

FDU 脑科学 9. 感觉

9.1 视觉系统

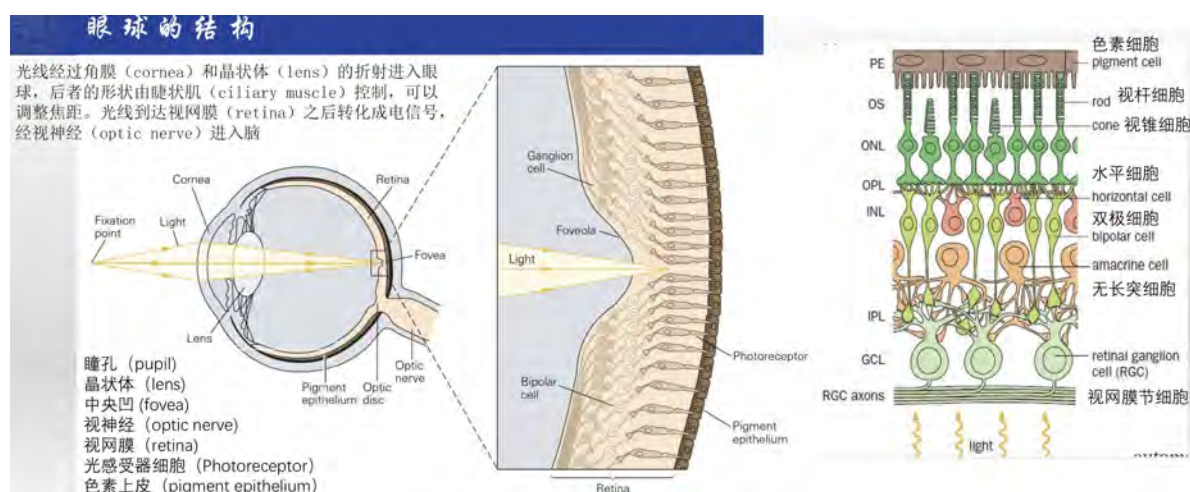
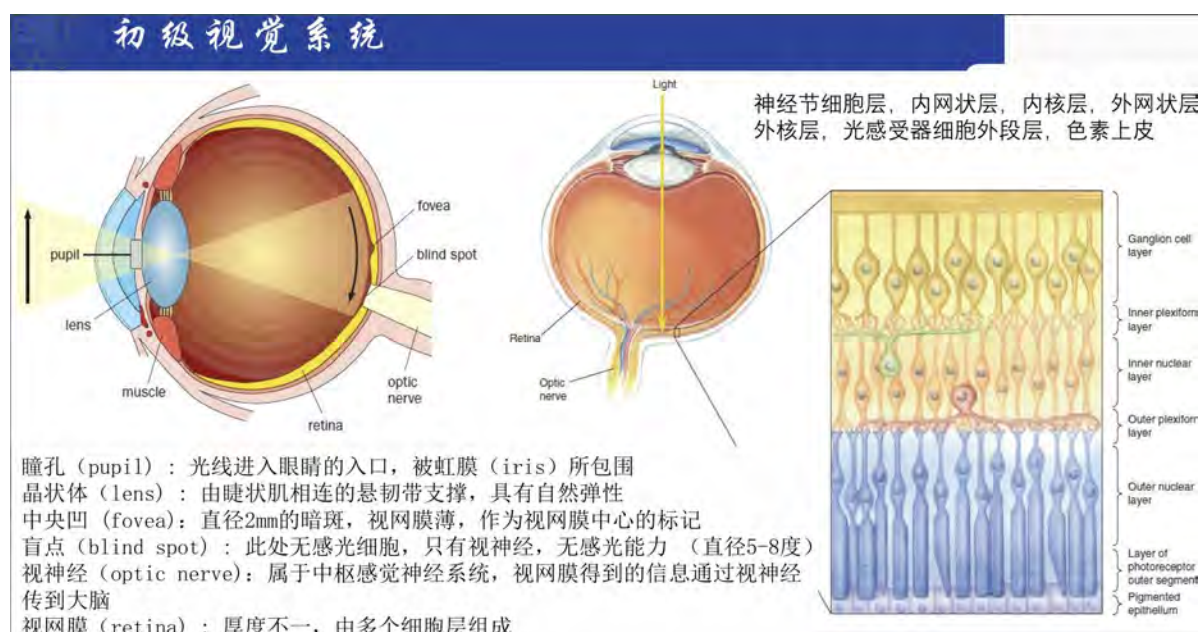
9.1.1 初级视觉系统

只有高级灵长类动物会有**中央凹** (fovea)，下方有**盲点** (blind spot)

光感受细胞在视网膜底部，信息向上传到 (与直观的想法相违背，这样就造成了盲点)

解释理论:

- ① 防止光感受细胞因强光刺激而受到损失
- ② 神经节细胞 (产生动作电位)，需要离毛细血管更近以获得更多养分



神经节细胞 (产生动作电位)——双极细胞 (传导)——光感受细胞 (将光信号转换为电信号)

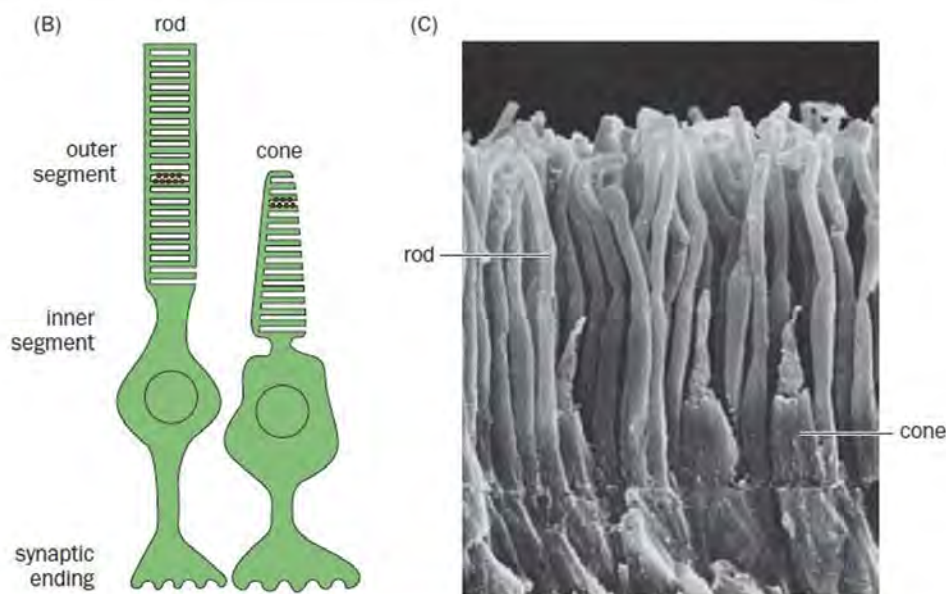
- 水平细胞和无长突细胞是抑制性神经元，用于调控。
水平细胞和无长突细胞衰减双极细胞传递的信号，只有传递到神经节细胞才会产生动作电位。

感光细胞没有树突，只有轴突。

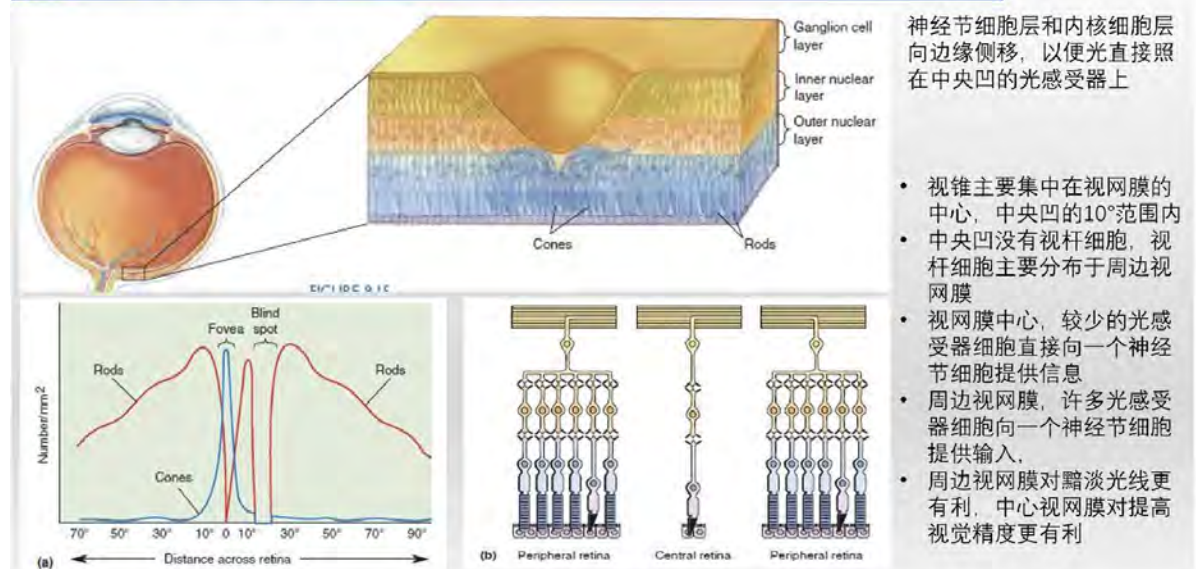
这两种细胞把光信号转化为电信号，不能产生动作电位。

二者形态上的特殊之处是 "外段" (outer segment)，即包含感光色素 (photopigments) 的碟状部分 (Discs)

- **视杆细胞 (rod):** 数量更多，对光子更敏感 (能对单个光子产生反应)，适于夜间视觉 (它更多，在视网膜中杆细胞的数量也大致是锥细胞的20倍) (它更长，拥有更多包含感光色素的碟状部分，因此感光能力更强) 光线非常暗时，只有视杆细胞工作，只有黑白视觉，而且难以察觉暗颜色物体的运动。
- **视锥细胞 (cone):** 聚集于中央凹部位——视网膜的中心 (激活锥细胞所需要的光强阈值更高，在日光条件下，产生视觉的主要是锥细胞)
特性: 高亮度视觉、高空间精度视觉、范围更广的运动视觉和颜色视觉 (color vision)
类型: S视锥细胞 (蓝色) (5 ~ 10%)、M视锥细胞 (绿色) 和 L视锥细胞 (红色)



视杆细胞和视锥细胞



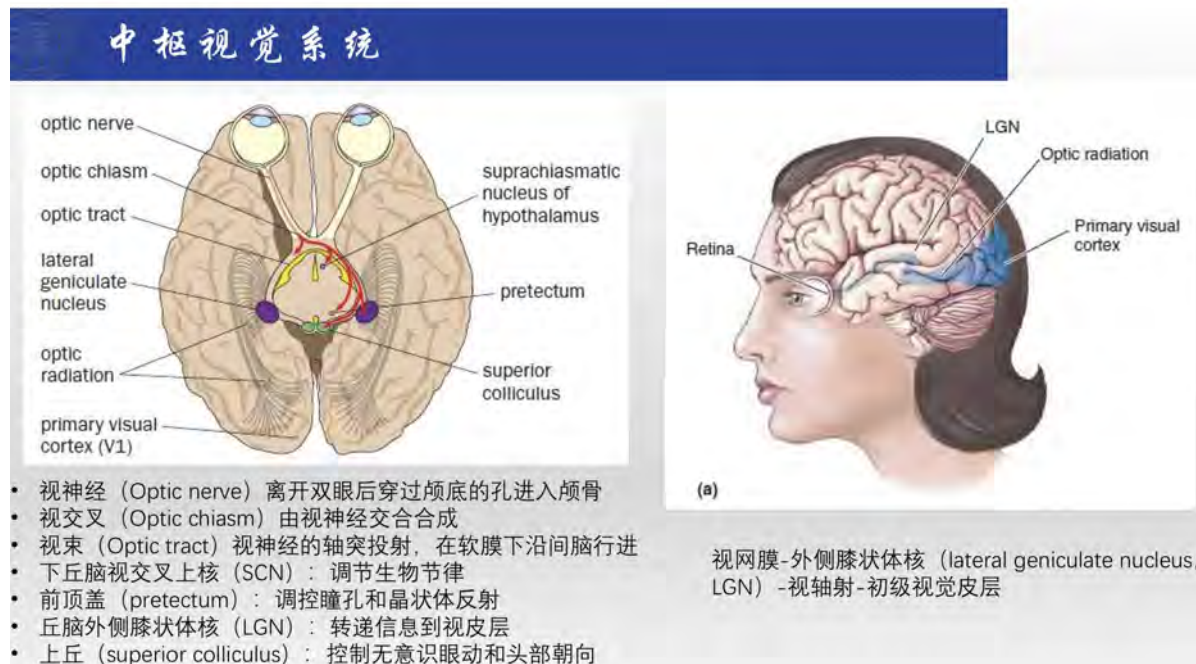
视杆细胞则在视网膜除中央凹之外的区域较均匀地分布，在中央凹密度很低。

中央凹外层没有双极细胞和神经节细胞，光线直接刺激高密度的锥细胞层，并且锥细胞密度在中央凹外快速下降。

9.1.2 中枢视觉系统

感觉信息到达大脑的第一站就是丘脑。

视网膜——外侧膝状体核 (lateral geniculate nucleus, LGN) ——视轴射——初级视觉皮层



双眼视野:

尝试双眼直视前方，轮流闭合两个眼睛，

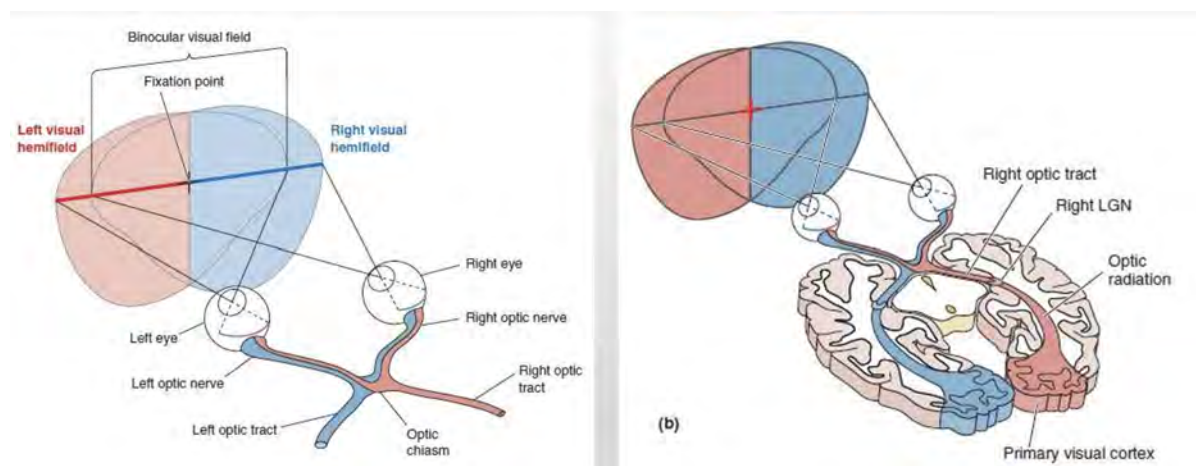
可以看到两个半视野 (visual hemifield) 中心部分可以被两个眼睛所看见。

视神经纤维在**视交叉**处交换，左半视野的信息导入大脑右侧，右半视野导入大脑左侧。

(两眼视野在右侧视野的部分进入了左侧视束，两眼视野在左侧视野的部分进入了右侧视束)

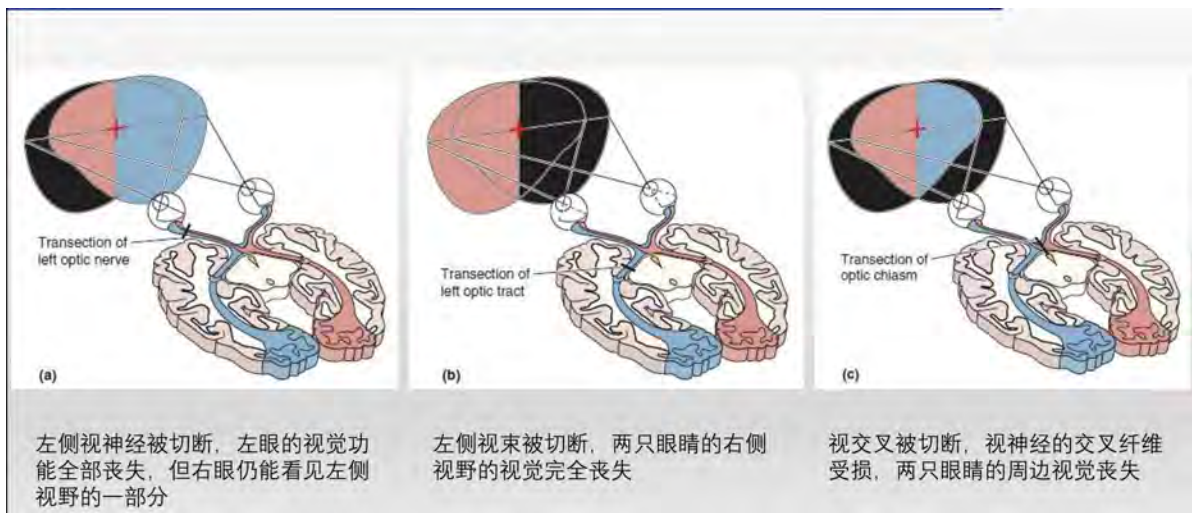
视野的中点 (平视前方时) 称作**注视点** (fixation point)

视网膜中大致有 60% 的部分接受对侧 (contralateral) 视野的输入，另有 40% 接受同侧 (ipsilateral) 视野的输入。



视神经损伤引起的视野丧失:

视交叉被切断，只能看到交叉区域的图像。



初级视觉皮层:

Brodmann 分区 Area 17: 位于灵长类大脑枕叶，大脑半球表面的内侧，在距状沟周。

小鼠作为模式动物的缺点: 大脑没有沟回 (优点是繁殖快、体型小方便操作)

猫体型适中，而且大脑有沟回 (特别是有视觉中枢)，适合做视觉实验。

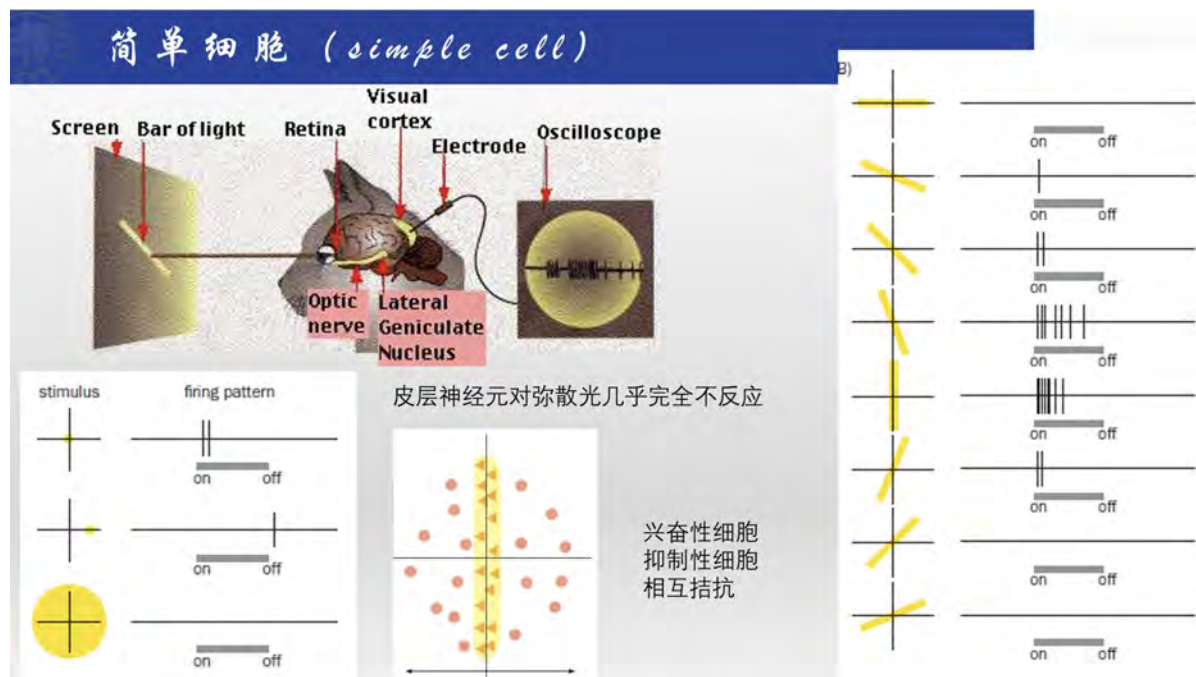
条带感光的细胞称为**简单细胞** (simple cell)

这些细胞接收**外侧膝状体核** (LGN) 的信号。

其特点为兴奋性细胞 (排布有方向性) 和抑制性细胞 (弥散排布) 相互拮抗。

(回忆起上节课: **椒盐分布**和**风车状分布**)

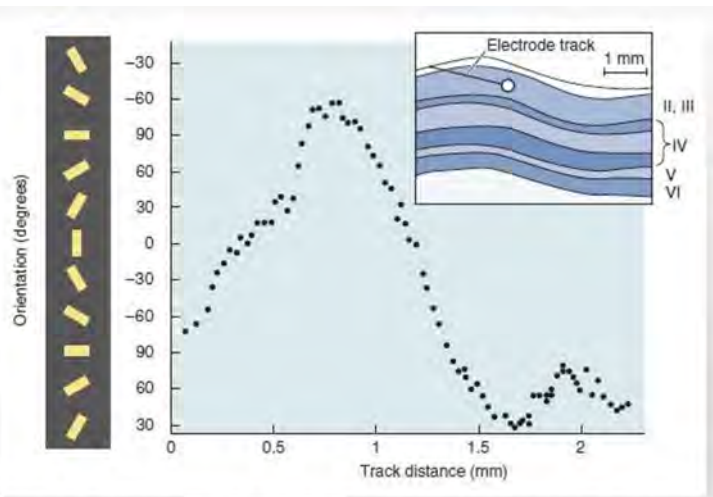
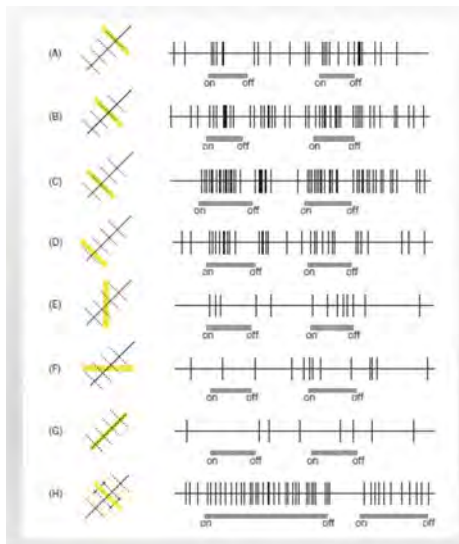
- 感受野由相互拮抗的给光区和撤光区组成
- 静止的光带能用于确定其给光区和撤光区
- 不同感受野的兴奋区和抑制区的比例不同，但两种区域的作用总是严格匹配，相互抵消
- 对弥散光刺激至多引起一个很微弱的反应
- 对不侵占拮抗区的、有适当朝向的刺激产生最优反应
- 撤光区对暗条形刺激并非总是产生反应，对撤光区给光通常表现为给光区诱发放电的减弱



复杂细胞:

无明显给光和撤光区域、方向选择性敏感、运动敏感。

只有方向性的运动 (刺激一系列简单细胞整合信息提供给复杂细胞) 才能引发复杂细胞的响应。



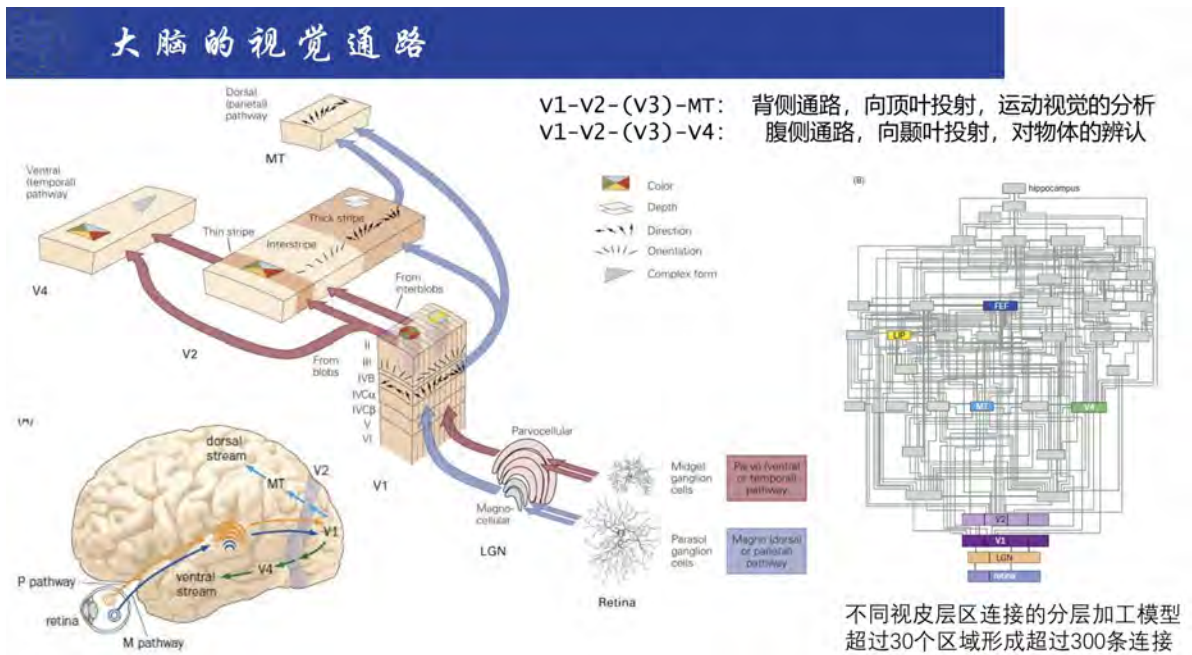
- 微电极沿法线（垂直于表面方向）从一个细胞层进入另一个细胞层，其所记录到的神经元的方位选择性保持一致
- 微电极沿切线方向进入某一层，记录到方位选择性呈周期变化

功能柱: 特性相似的细胞垂直排列于视皮层
同一功能柱的细胞的响应方向都是一致的。
不同功能柱的响应方向按周期性排布。

大脑视觉通路:

- V1-V2-(V3)-MT: 背侧通路，向**顶叶** (MT) 投射，运动视觉的分析 (方位、速度)
- V1-V2-(V3)-V4: 腹侧通路，向**颞叶** (V4) 投射，对物体的辨认 (颜色、形状)

视网膜 → 外侧膝状体 (整合) → 初级视觉皮层 (枕叶) → 分类为不同信息传递到不同脑区

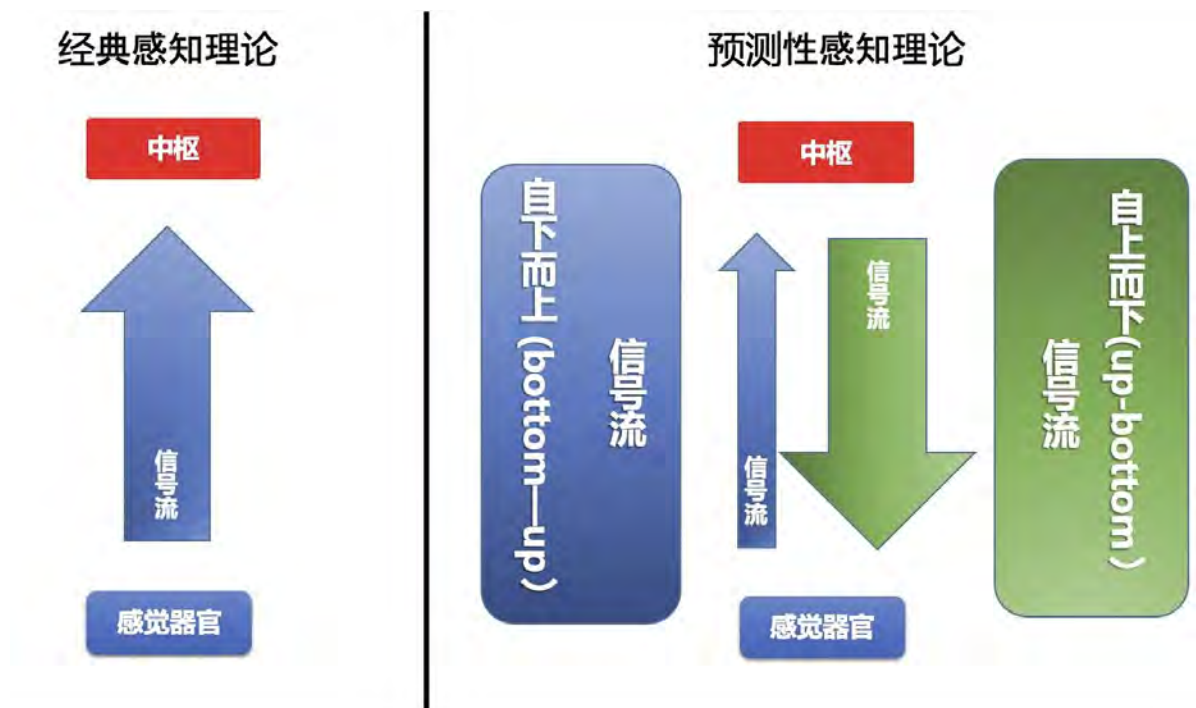


9.1.3 高级视觉功能

视错觉: 问题出在大脑的视觉处理.

预测感觉理论: 大脑有自上而下对感觉器官的控制 (从认知角度研究视觉系统)

- 低级视觉处理: 图像辨别
- 中级视觉处理: 图形识别
- 高级视觉处理: 视觉整合、分类、学习关联、联想、记忆提取、情绪特征提取

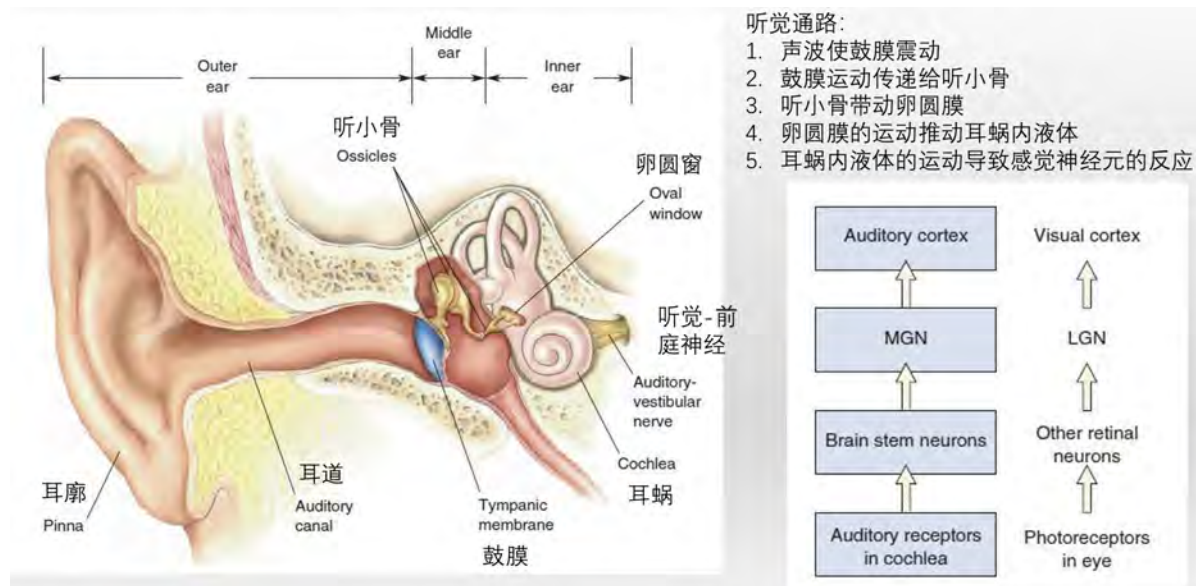


9.2 听觉系统

9.2.1 听觉系统的结构

耳蜗将震动信息转换为电信号。

听觉感官 → 脑干 → (丘脑) 内侧膝状体核 (MGN) → 听觉皮层

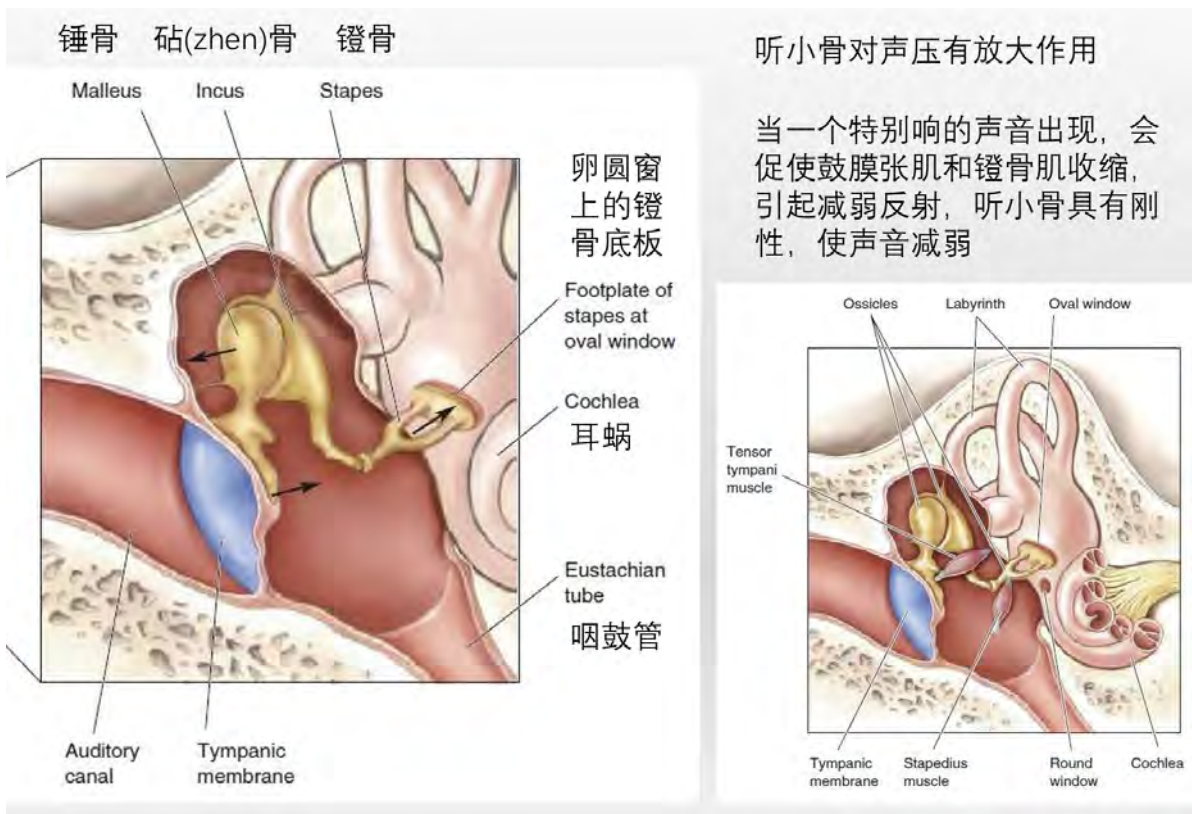


中耳结构:

(鼻腔、耳朵和口腔是连通的)

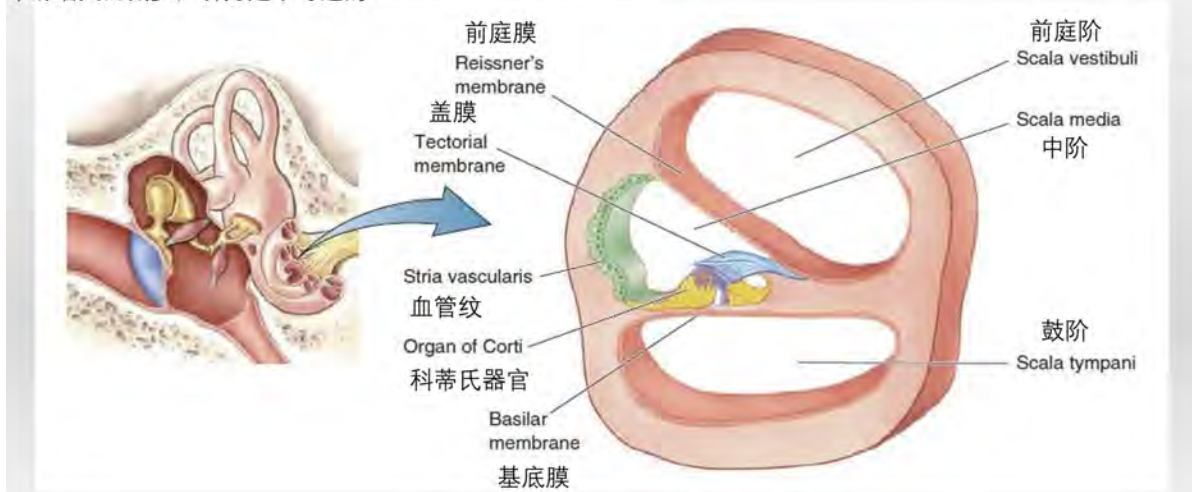
听小骨对声压有放大作用。

当一个特别响的声音出现，会促使鼓膜张肌和镫骨肌收缩，引起减弱反射，听小骨具有刚性，使声音减弱。



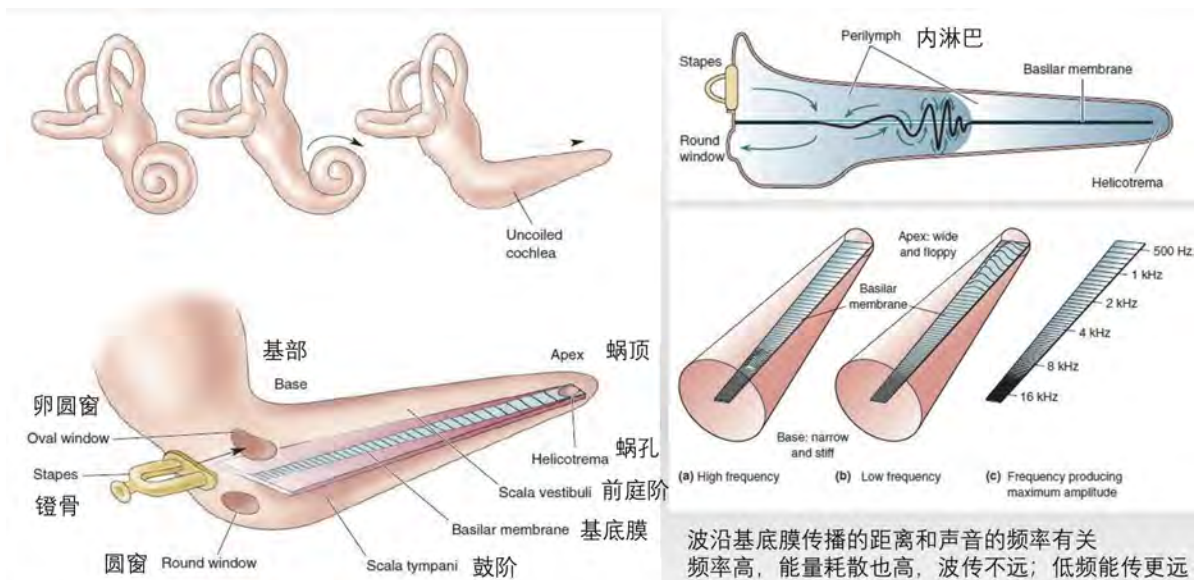
内耳结构——耳蜗的三个小室

内耳包括耳蜗和迷路，迷路是前庭系统的一部分。三个平行小室有前庭膜和基底膜分隔。耳蜗是听觉转导器官，负责将来自中耳的声音信号转换为相应的神经电信号，交送脑的中枢听觉系统接受进一步处理，最终实现听觉知觉。科蒂氏器官含有听觉感受器，包含耳蜗毛细胞等刚性结构，毛细胞不能再生，数量随年龄增大而减少，听力是不可逆的



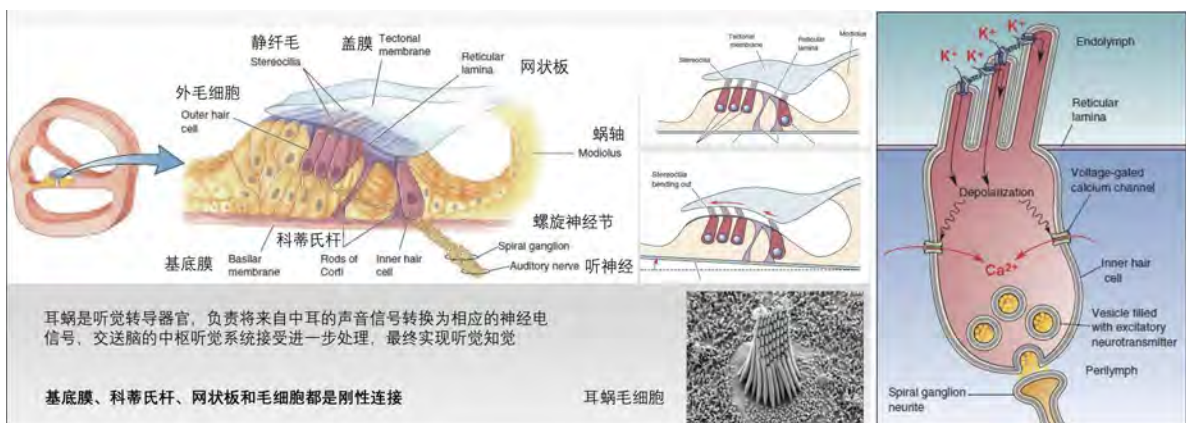
耳蜗对声音的反应:

波沿基底膜传播的距离和声音的频率有关。
频率高，能量耗散也高，波传不远；低频能传更远。
因此我们可以据此分辨不同的频率。



基底膜挤压**耳蜗毛细胞**，将机械信号转换为电信号。

- 基底膜和毛细胞的相对运动，毛细胞上的纤毛倾斜，引起机械门控钾通道开启，把机械能转化成电信号。
- 耳蜗毛细胞不能再生，数量随年龄增大而减少，听力是不可逆的。
(神经工程正在尝试诱导新毛细胞的生成以恢复患者听力)

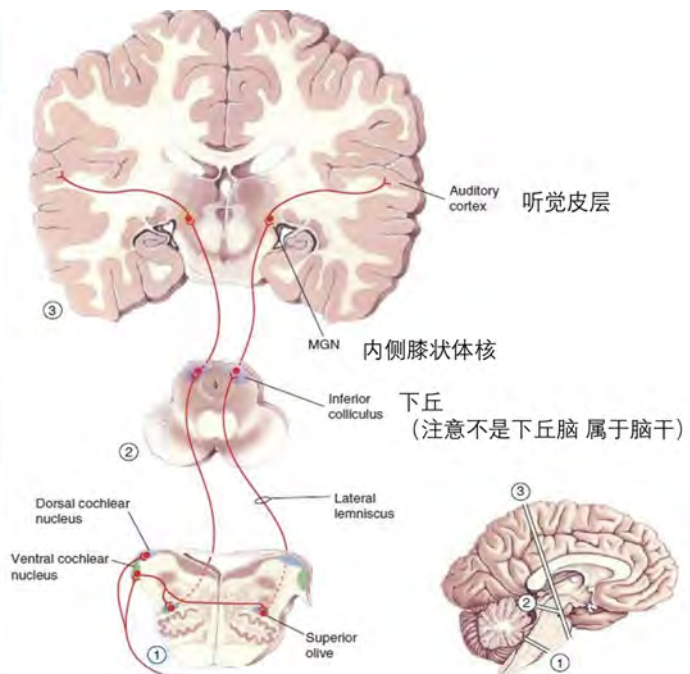


9.2.2 听觉神经通路

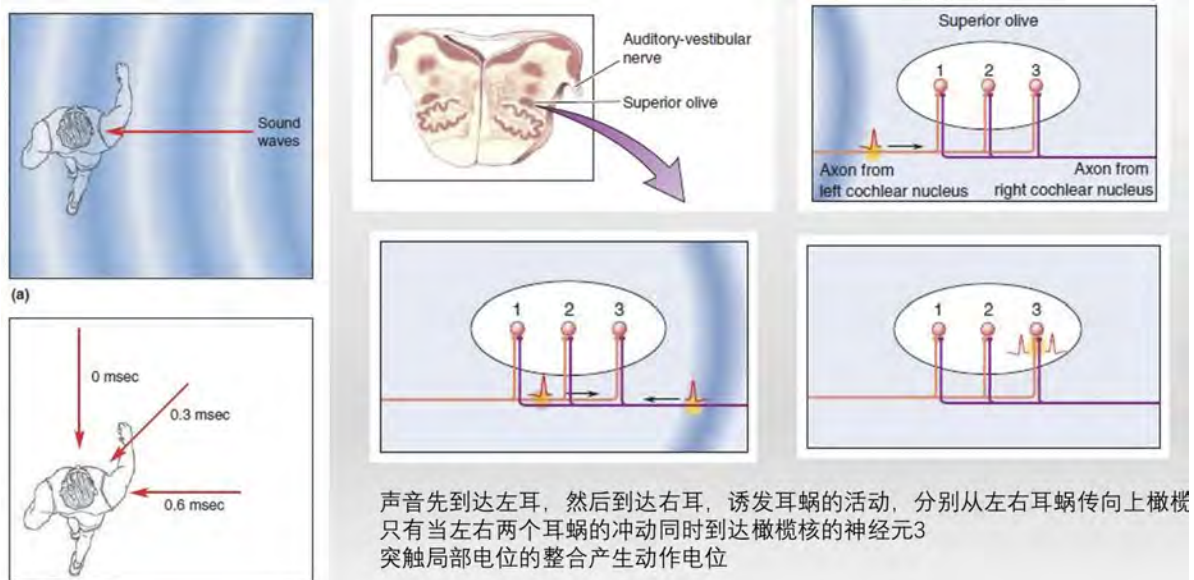
听觉神经通路：

耳蜗 → 神经节细胞 → (脑干) 上橄榄 → (丘脑) 内侧膝状体 → (颞叶, 接近太阳穴) 听觉皮层

神经信号整合



声音的定位机制:

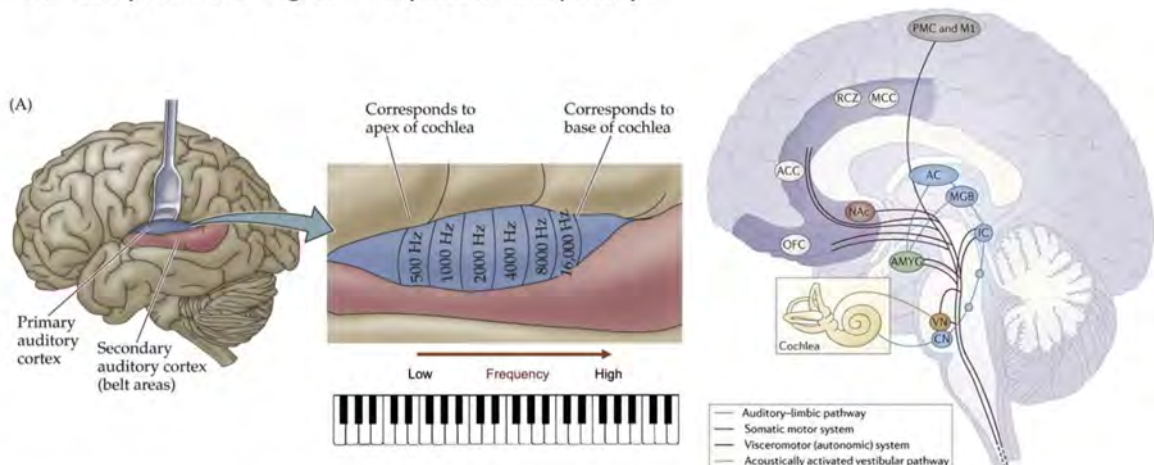


音乐的神经基础:

听觉皮层有很好的组织结构: 从前之后音阶从低到高。

听音乐和演奏音乐会激发大脑的多巴胺和内啡肽通路，产生愉悦放松的感觉。

Auditory cortex is organized by sound frequency



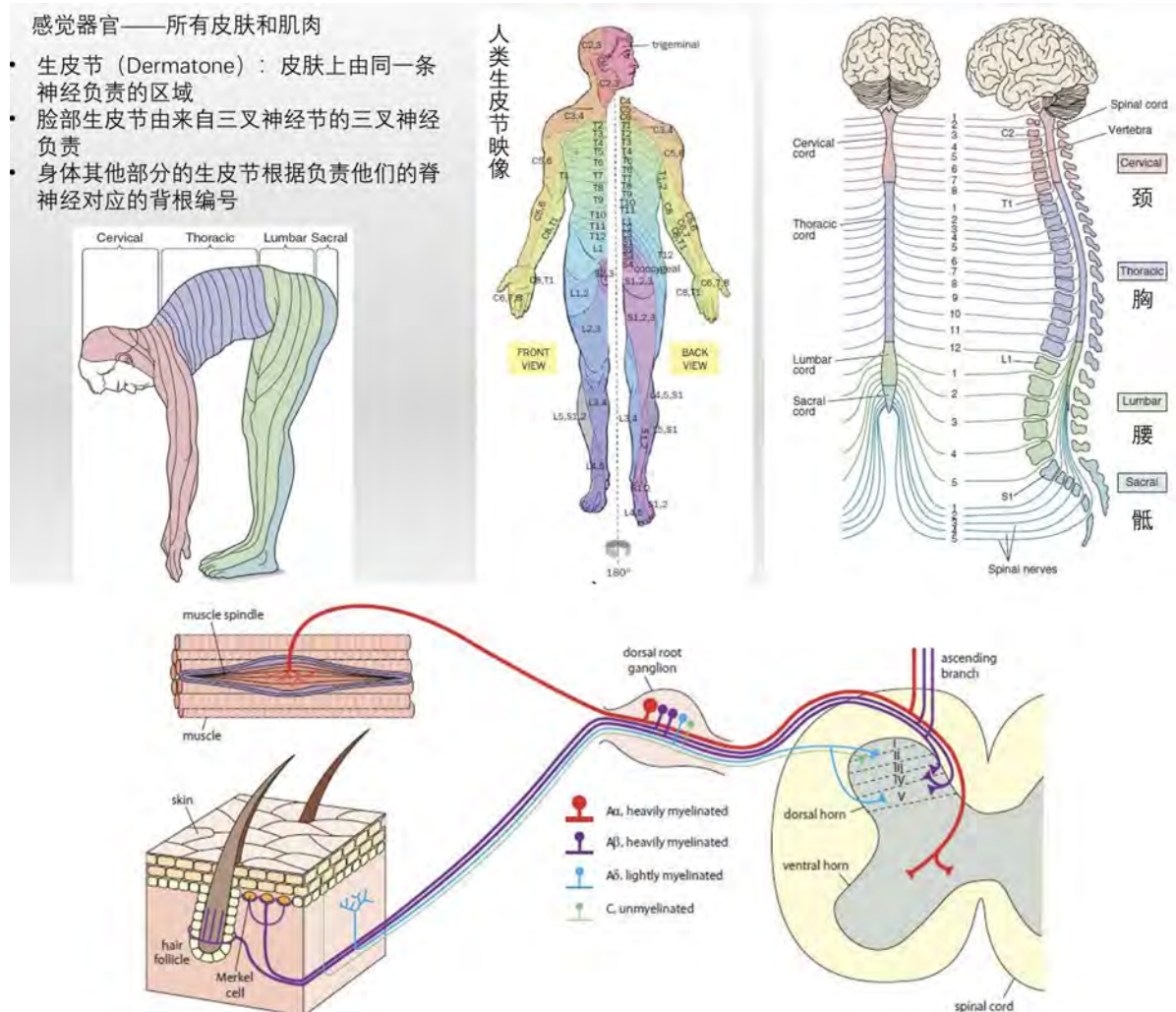
9.3 体感与运动系统

嗅觉受体可以特异识别气味分子.

机体存在不同类型的感觉神经纤维，能对不同刺激作出反应 (eg.对疼痛和非疼痛触摸的反应)

感觉器官——所有皮肤和肌肉

- **生皮节 (Dermatome):** 皮肤上由同一条神经负责的区域
- 脸部生皮节由来自三叉神经节的三叉神经负责
- 身体其他部分的生皮节根据负责他们的脊神经对应的背根编号
- 脊椎动物的体感系统中，所有感觉神经元的胞体都位于沿脊髓平行分布的**背根神经节 (Dorsal root ganglia, DRG)**或脑干附近的三叉神经节 (Trigeminal ganglia) 中，分别负责对身体和脸的感觉
- 人体有 31 对DRG背根神经节
- 小鼠中每个DRG包含 10000 ~ 14000 个感觉神经元，人类数目更大



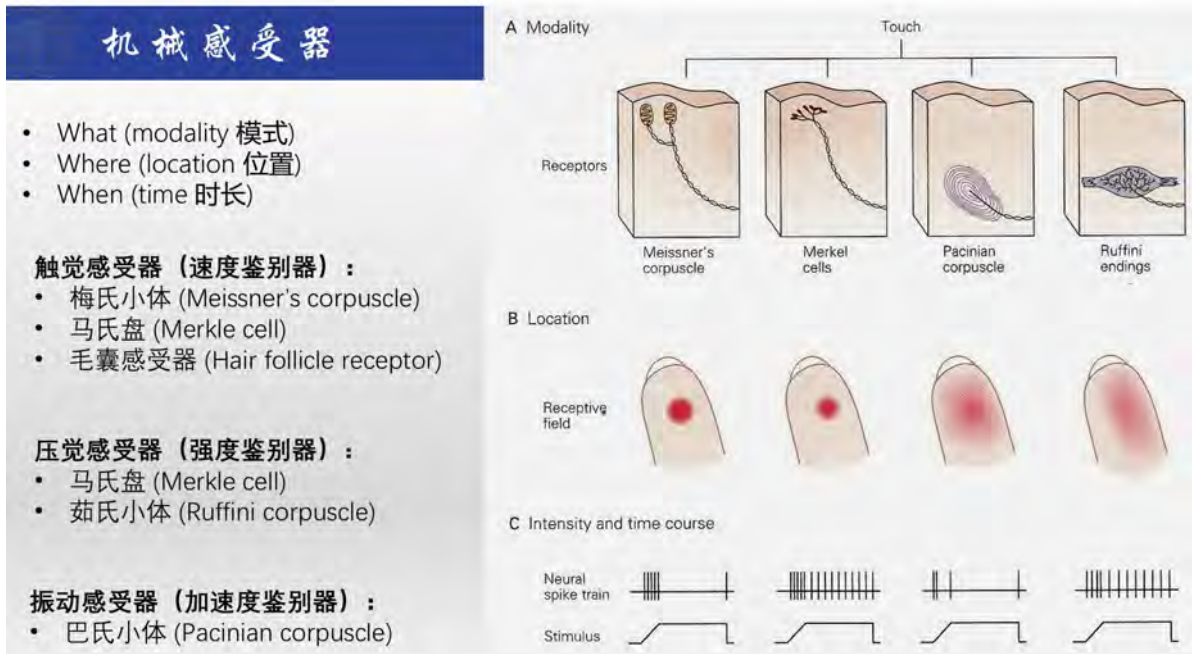
感觉信号的编码和加工:

- **特殊神经能量定律:**
 - 各种感觉的神经冲动形式相似;
 - 感觉通路相互独立: 视觉、听觉、触觉等;
 - 刺激同一通路不同部分产生相同感觉.

- **感受器信息编码:** 感受部位、强度、感受野
感受野受神经纤维 (分为兴奋性和抑制性) 支配,
感受野的大小随感受器而改变, 比如梅式小体的感受野很小, 而巴氏小体的感受野较大.

强度:

- 感觉的程度与刺激强度成正比;
- 刺激强度与纤维冲动频率成正比;
- 刺激强度和兴奋纤维数量成正比



机械感受器——体表两点辨别

指尖机械感受器密度高、种类丰富、感受野小、参与脑区多

温度感受器: 游离神经末梢 (Free nerve ending) (热感受器、冷感受器)

感受野小、有相对应的反应温度、与机械感受器一样具有适应性.

当有辣椒或者高温刺激时, 信号沿伤害性传入神经系统上传至大脑.

又因为大脑对伤害性传入神经信号的解读统一为 "疼痛" 的刺激感, 所以辣觉被科学地定义为痛觉.

痛觉感受器:

- 生理性疼痛 (自发性、急性痛) (伤害性刺激引起)
- 病理性疼痛 (慢性痛)、炎症痛 (炎症因子)、神经病理痛 (神经损伤)、癌痛、内脏痛 (牵涉痛) 等

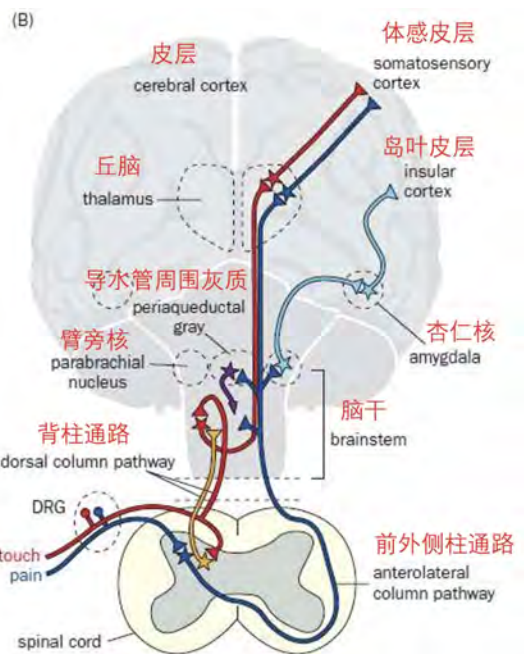
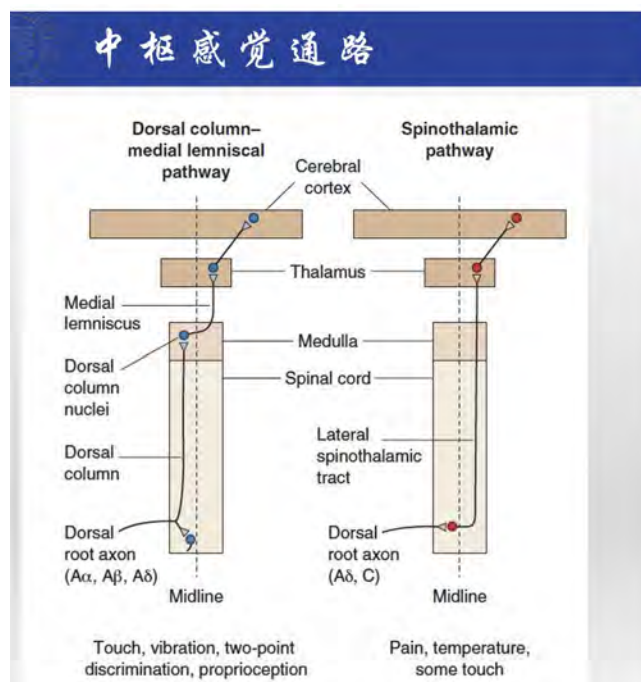
游离神经末梢 (Free nerve ending)

- 机械感受
- 多觉感受
- 锐痛 (快痛) 由Aδ纤维传导 (有髓鞘);
- 钝痛 (慢痛) 由C纤维传导

中枢感觉通路:

触觉按同侧脊髓传递, 到脑干换到另一侧.

痛觉在脊髓换侧, 传递到脑干、丘脑



运动分类:

- ① 脊髓水平实现的反射运动
由特定的感觉刺激引起，产生具有固定轨迹的运动，又称定型运动。
(无需意识介入，但在某些情况下，可以为意识所抑制)
膝跳反射: 单突触反射
牵张反射: 双突触反射，拮抗肌被中间神经元抑制而松弛。
- ② 脊髓水平实现的节律运动: 刻板的、重复性的运动。
可以随意开始和终止 (即节律运动也由部分大脑支配)，一旦发起无需意识维持。
中脑运动控制区的刺激电流加大会影响节律运动的运动频率。
呼吸节律: 胸廓和呼吸肌的节律运动
- ③ 中枢运动控制系统——随意运动:
为了达到某个目前而指向一定目标的运动，且可以在过程中随意改变，有习得性。

运动控制的等级:

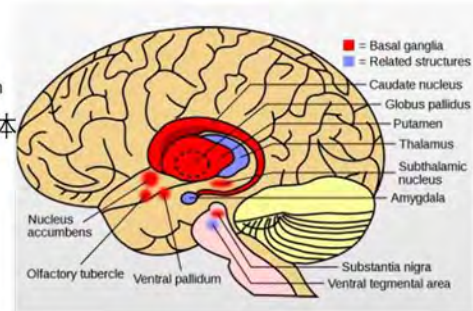
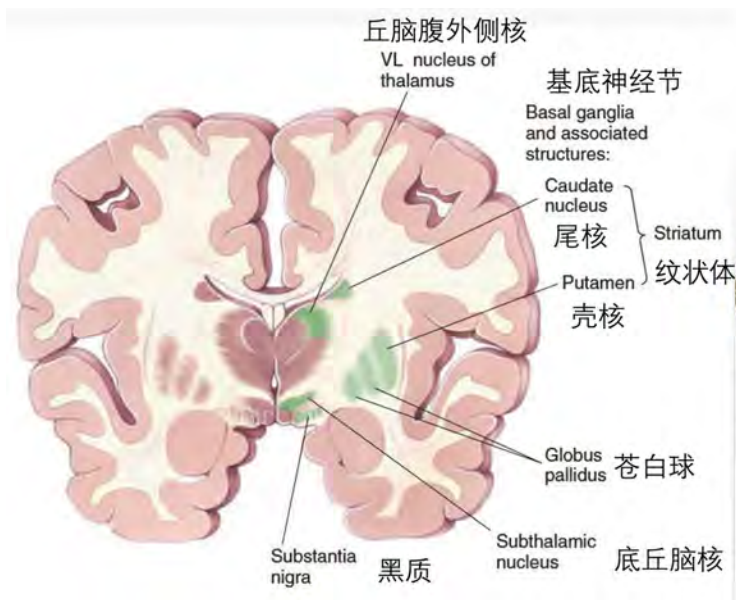
- 运动战略 (strategy): Association areas of neocortex (新皮层的联结区), basal ganglia (基底神经节)
- 运动战术 (tactics): Motor cortex (运动皮层), cerebellum (小脑)
- 运动执行 (execution): Brain stem (脑干), spinal cord (脊髓)

任何一个部分出现问题，我们的随意运动就不能正常进行。

基底神经节 (basal ganglia) 是多巴胺能神经元的聚集地 (多巴胺不仅与情绪相关，还与运动有关)

帕金森氏症: 不自主运动，静止性震颤、运动迟缓、肌肉强直

亨廷顿氏症: 舞蹈病，不规则不自主的肢体运动、认知障碍



对于躯体运动来说，基底神经节与前额叶同样重要。

The End