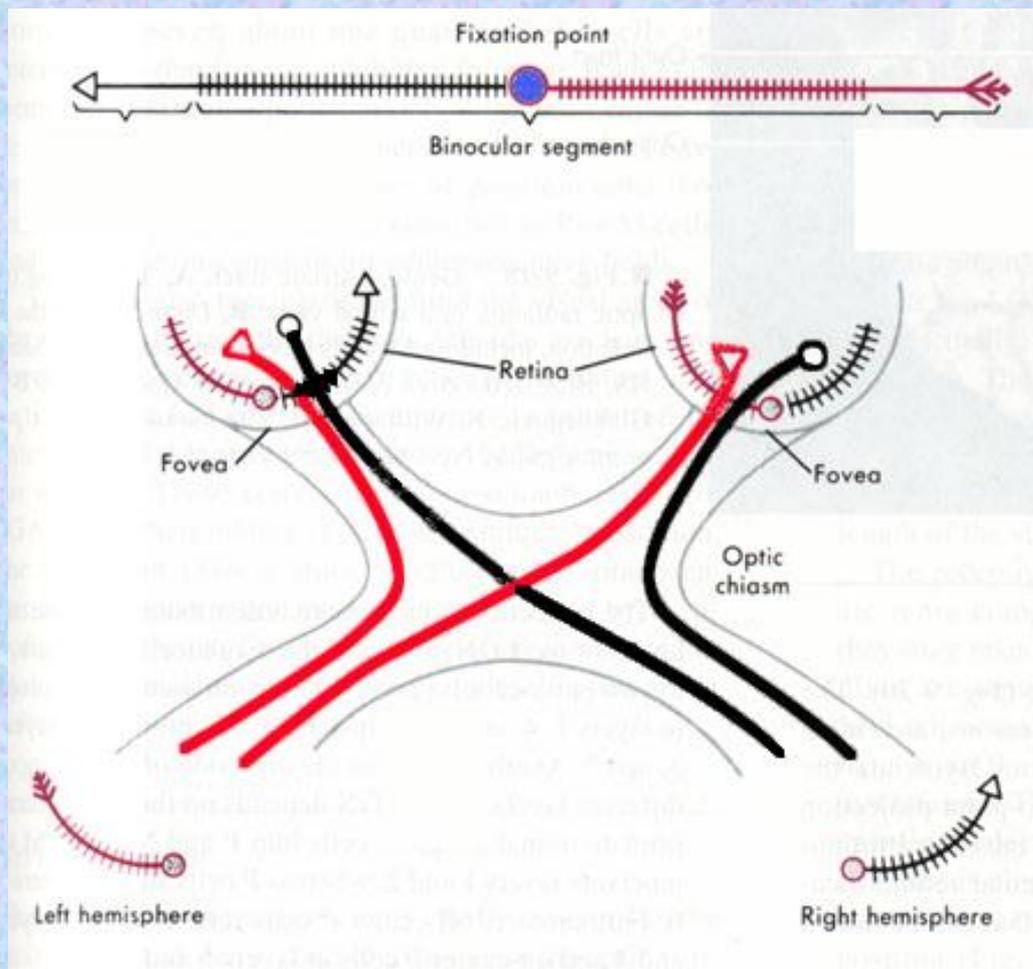
**概念:** 从暗处→明处, 最初看不清(耀眼的光感)→片刻后恢复明视觉的过程(约1min)。

**机制:** 视紫红质在暗处大量蓄积, 由于其对光的敏感度强, 到明亮处被迅速大量分解, 产生和传入大量视觉冲动, 从而出现耀眼的光感。

## 6.3 视觉通路

### 视野交叉

鼻侧视网膜（接受颞侧视野）的传入纤维交叉至对侧。颞侧视网膜（接受鼻侧视野）的传入纤维不交叉。

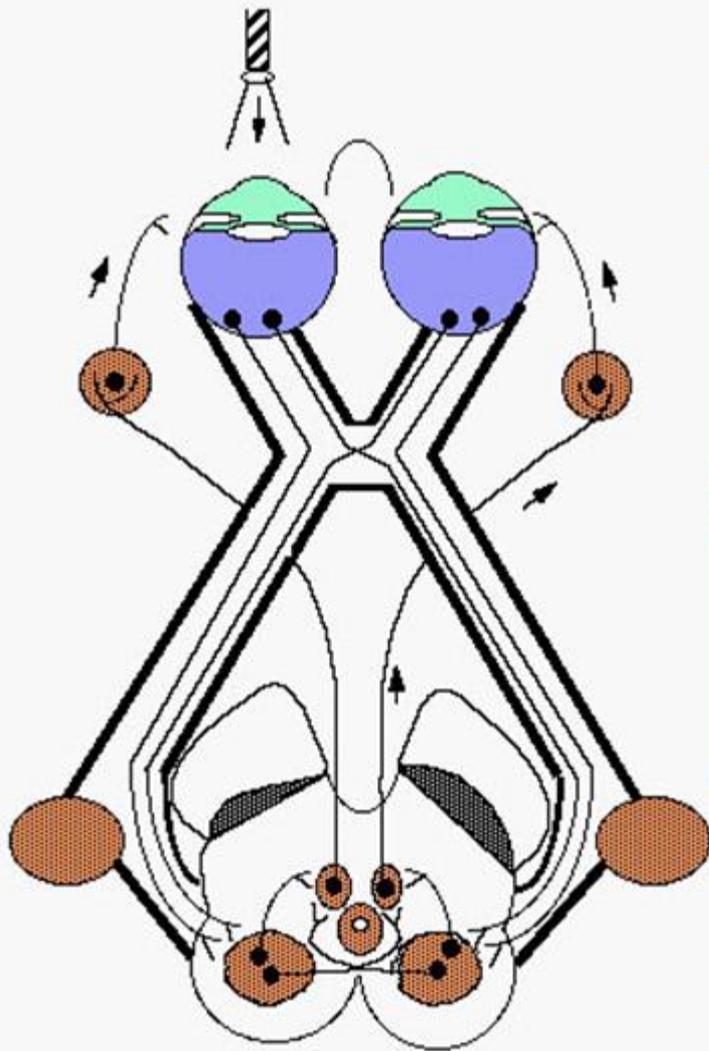




## 6.4 瞳孔对光反射

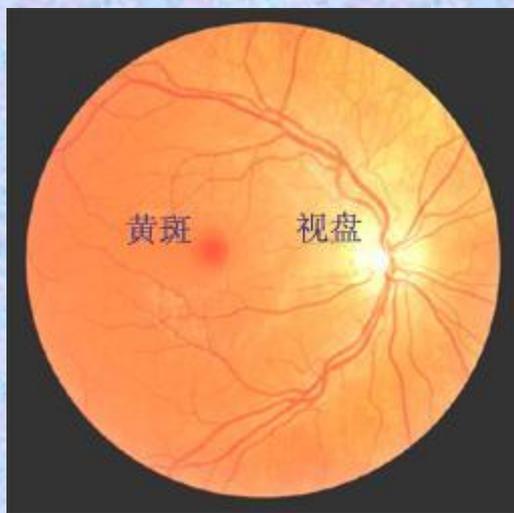
当眼睛受到光照时，  
瞳孔缩小，称为**瞳孔  
对光反射**

当一只眼睛受到光照时，  
瞳孔缩小，同时对侧眼睛瞳孔也缩小的  
现象称为**互感性对  
光反射**

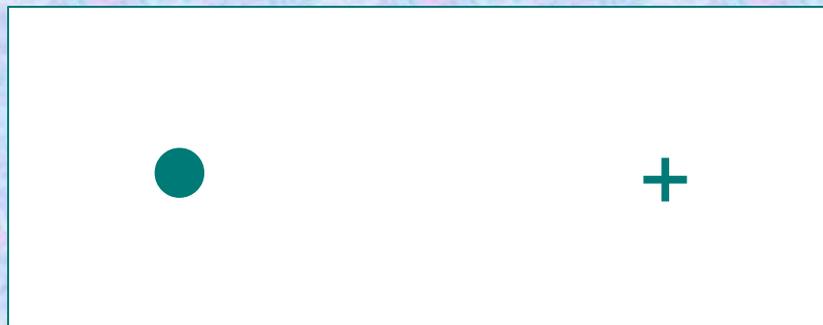


## 6.5 盲点

单眼注视前方时，视野右侧偏上方出现视野缺损，称为生理盲区，主要是因为该处的光线投射在视神经乳头上，该处无感光细胞，称为生理盲点。



鼻  
侧



## 6.6 双眼视觉和立体视觉

**双眼视觉**指双眼同视一物体时的视觉。双眼视觉是由于来自物体同一部位的光线，成像于两侧视网膜的“对称点”上，经视觉中枢整合后只产生一个“物体”的感觉；

双眼视觉的视野大部分重叠，互相弥补，故无生理盲点投射区，双眼视觉视野比单眼视觉大得多；

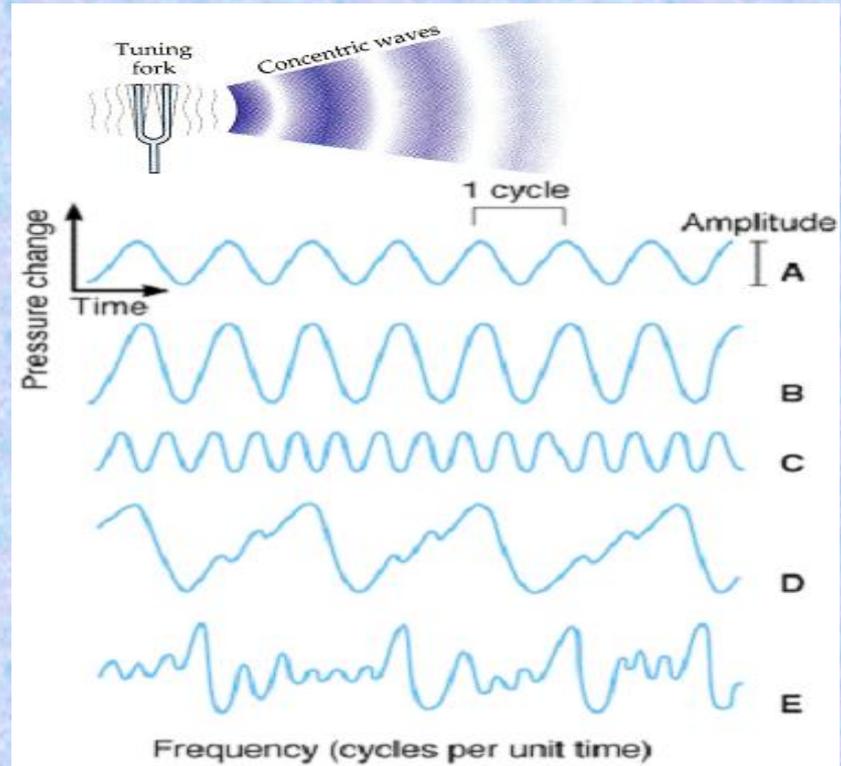
双眼视觉能增加对物体距离、三维空间的判断准确性，从而形成立体感。

## 第三节 听觉

# 一、概述：

## 1、人耳的适宜刺激：

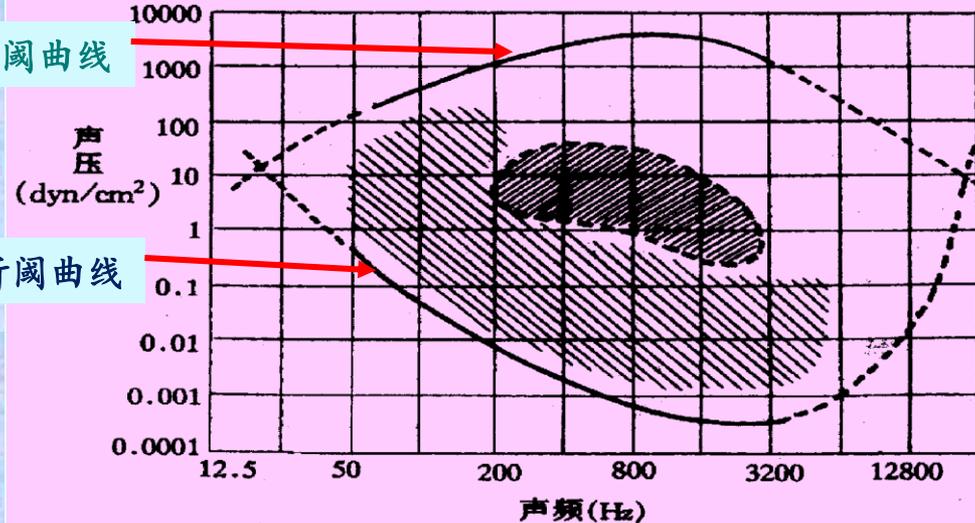
是空气振动的疏密波  
(16~20000Hz)



2、听阈：  
某一声频引起听觉的最小声强

3、最大可听阈：  
听觉忍受某一声频的最大声强

4、听域：  
听阈曲线与最大可听阈曲线之间的面积。



人的正常听域图

中心斜线区：通常的语言区，下方斜线区：次要的语言区

(1dyn = 10<sup>-5</sup>N)

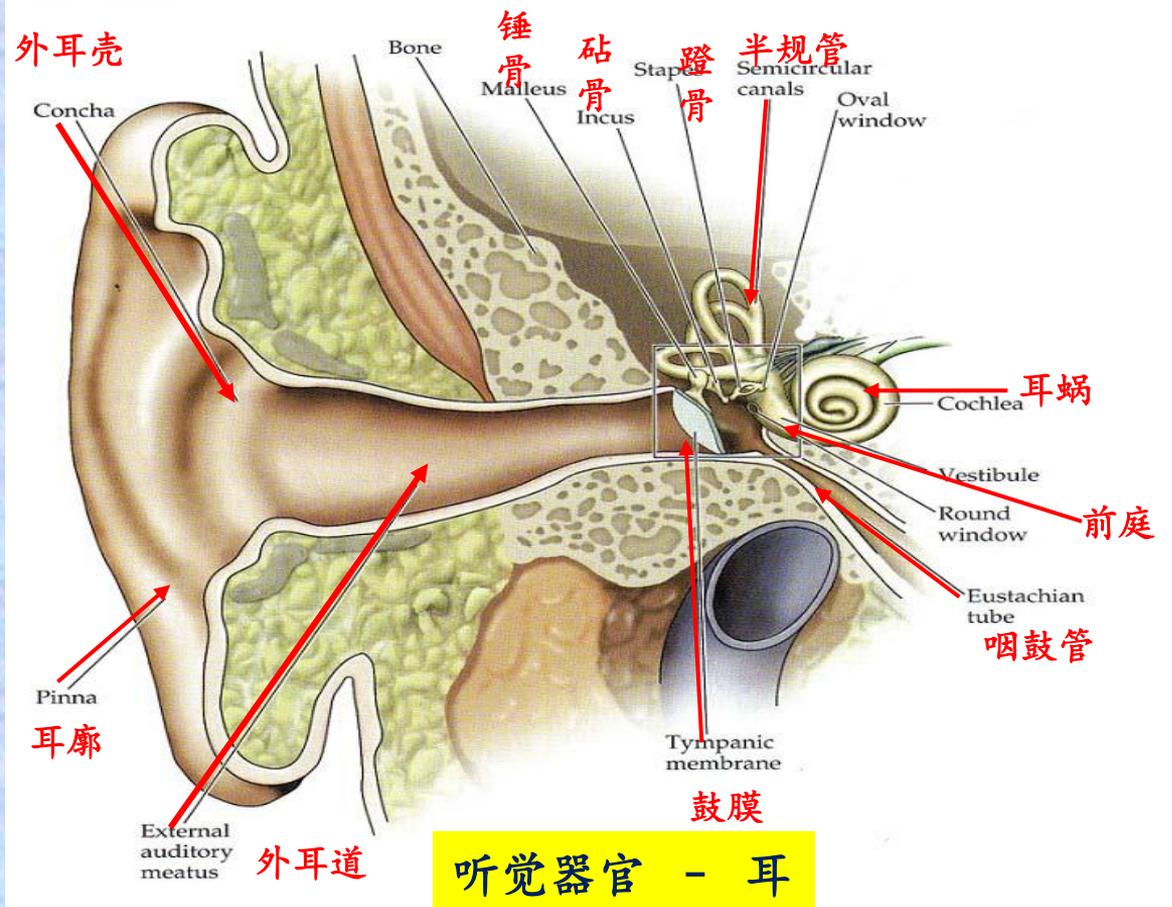
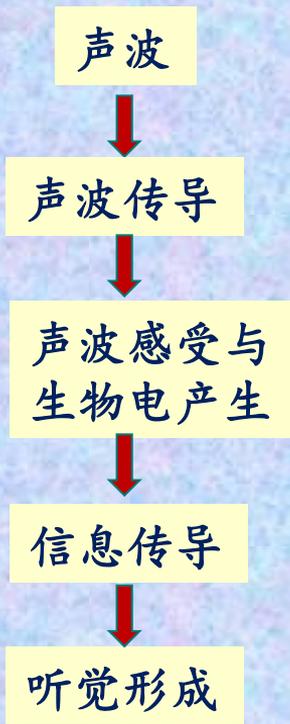
5、声强的表示：

$$\text{贝尔 (bel)} = \log \frac{E_0}{E}$$

← 为可听到的最小声强，（听阈）  
← 为实测声波强度

临床上常用分贝 (dB) 表示声强，以及相关的听觉敏感度丧失程度：  
1 bel = 10 dB

# 听觉的形成过程



声波振动 → 外耳 (耳廓 → 外耳道) → 中耳 (鼓膜 → 听小骨 → 卵圆窗) → 内耳 (耳蜗的内淋巴液 → 螺旋器 → 声-电转换) → 神经冲动 → 听觉中枢 → 听觉。

## 二、耳的结构与功能

耳分为外耳、中耳和内耳

1、外耳 包括耳廓和外耳道

### 1.1 耳廓

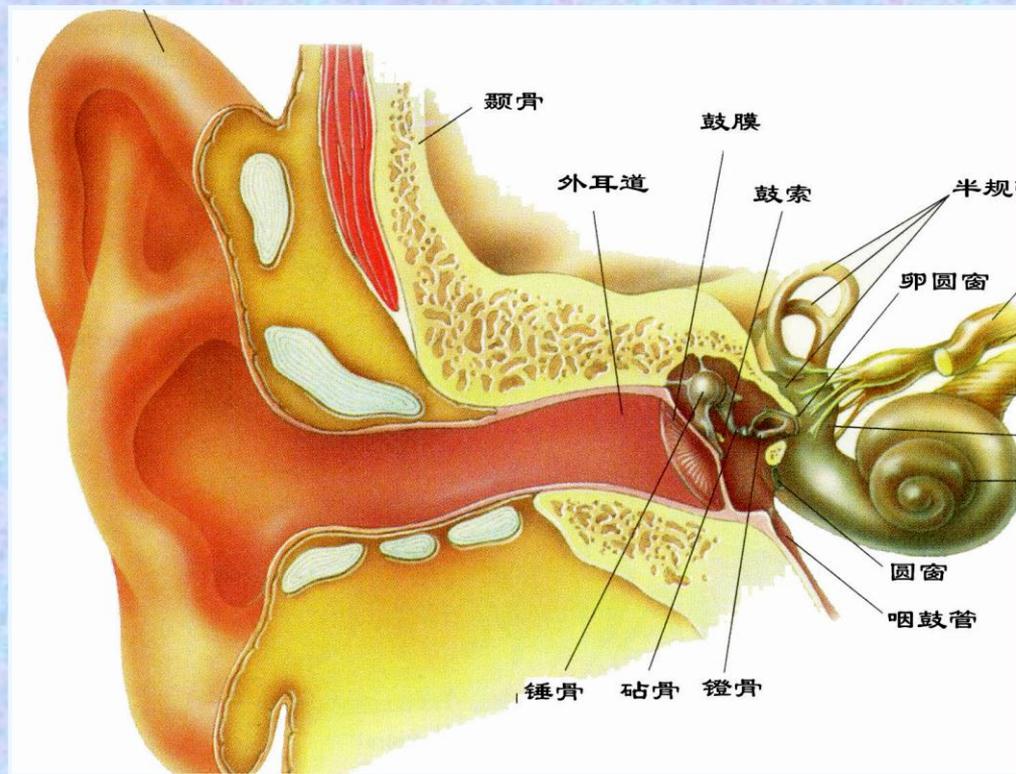
利于集音；

判断声源：依据声波到达两耳的强弱和时间差判断声源。

### 2.2 外耳道

传音的通路；

通过共振增加声强：与4倍于外耳道长的声波长(正常语言交流的波长)发生共振,从而增加声强。

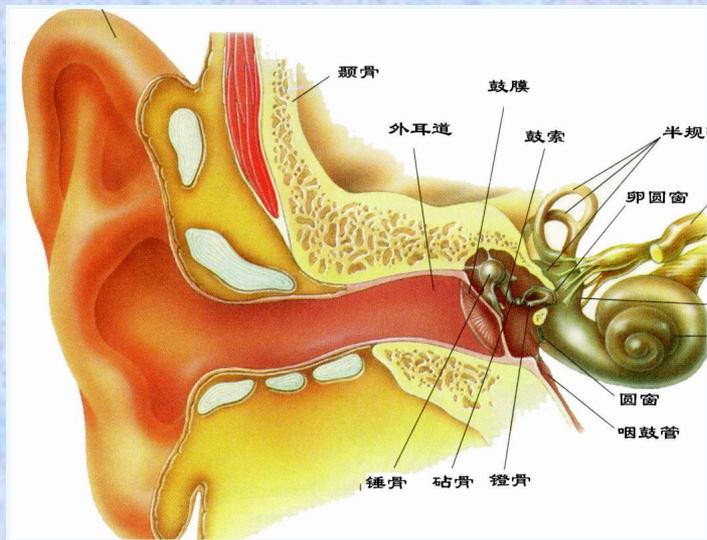


## 2、中耳的功能

### 2.1 鼓膜

**结构特点** 斗笠状的半透明膜，面积约50~90mm<sup>2</sup>，频响较好，失真度较小。

**作用** 把声波振动转变成机械振动，传递给听小骨。



锤骨

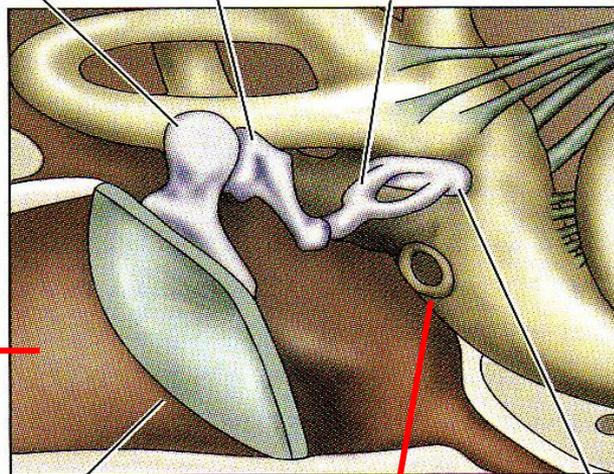
砧骨

镫骨

Malleus

Incus

Stapes



外耳道

Tympanic membrane

鼓膜

圆窗

Base of stapes in oval window

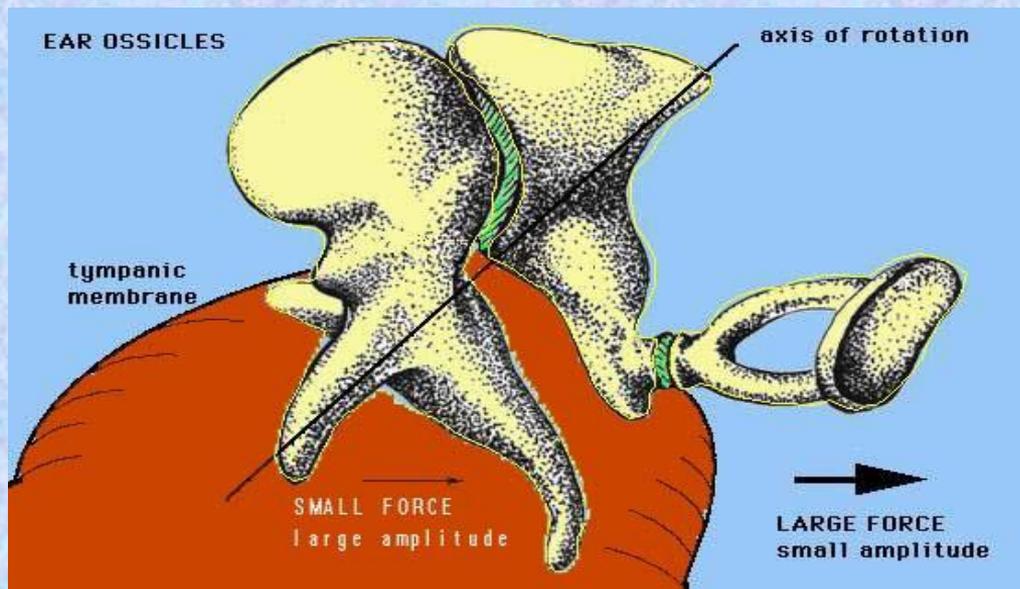
卵圆窗

## 2.2 听小骨

**结构特点** 形成杠杆系统，长臂为锤骨柄、短臂为砧骨长突、支点恰好在整个听骨链的重心上。

长臂长度：短臂长度  
= 1.3 : 1

增强振压(1.3倍)，减小振幅(约1/4)，防止卵圆窗膜因振幅过大造成损伤。



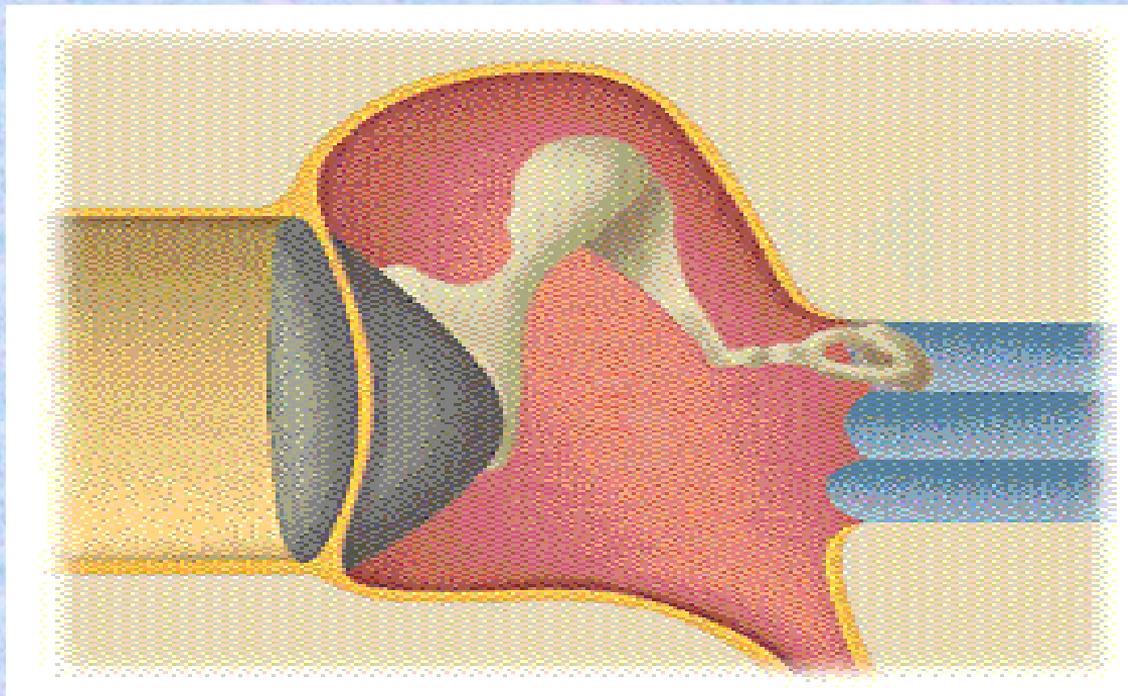
## 2.3 鼓膜-听骨链-卵圆窗的增压效应

① 鼓膜有效振动面积与卵圆窗面积之比为：

$$55\text{mm}^2 : 3.2\text{mm}^2 = 17 : 1$$

② 经听骨链的传递使声压增强1.3倍；

卵圆窗压强：鼓膜压强=22倍



## 2.4 咽鼓管

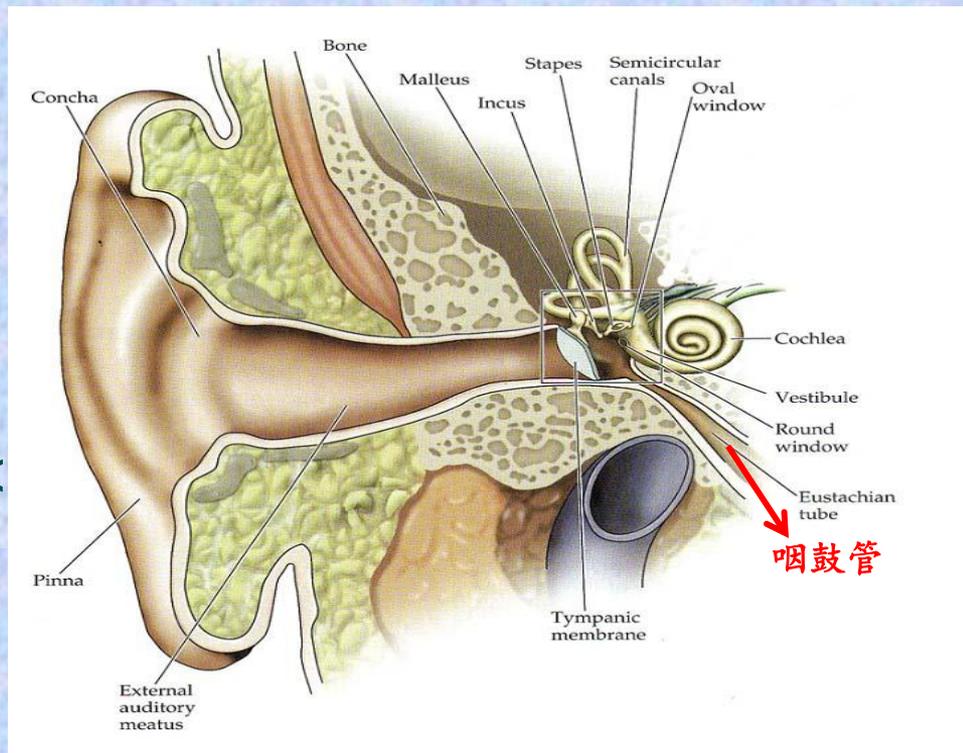
是鼓室与咽腔相通的管道，其鼻咽部的开口通常呈闭合状态，当吞咽、打呵欠或喷嚏时则开放。

主要作用：调节鼓膜两侧气压平衡、维持鼓膜正常位置、形状和振动性能。

如：

潜水、加压仓、飞机降落时→鼓室内压 < 外界→鼓膜内陷→耳鸣、听力↓、疼痛甚至鼓膜破裂。

上呼吸道感染、耳咽部慢性炎症时→咽鼓管粘膜水肿，管腔狭窄或闭锁→鼓室内的气体被吸收→鼓室内压力↓→鼓膜内陷→耳闷、耳鸣及重听的症状。

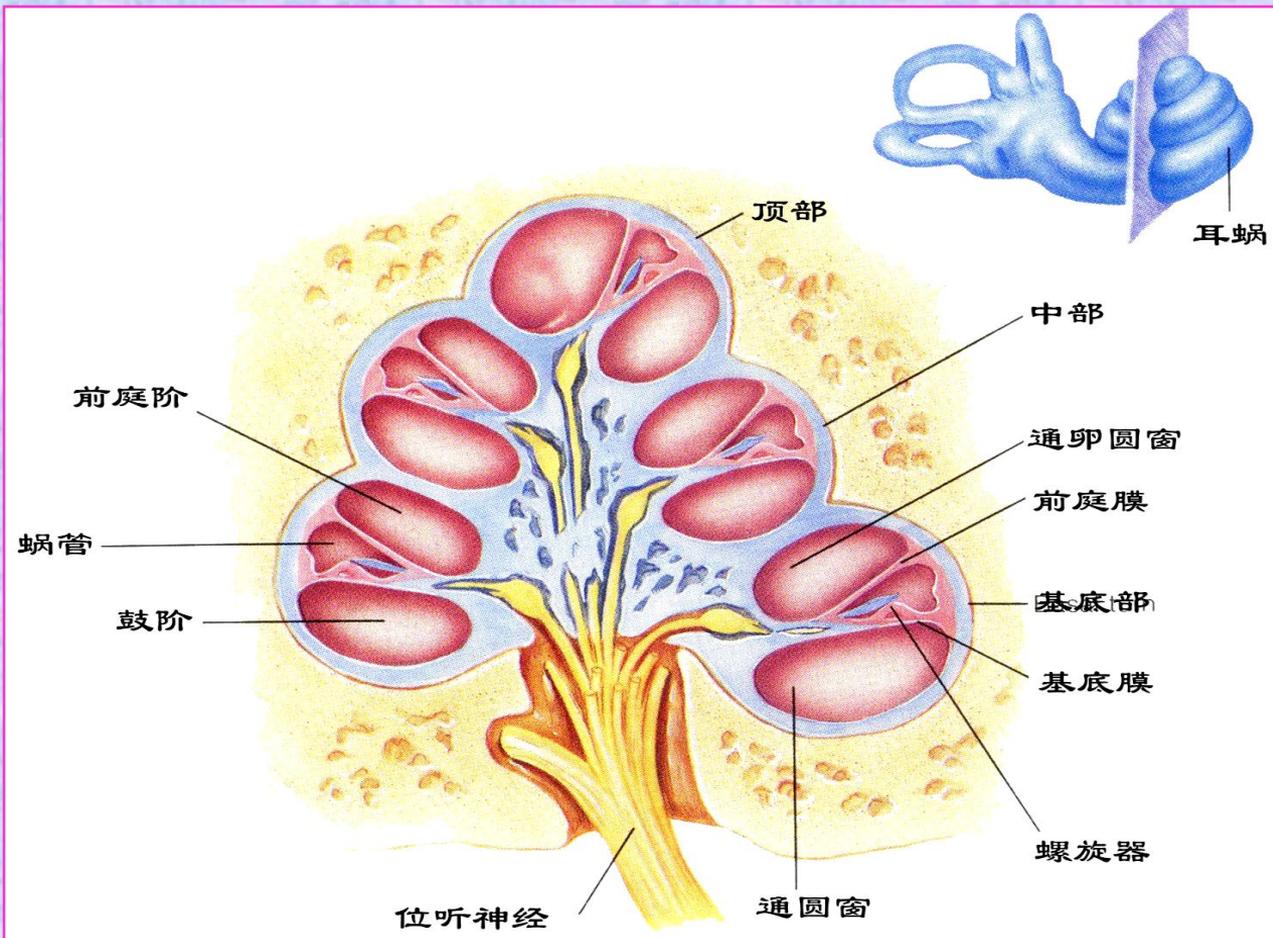


### 3、内耳

#### 3.1 耳蜗结构

内耳耳蜗形似蜗牛壳，其骨性管道绕中轴转约2又3/4圈，蜗管腔被前庭膜和基底膜分隔为三个腔：**前庭阶、蜗管和鼓阶**。

前庭阶和鼓阶内的液体称**外淋巴液**，前庭阶和鼓阶在耳蜗顶部通过**蜗孔**相通

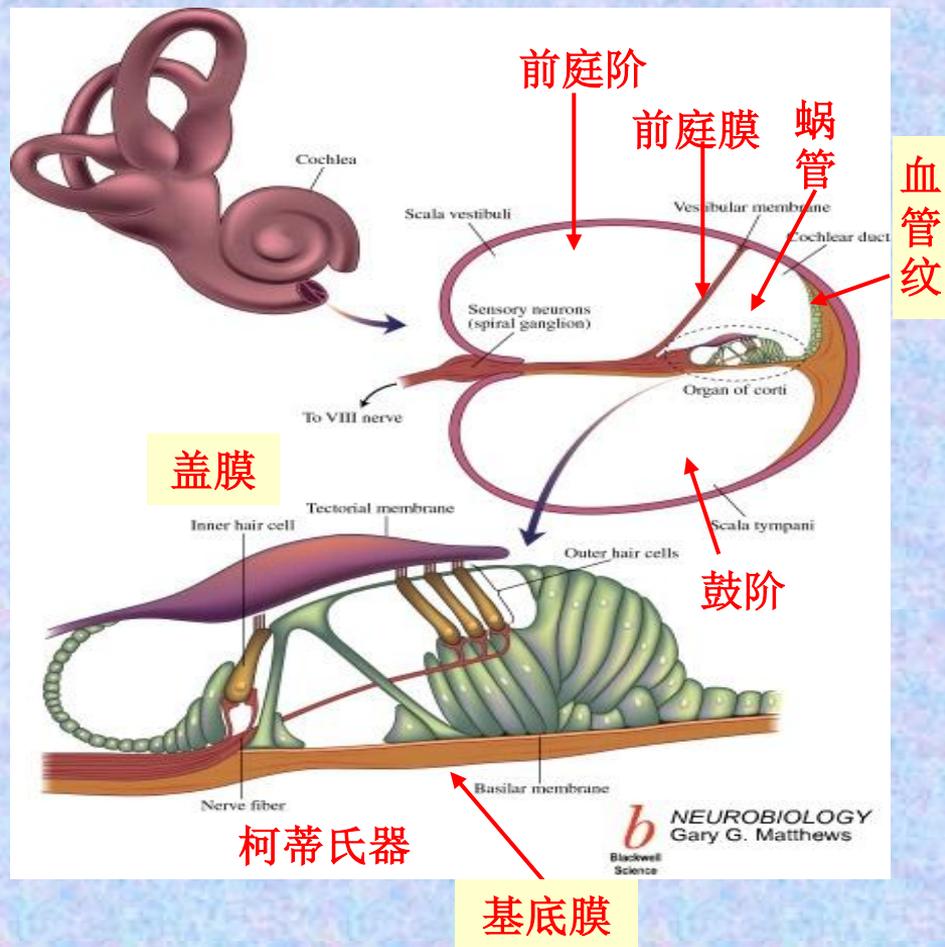


## 3.2 蜗管与柯蒂氏器

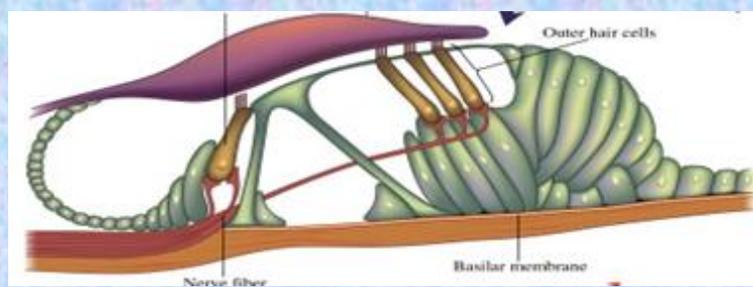
**蜗管**是个盲管，管内充满内淋巴。

内淋巴 $[Na^+]$ 很低， $[K^+]$ 很高。其原因与蜗管外侧壁的血管纹细胞膜上的 $Na^+-K^+$ 泵：泵 $K^+$ 入内淋巴量 $>$ 泵 $Na^+$ 回内淋巴量有关。

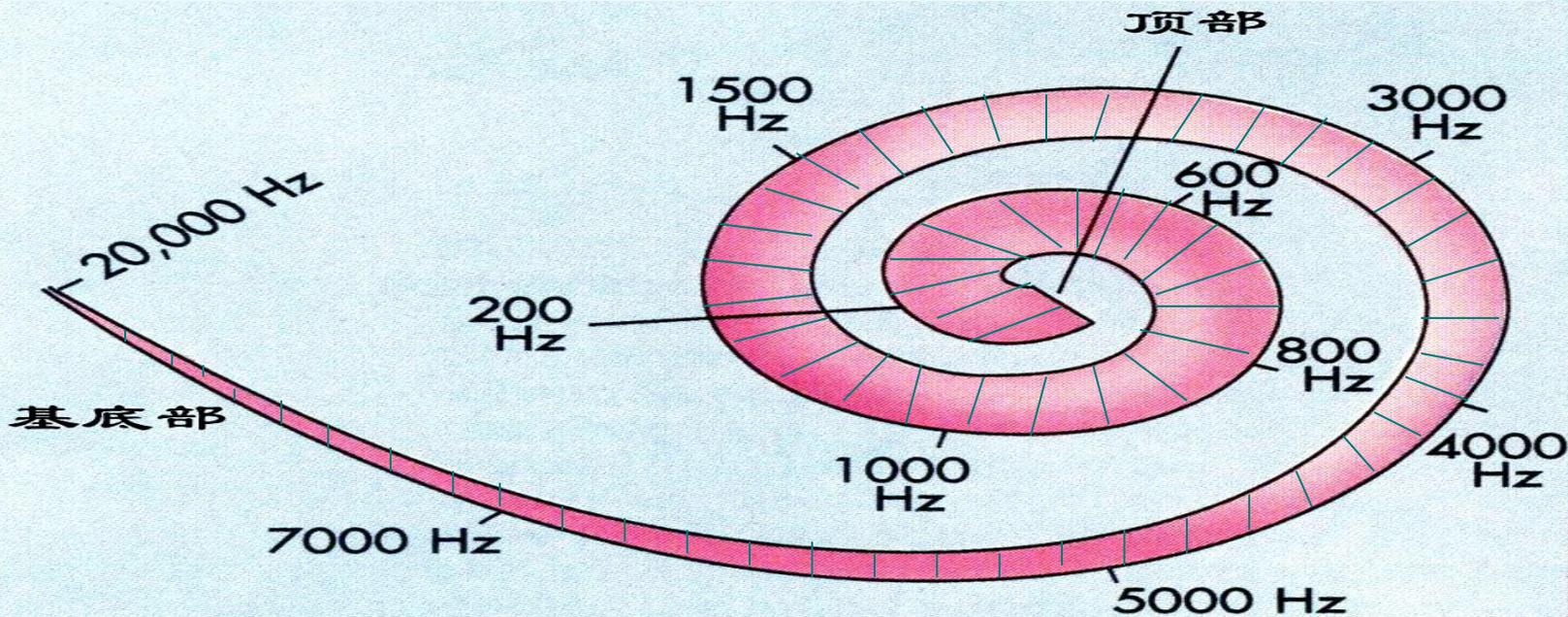
**柯蒂氏器** 是位于基底膜上的结构，由内、外毛细胞、支持细胞及盖膜等构成。每个毛细胞的顶部都有数百条排列整齐的听毛，有些较长的听毛埋置于盖膜中。螺旋器浸浴在内淋巴中。柯蒂氏器贯穿耳蜗全长，又称**螺旋器**。



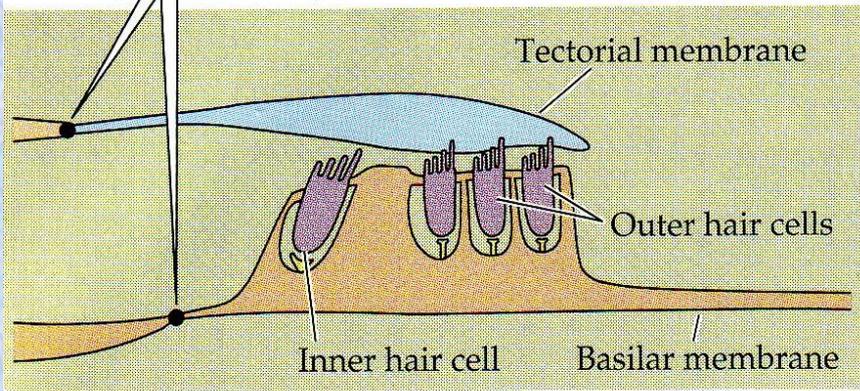
3.3 **基底膜**:由辐射状纤维丝 (**听丝**) (20000~30000根)构成,其宽度愈近蜗底部愈窄,愈近蜗顶部愈宽;每一听丝上有一个螺旋器(科蒂器)。



基底膜的宽度与不同频率的声波行波传播在基底膜上的最大振幅部位图

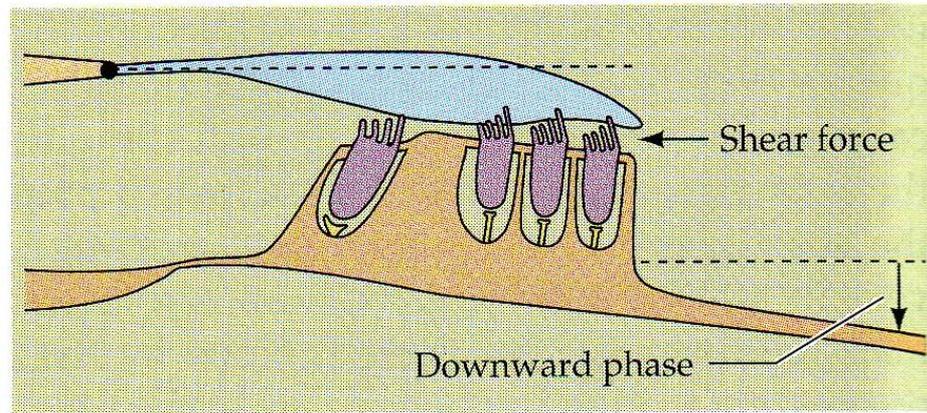
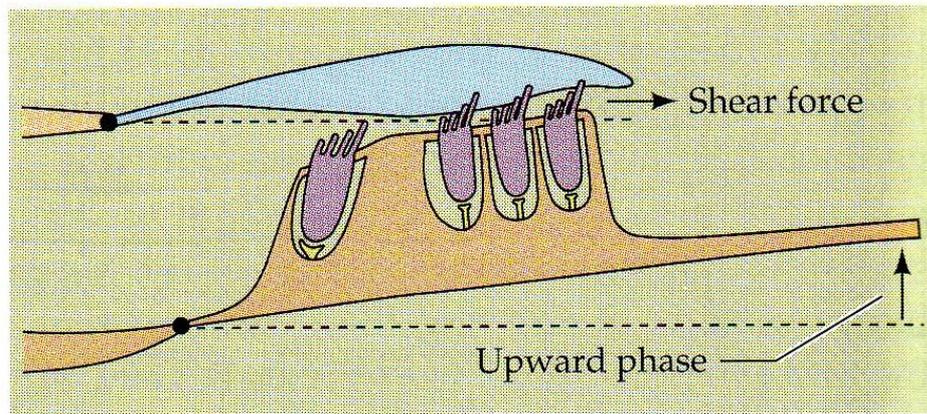


Pivot points for tectorial and basilar membranes are offset



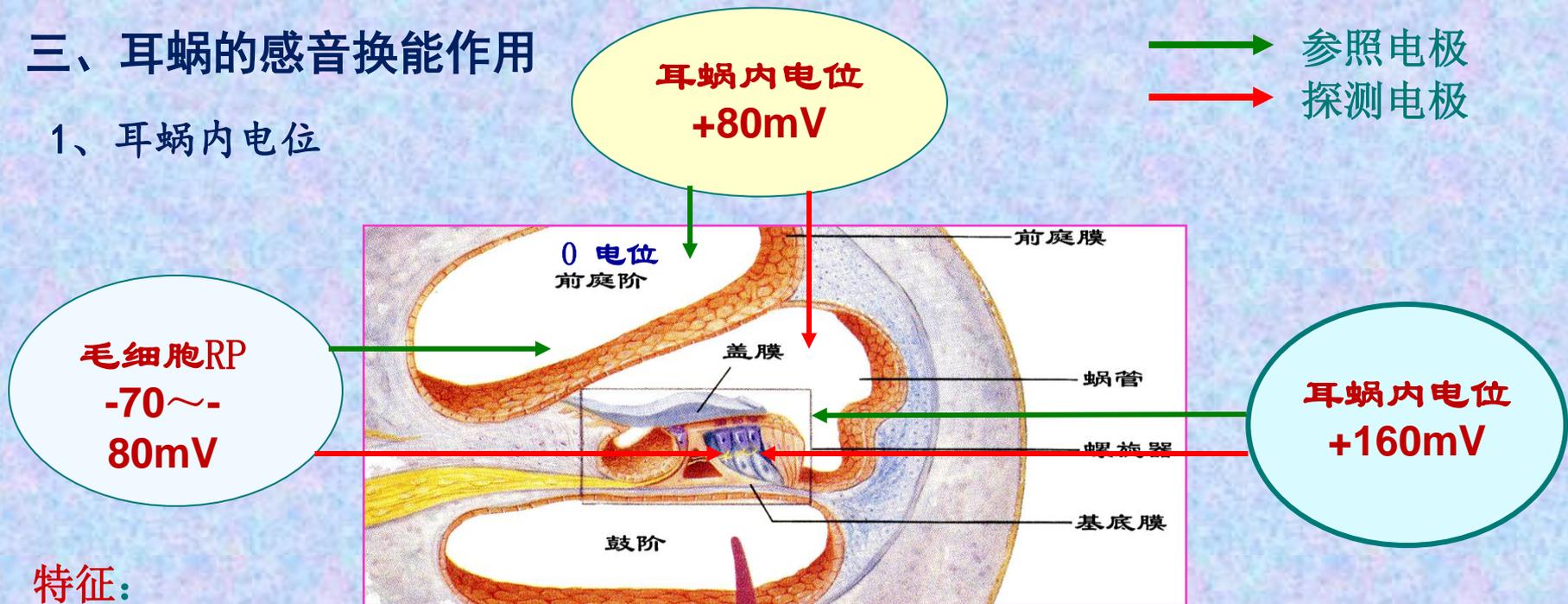
Resting position

### Sound-induced vibration



### 三、耳蜗的感音换能作用

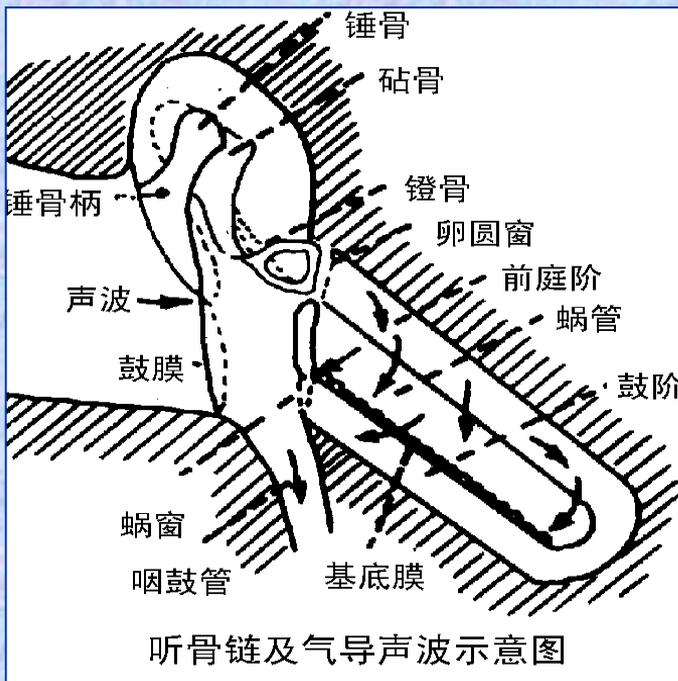
#### 1、耳蜗内电位



特征:

- ①蜗管内淋巴电位是正值;
- ②与蜗管外侧壁的血管纹细胞膜上的 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ 泵, 泵 $\text{K}^+$ 入内淋巴量 $>$ 泵 $\text{Na}^+$ 回内淋巴量有关。
- ③对缺氧非常敏感( $\because \text{Na}^+\text{-K}^+$ 泵的耗能有关)。

## 2、声-电换能过程概述



声波

外耳道

鼓膜

听骨链

卵圆窗

前庭阶  
外淋巴

基底膜

螺旋器上下振动

毛细胞的听毛与盖膜发生交错的移行运动

毛细胞的听毛弯曲

毛细胞顶端膜上的机械门控阳离子通道开放

内淋巴中 $K^+$ 顺电-化学梯度扩散入毛细胞内

毛细胞去极化 $\rightarrow$ 感受器电位(微音器电位)

激活毛细胞底部膜电压依赖性 $Ca^{2+}$ 通道

$Ca^{2+}$ 入胞 $\rightarrow$ 毛细胞释放递质

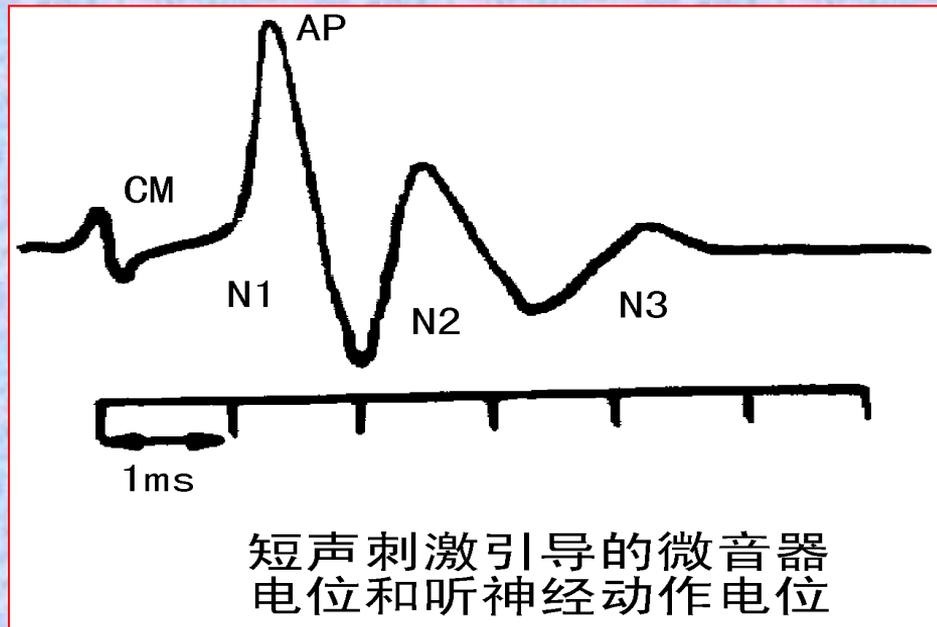
听神经动作电位

### 3、微音器电位 (CM)

当将引导电极置于耳蜗内或耳蜗附近记录到的与声波频率和振幅变化一致的电位波动，称为微音器电位 (microphonic potential)。

具有以下特征：

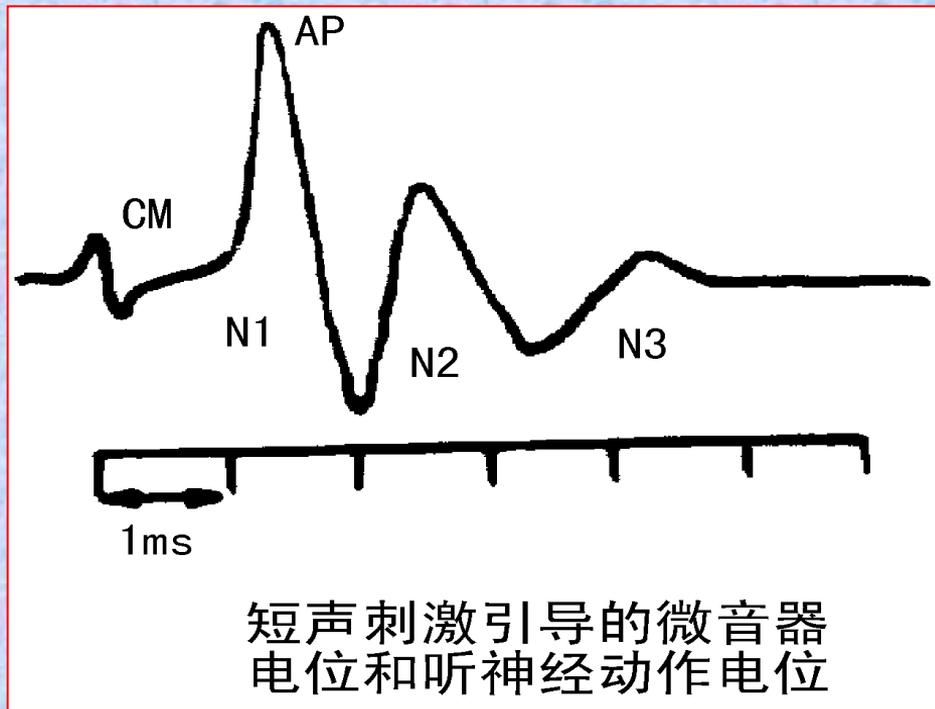
- ①在一定声强范围内能与声刺激的频率、极性、幅度完全相同；
- ②无不应期、无适应性、无疲劳现象；
- ③对缺氧、温度下降和深麻醉相对不敏感；
- ④是一种交流性的电位。



#### 4、听神经动作电位

是一串先负后正的双相复合波(N1、N2、N3……)。各波代表潜伏期不同的和起源部位不同的多组神经纤维的同步放电。

是耳蜗神经复合神经AP。电位幅度与声强、参与反应的神经纤维数目及放电的同步化程度有关。



## 四、耳蜗对声音的初步分析功能

### 1. 对音强(响度)的辨别:

主要取决于基底膜的振幅大小(音频不变):

既: 强音→基底膜振动幅度大→毛细胞兴奋的数目和程度↑→感受声音响度大

。

毛细胞的敏感性和背景声音有关:

#### ①背景声音:

如: 舰船的轮机人员、纺织工人, 长期在噪音环境中可影响听力。

②毛细胞的敏感性可受中枢传出调节: 听神经中的传出纤维也可控制毛细胞的兴奋性, 所以当人集中注意力听时, 往往可以听到较微弱的声音。

## 2、对音频(音调)的辨别 — 行波学说

- 2.1 主要依靠基底膜的振动部位：**既蜗底感受高音调；蜗顶感受低音调。**  
实验证明：不同的音频→不同部位的基底膜振动→不同部位的毛细胞兴奋  
→兴奋冲动通过特定传入N→听觉中枢的一定部位→不同的音调感觉。

对音调的辨别服从于所谓“部位”原则。目前常用行波学说来解释这种“部位”原则。



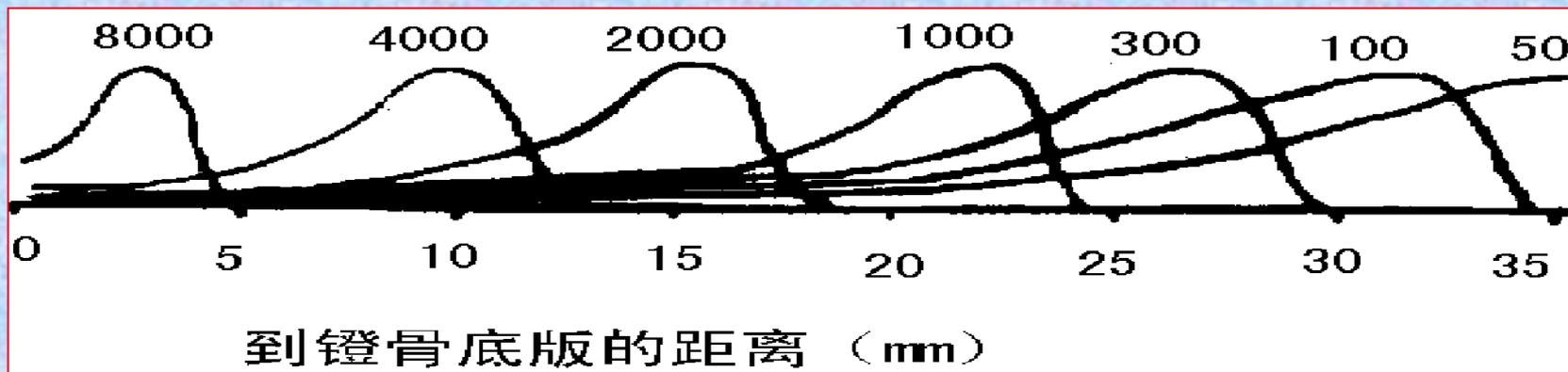
行波学说模式图

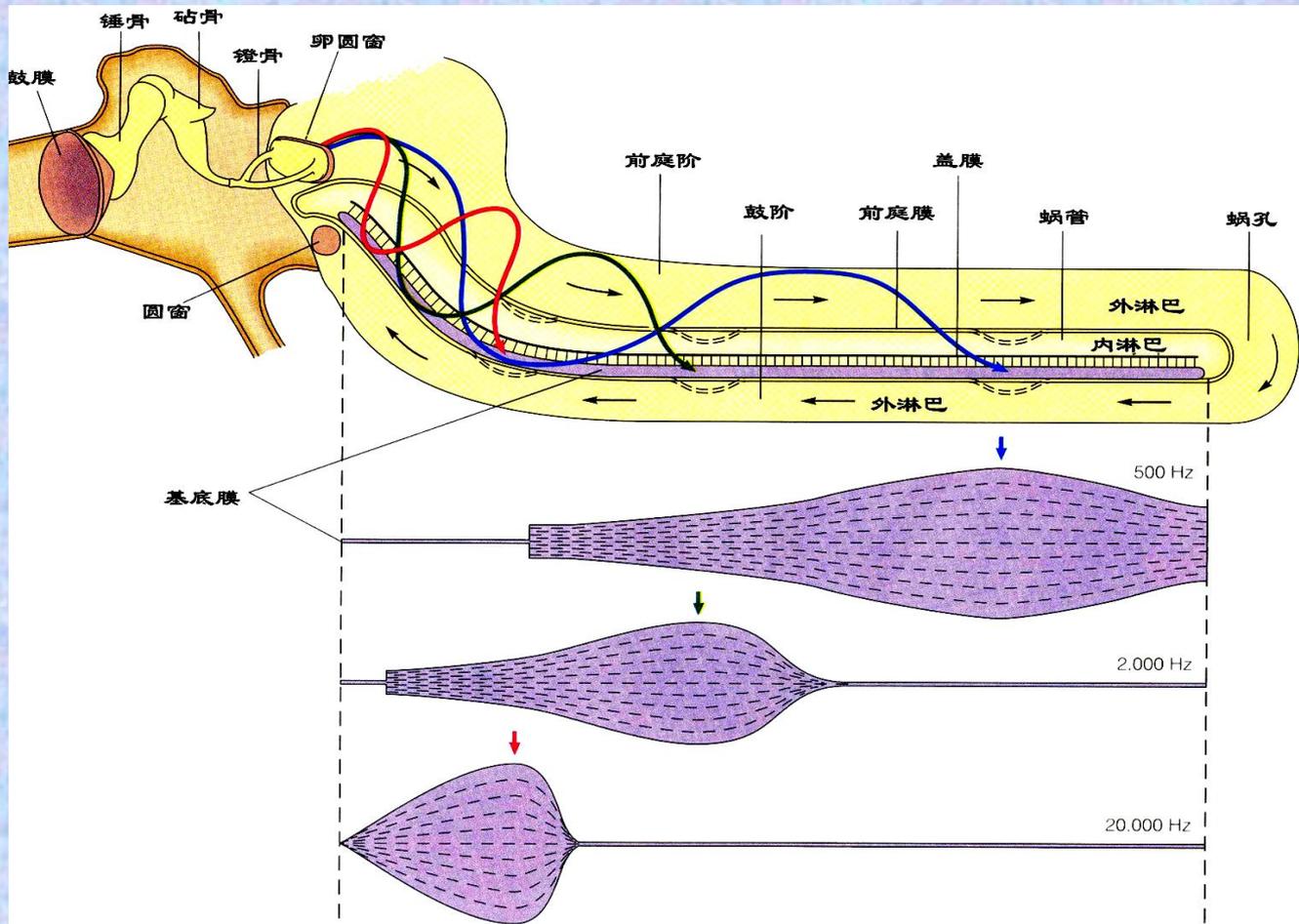
## 2.2 行波学说:

当声音振动→中耳听骨链振动→卵圆窗振动→前庭阶外淋巴+基底膜上下振动：  
以行波方式从蜗底向蜗顶传播，同时振幅也逐渐加大，到基底膜的某一部位，振幅达到最大，以后则很快衰减。

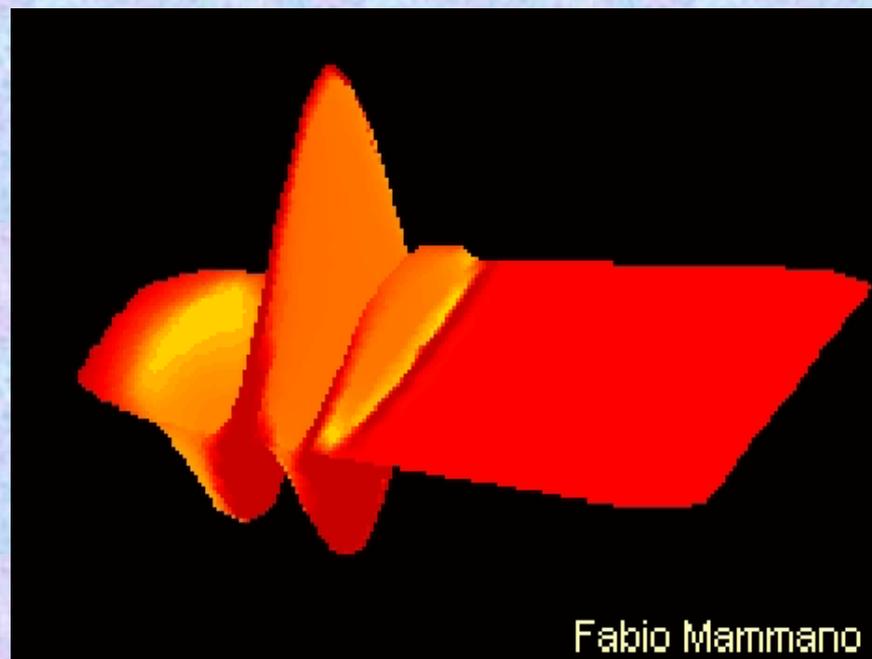
不同频率的声波，其行波传播的远近和最大振幅出现的部位不同：高频声波(波长短)传播近，最大振幅位于蜗底部；低频声波(波长长)传播远，最大振幅位于蜗顶部。

基底膜的最大振幅区为兴奋区，该部位的毛细胞受到刺激而兴奋，从而引起不同音调的感觉。

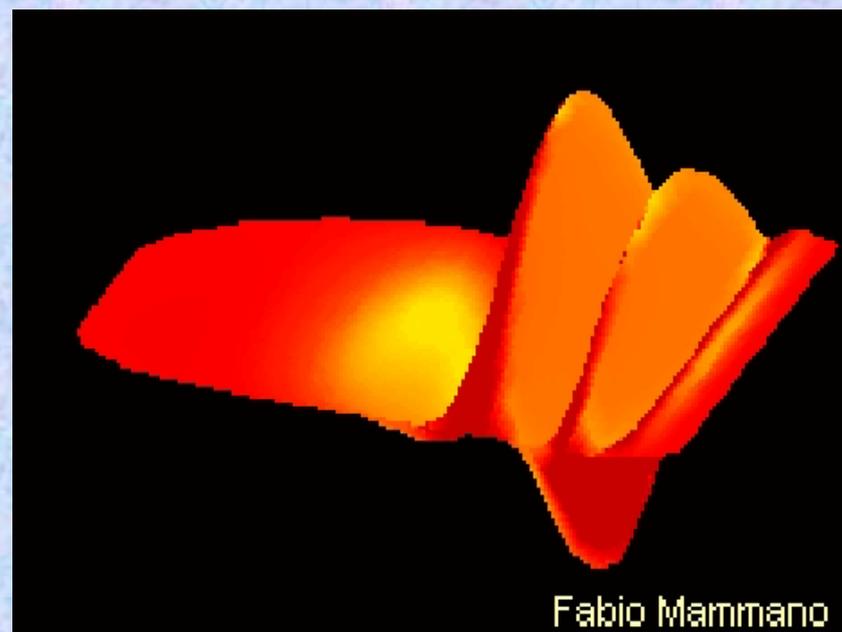




耳蜗对声波的初步分析 - 行波学说

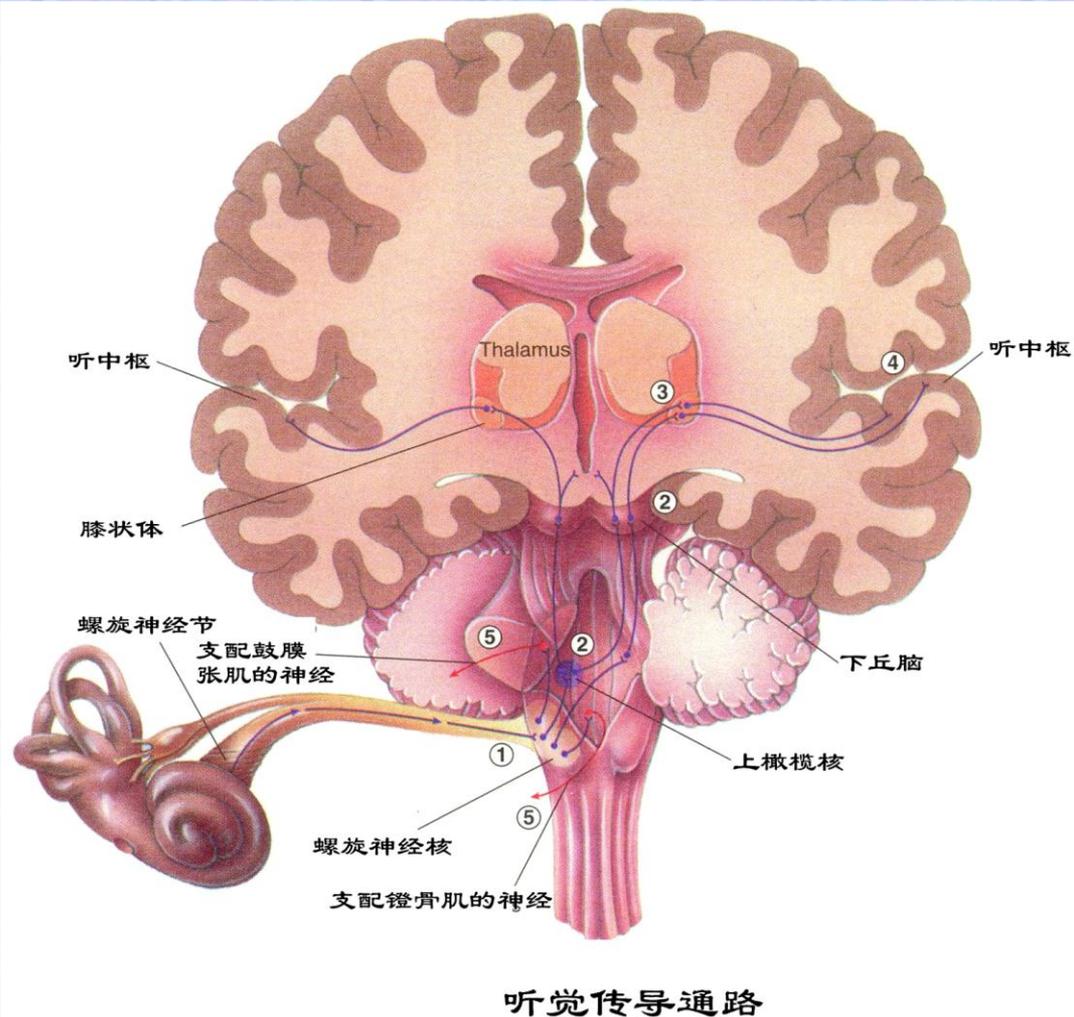
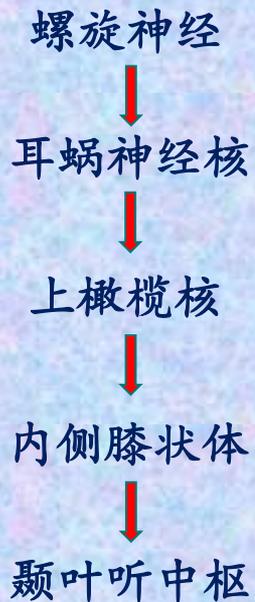


Fabio Mammano



Fabio Mammano

## 五、听觉传导通路



## 第四节 其它感觉

# 一、前庭器官

## 前庭

椭圆囊

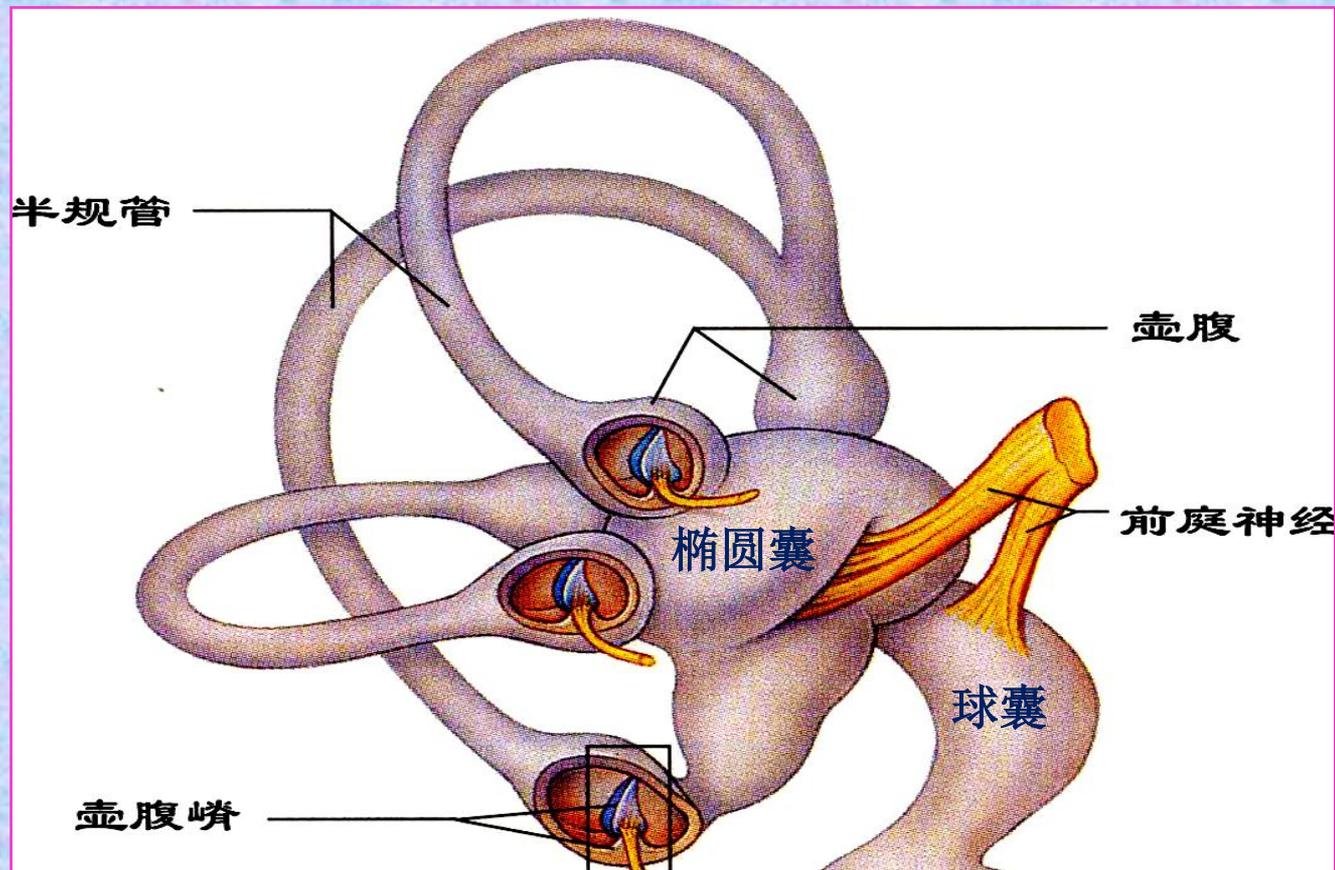
球囊

## 半规管

上半规管

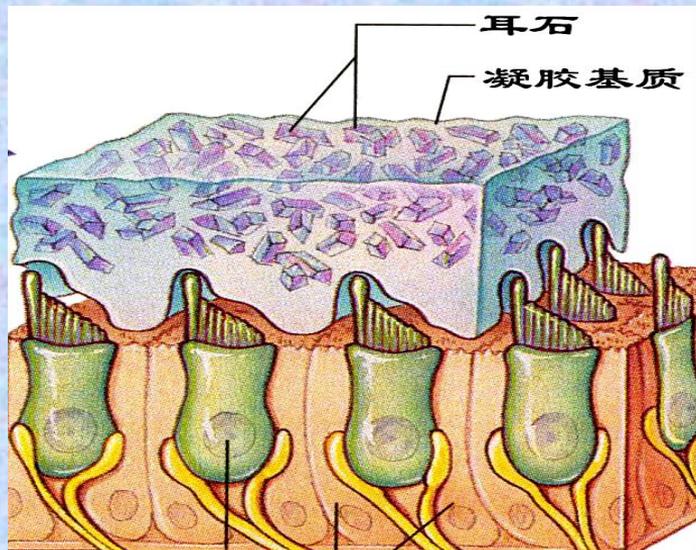
水平半规管

下半规管



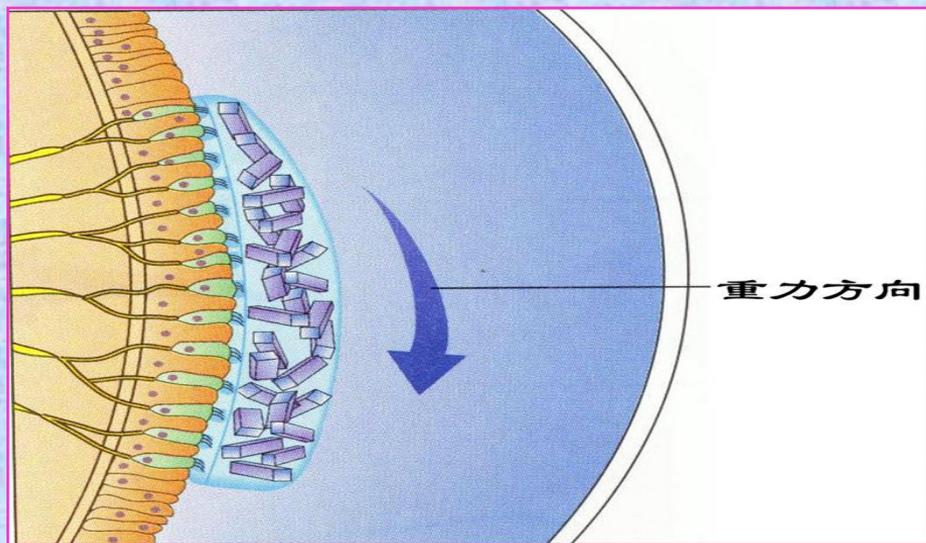
## 1、囊斑的结构和适宜刺激

囊斑中的毛细胞呈水平位，纤毛朝上，纤毛的游离端均嵌在毛细胞上方的耳石膜中。当产生水平加速度运动时引起耳石膜与毛细胞的纤毛发生相对位移(直线变速运动)，是囊斑的适宜刺激



## 2、球囊的结构和适宜刺激

球囊囊斑位于球囊的内侧壁，囊斑中的毛细胞呈斜挂位(与地面垂直)，纤毛朝外侧壁水平伸出，纤毛的游离端也嵌入悬在纤毛一侧的耳石膜中。当产生与地面垂直变速运动时，刺激毛细胞。

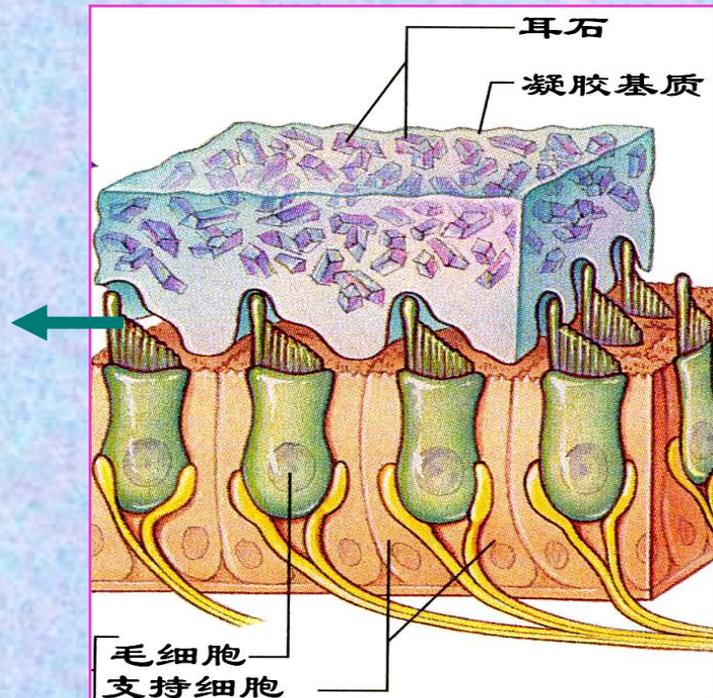
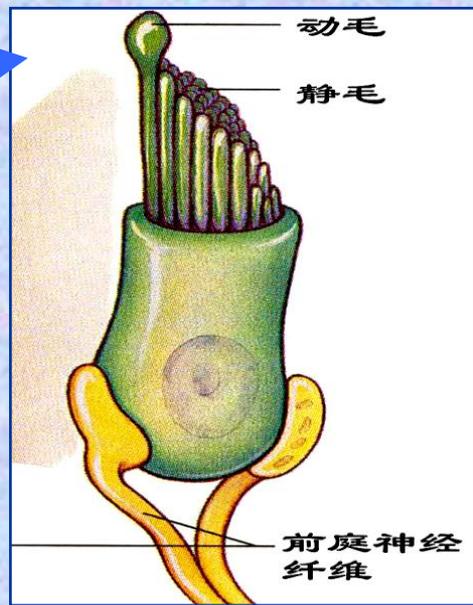
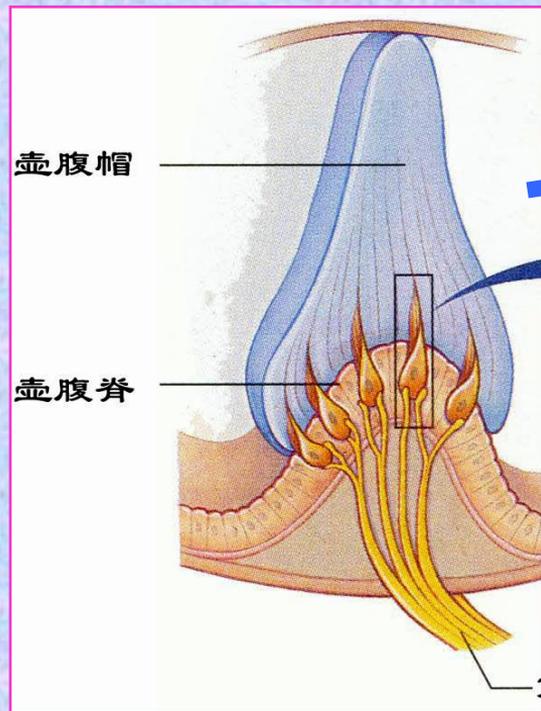




## 4、毛细胞的结构

动毛：1条，一侧边缘

静毛：60-100条



## 5、毛细胞的电生理现象

当动毛和静毛都处于自然状态时：

膜电位： $-80\text{mV}$

传入神经中频放电

当静毛向动毛侧偏曲时：

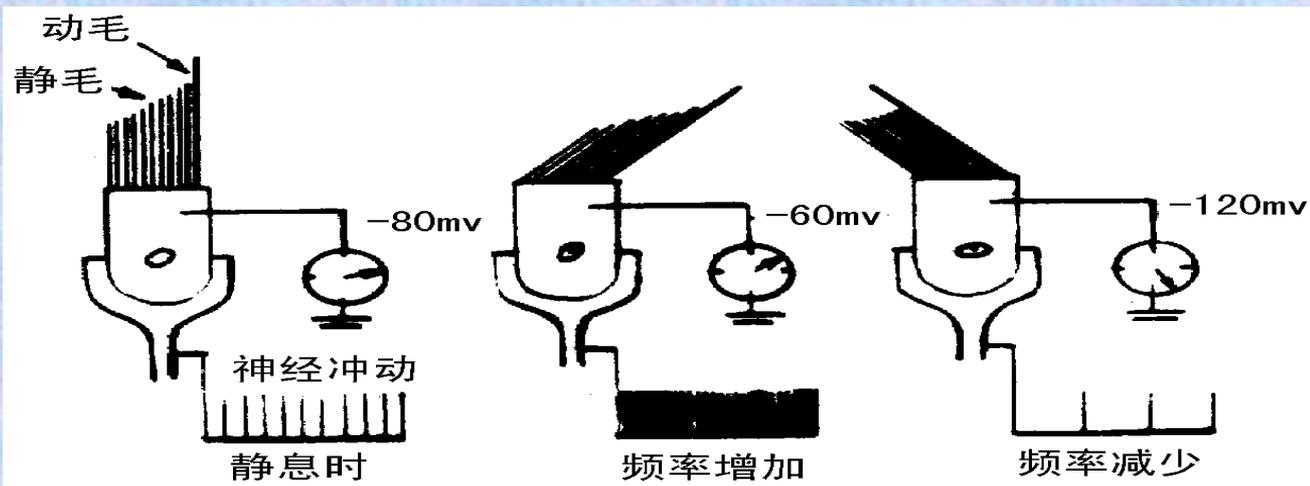
膜电位： $-60\text{mV}$

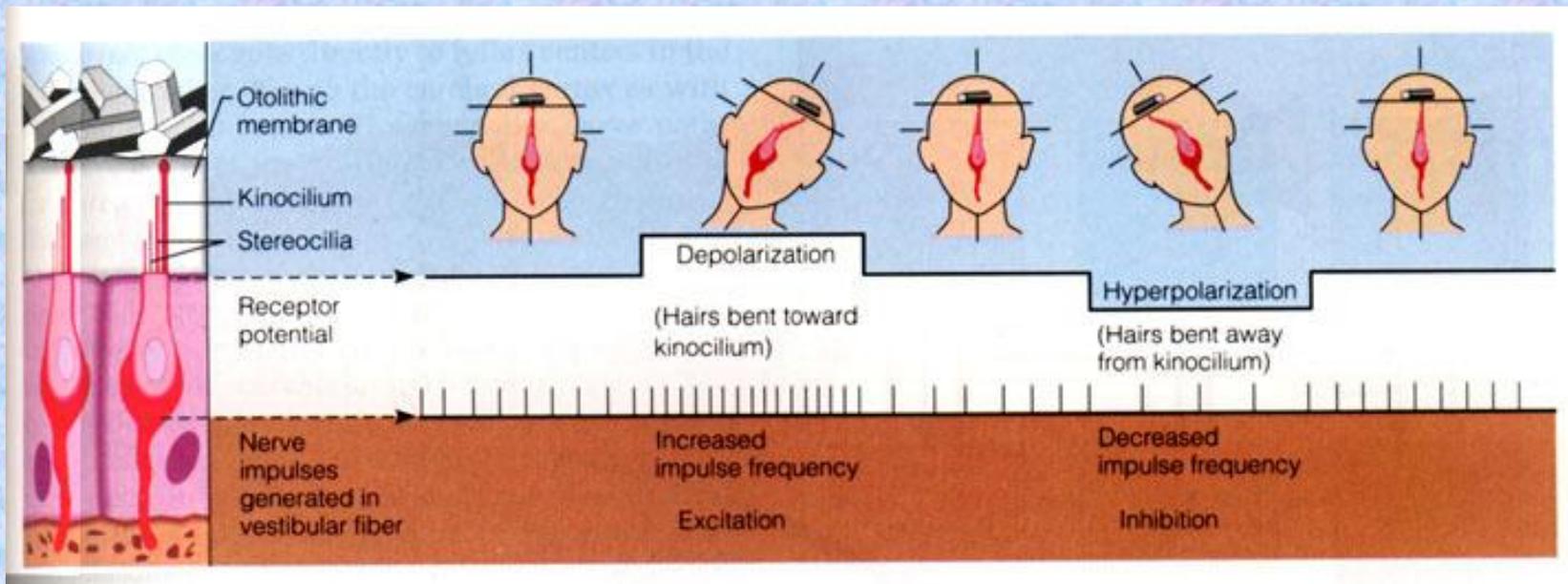
传入神经高频放电

当动毛向静毛侧偏曲时：

膜电位： $-120\text{mV}$

低频放电或放电停止





## 半规管功能与眼震颤

**眼震颤**：指不随意的节律性眼球往返运动的现象。

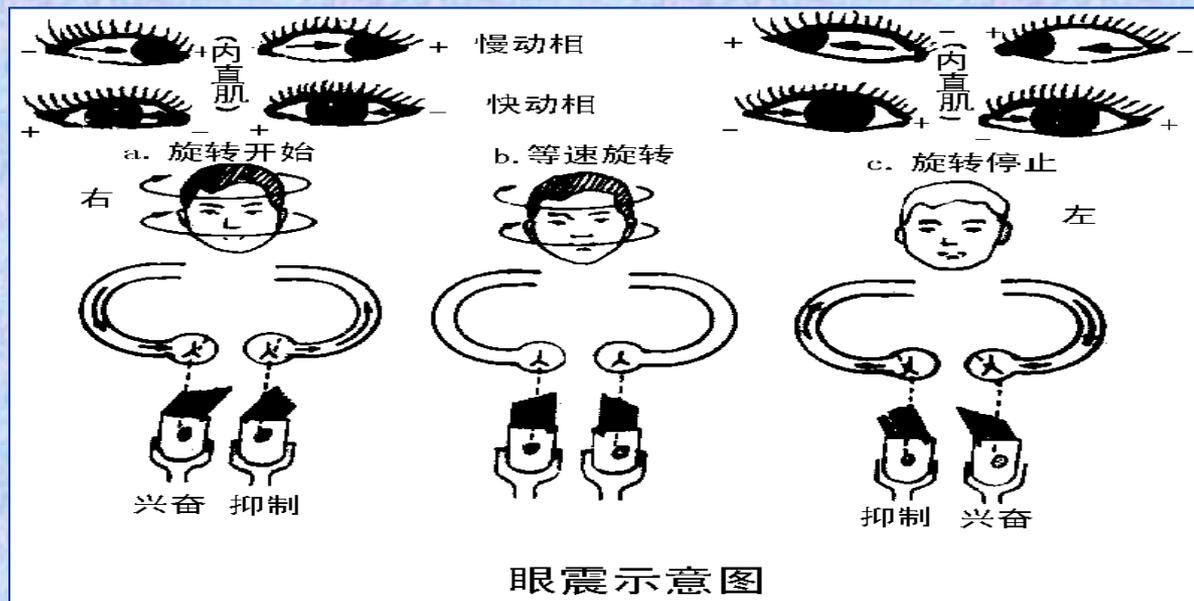
**慢动相**：眼球朝一方向缓慢移动的现象称慢动相。

(是刺激前庭器官引起的，与旋转方向相反)

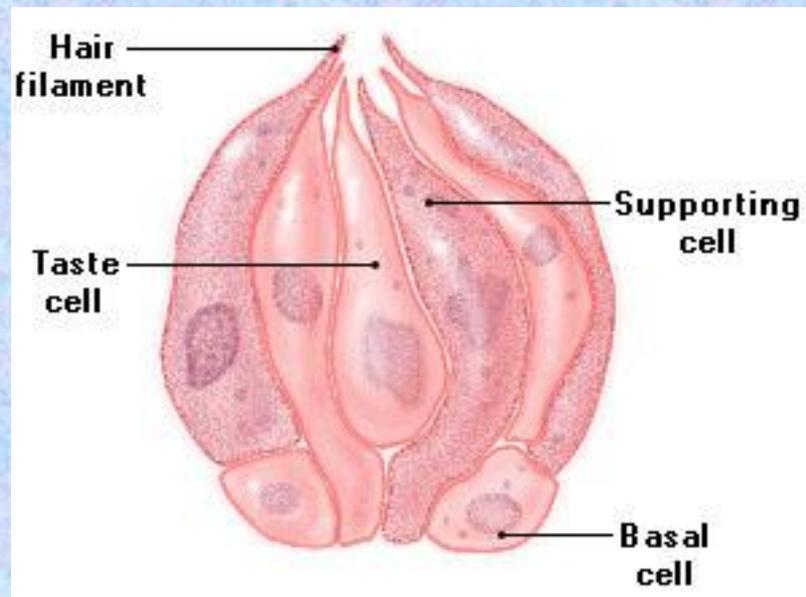
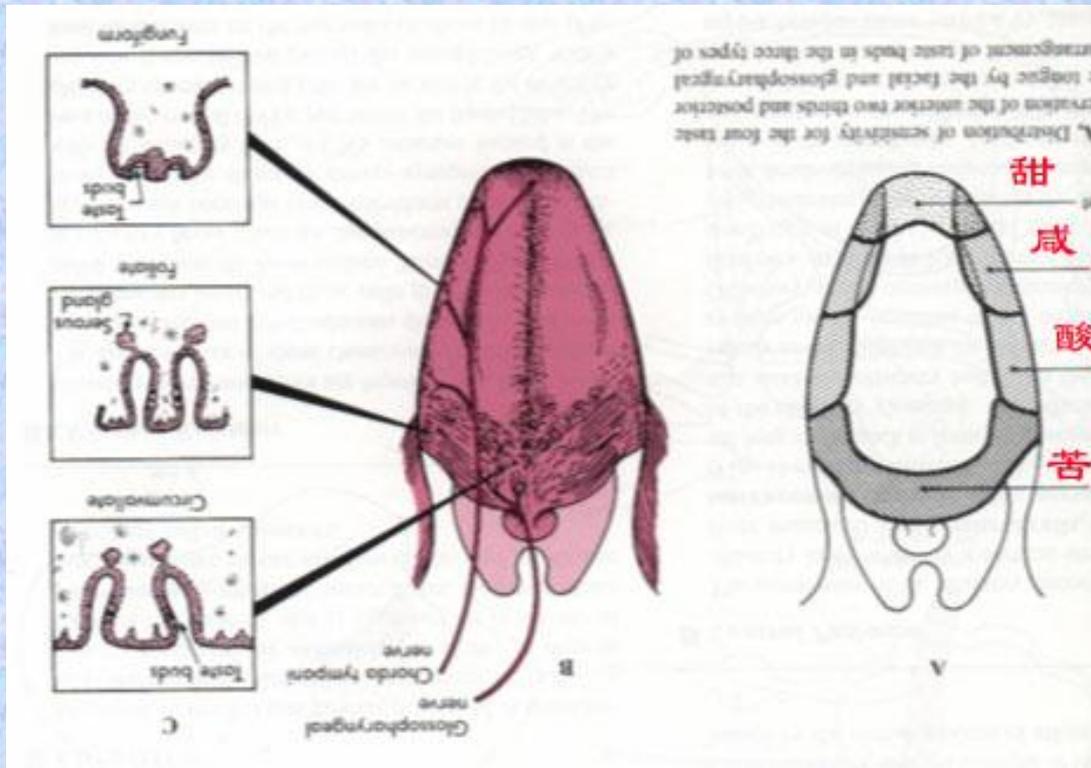
**快动相**：眼球再突然移回原位的现象称快动相。

(是中枢矫正性运动，与旋转方向一致)

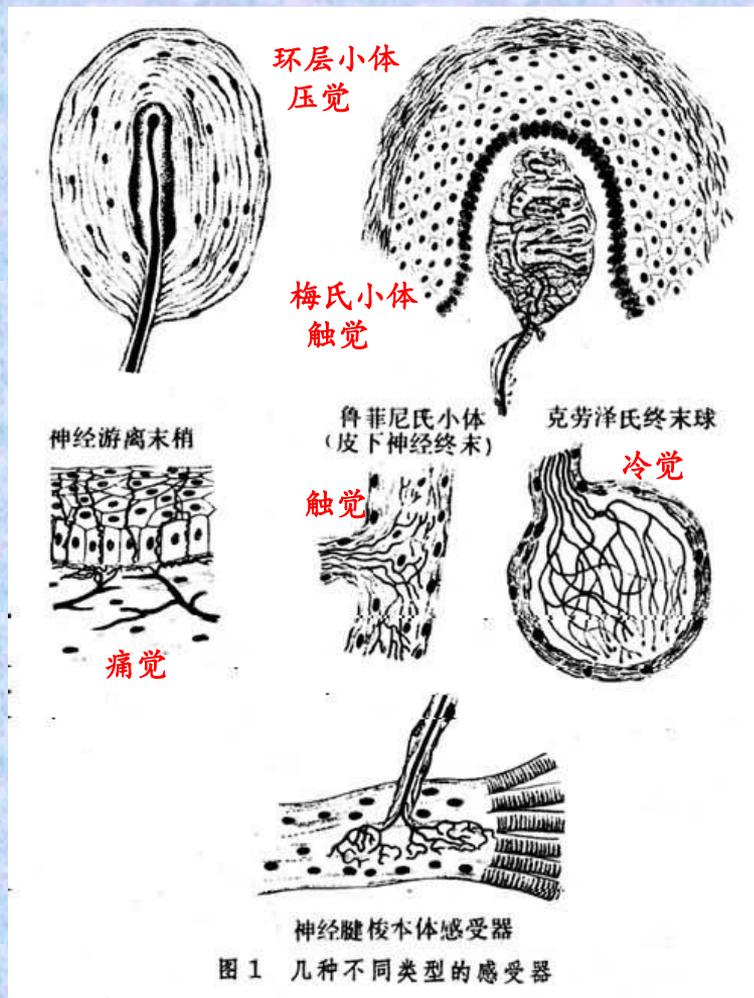
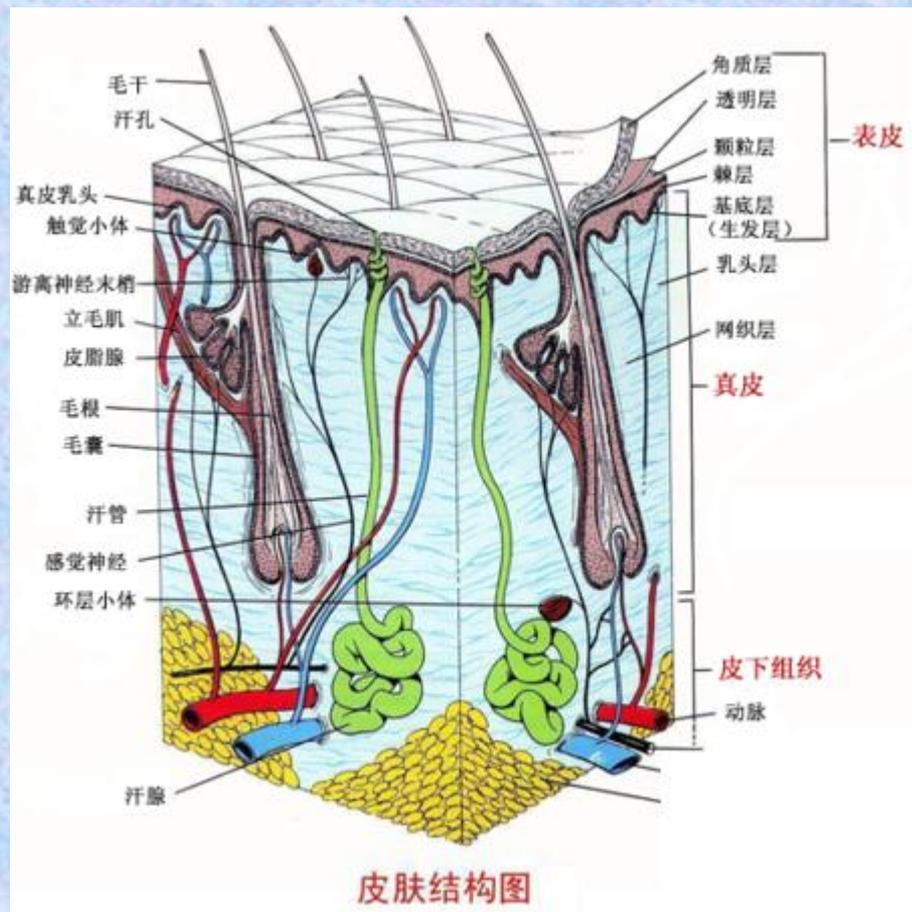
临床上把快动相方向规定为眼震颤的方向

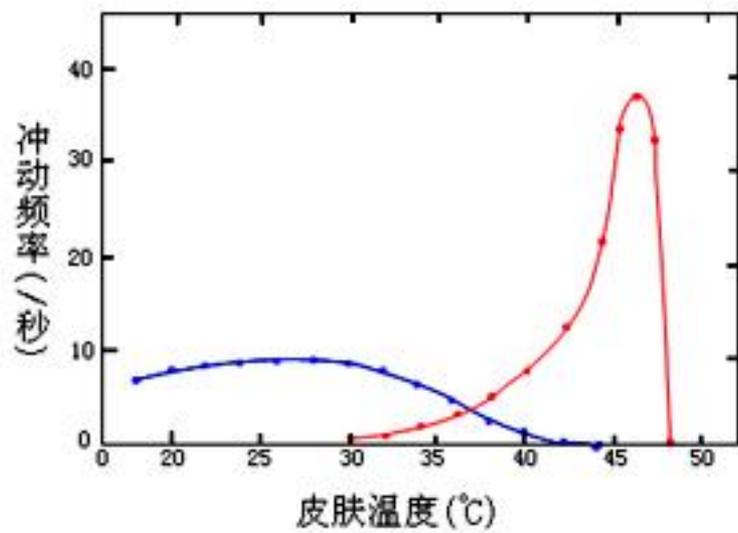


## 二、味觉



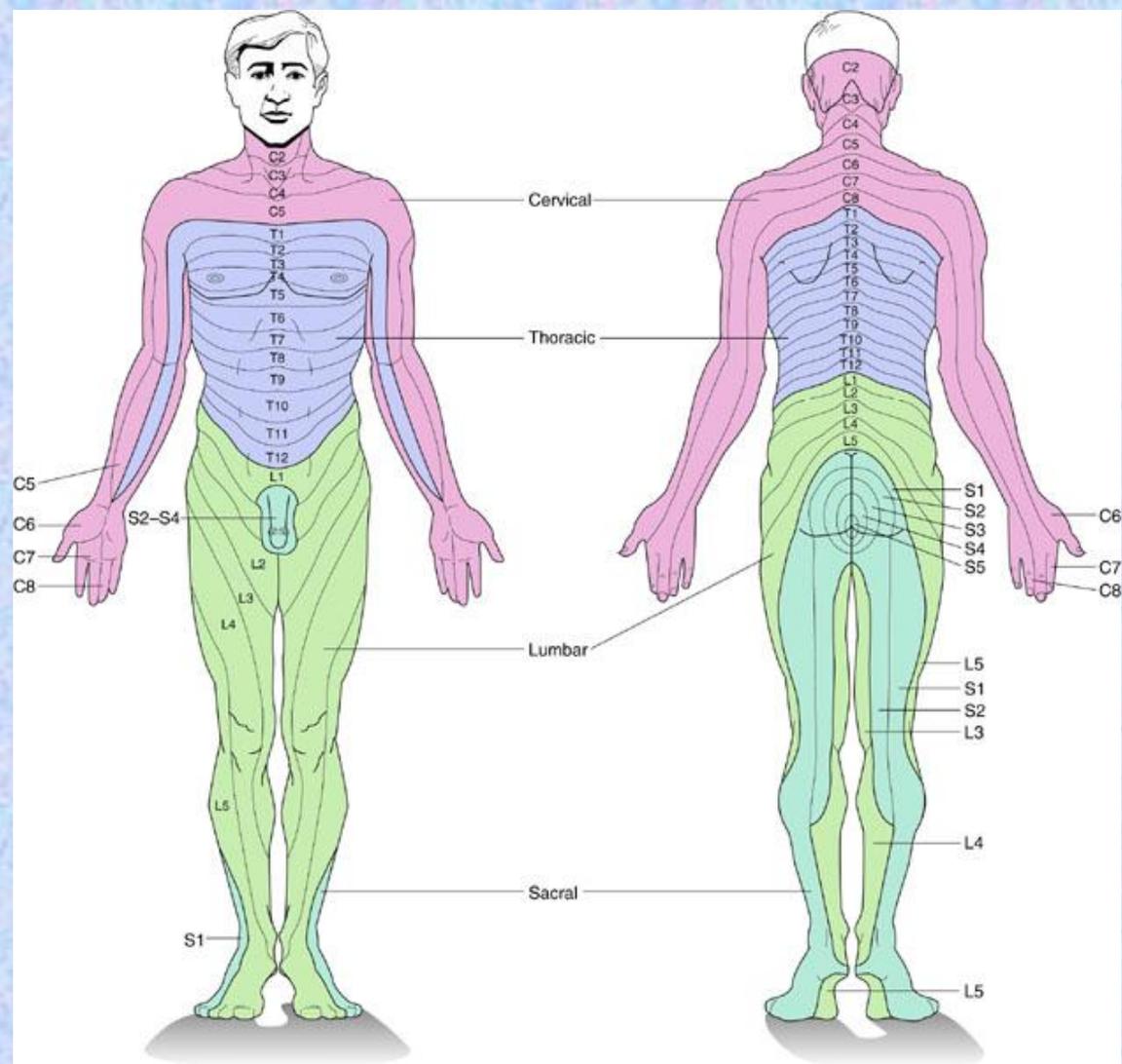
### 三、皮肤感觉

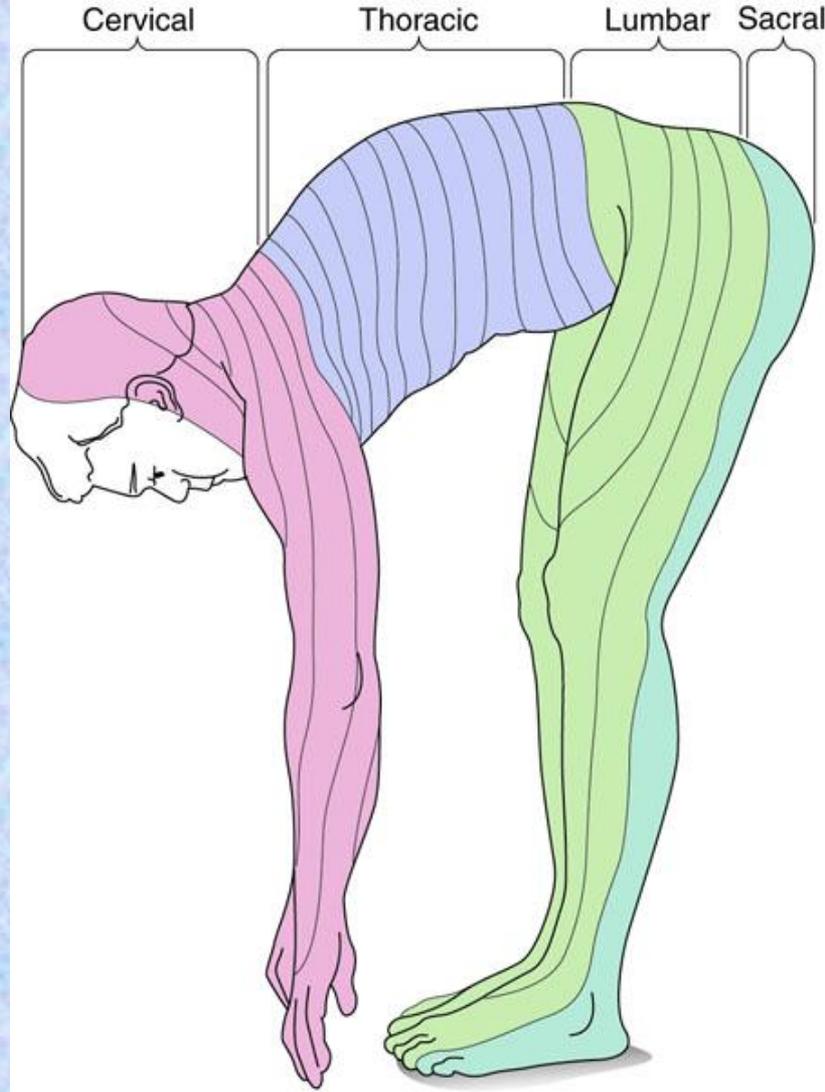




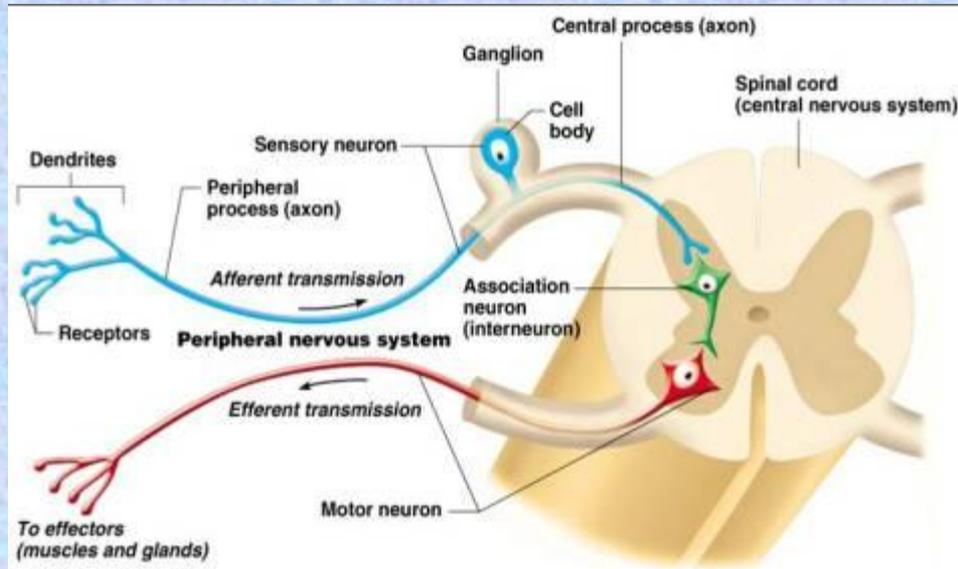
## 第四节 感觉信息传导

# 一、人体感觉神经分布

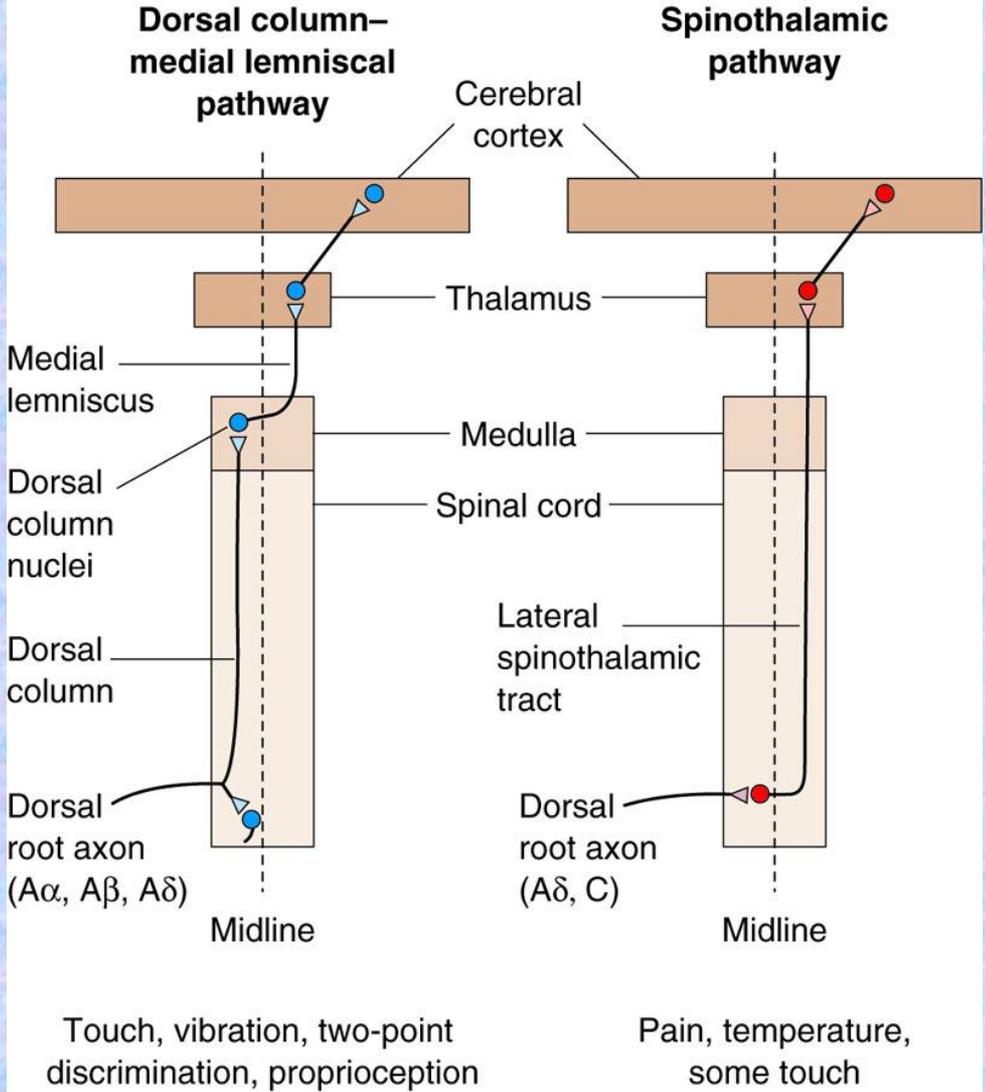
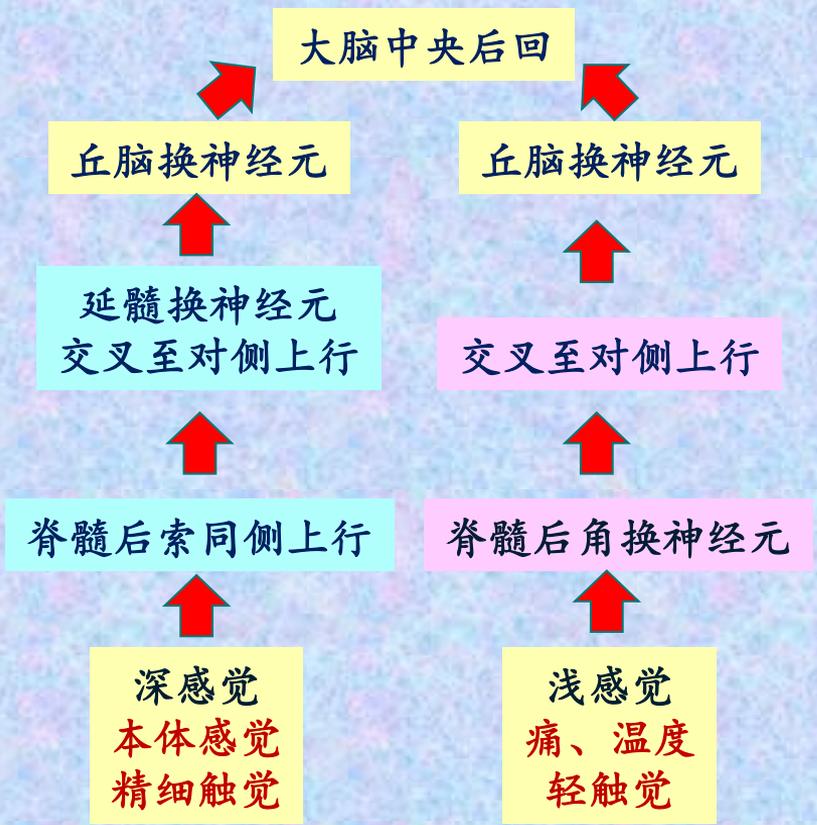




## 二、感觉神经从脊髓背根进入脊髓后角



### 三、特异性感觉信息在中枢的传导通路



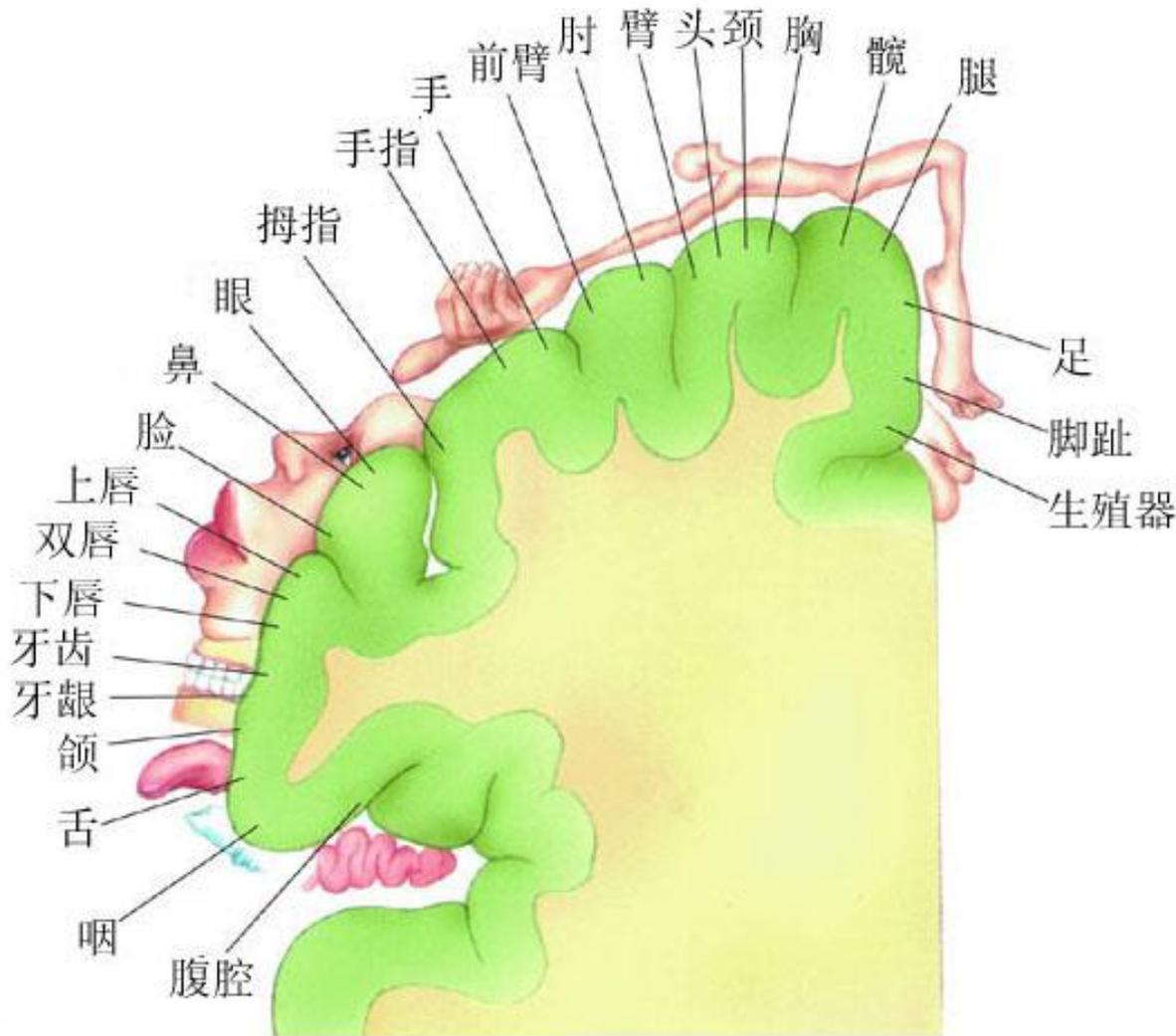
## 四、大脑皮层的感觉分析

特点：

1、对侧

2、大小与感觉精细程度有关

3、在中央后回成倒置分布



## 五、非特异性感觉信息的传导通路

特异性感觉信息的传导通路

丘脑

大脑皮层中央后回  
形成特定感觉

侧枝

脑干网状结构

丘脑

大脑皮层广泛区域  
维持大脑清醒，觉醒

