

生命科学学院生理学教研室
授课教师：徐畅 xuchang@snnu.edu.cn

生理学 Physiology




陕西师范大学

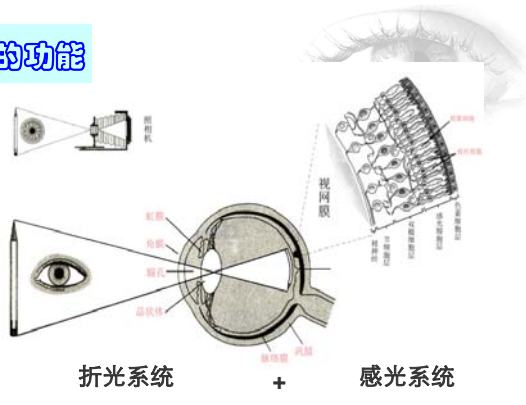
视觉器官——眼

视觉的形成
眼的折光成像
眼的感光换能
视觉信息的加工处理



生命科学学院生理学教研室

眼的功能

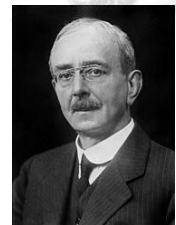


折光系统 + 感光系统

生命科学学院生理学教研室

当我环顾四周时，脑中
的一阵**微小电流**流动就为我
呈现出景色、高处的城堡，
或我们朋友的脸以及他离我
有多远……

Man on His Nature. 1951



Sherrington C.S.
(1857-1952)

生命科学学院生理学教研室

视觉的形成



(视频)

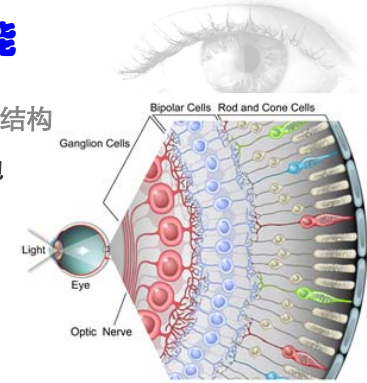
折光成像 + 视网膜的感光换能

生命科学学院生理学教研室

眼的感光换能

视网膜(retina)的结构

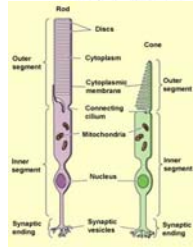
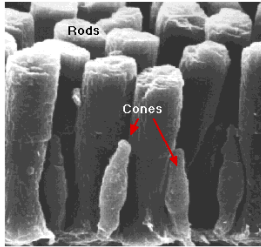
- 色素上皮层细胞
- 感光细胞
- 双极细胞
- 神经节细胞



生命科学学院生理学教研室

(一) 二元论学说

Schultza, 19世纪



视杆细胞 视锥细胞

生命科学学院生理学教研室

7

(一) 二元论学说

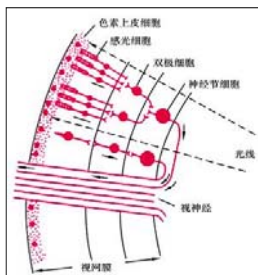
	视杆细胞(rod)	视锥细胞(cone)
分布	偏中央凹6mm处最密	中央凹及黄斑处密集
光敏度	高	低
视敏度	低	高
视锥色素	视紫红质	视红质, 视绿质和视蓝质
功能	负责暗视觉, 无色觉	负责明视觉和色觉

* 鸡与猫头鹰

生命科学学院生理学教研室

8

生理盲点(blind spot)



视神经乳头: 视部的后部一白色的隆起, 是视神经穿出处。无感光细胞, 生理学上称为盲点。

? 如何证明盲点的存在

生命科学学院生理学教研室

9

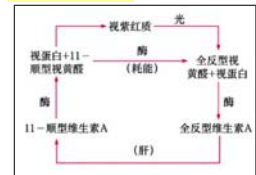
(二) 视杆细胞的感光换能机制

1. 光—化学反应

- ① 每个视盘所含视紫红质(rhodopsin)约100万个。
- ② 光照时, 分解大于合成。



光致异构化



生命科学学院生理学教研室

10

视觉现象: 夜盲症

缺乏维生素A



正常人暗视觉



夜盲症患者暗视觉

生命科学学院生理学教研室

11

(二) 视杆细胞的感光换能机制

2. 光电转化

光引起的视紫红质的光致异构化如何引起膜电位的变化?

需要内部信使介导

应用膜片钳记录

- 黑暗中, 感光细胞外段有一持续的“暗电流”流入, 使膜电位为 $-40mV$ 左右, 远小于 E_K 。该内向暗电流主要由钠离子承载。
- 光引起光感受器的超极化, 从而使膜电位趋向于 E_K 。

应用分子技术 cGMP为内部信使

- 光照使光感受器内cGMP浓度下降20%

生命科学学院生理学教研室

12

(二) 视杆细胞的感光换能机制

2. 光电转化

胞质内高浓度的cGMP使阳离子保持开放状态

生命科学学院生理学教研室 13

(二) 视杆细胞的感光换能机制

2. 光电转化

光 → 视紫红质分解，产生间视紫红质 II → G_t → 磷酸二酯酶 → cGMP分解 → Na^+ 通道关闭

生命科学学院生理学教研室 14

(二) 视杆细胞的感光换能机制

2. 光电转化

- Na^+ 通道是一个**化学门控通道**，完全靠cGMP调节；
- 该系统有**逐级放大作用**：单个光子
- Ca^{2+} 与 Na^+ 是一个通道， Ca^{2+} 进入，**反馈性调节**cGMP的合成
 Ca^{2+} 抑制GC → cGMP水平稳定
- 光转导与**化学传递具有一致性**
视蛋白与 β -Ad受体具有显著同源性氨基酸序列，将视蛋白看作受体，11-顺视黄醛为配体

生命科学学院生理学教研室 15

(三) 视锥细胞与色觉

三原色学说 (Young, 1809; Helmholtz, 1824)

560nm (红), 530nm (绿), 430nm (蓝)

证据：
① 单色小光束（直径小于1个锥细胞）绘制光谱吸收曲线，三个峰值440、535、565nm，相当于三原色；
② 微电极记录LRP，单色，出现三个峰

生命科学学院生理学教研室 16

(三) 视锥细胞与色觉

三原色学说 (Young, 1809; Helmholtz, 1824)

3种视锥细胞等量活动形成白色光感

生命科学学院生理学教研室 17

视觉现象：色盲与色弱

发病机理？

正常：
红色盲：
绿色盲：
蓝色盲：

生命科学学院生理学教研室 18

(一) 视网膜的信号加工

视网膜的细胞连接

Legend: Amacrine cell, Bipolar cell, Rod, Ganglion cell, Horizontal cell, Cone

Light →

生命科学学院生理学教研室 25

(一) 视网膜的信号加工

从感光细胞到神经节细胞

a. “给光”中心：中心给光
b. “撤光”中心：周边给光

分析图像信息：明暗对比

生命科学学院生理学教研室 26

(二) 外膝核和视皮层的信号处理

外膝核 Lateral Geniculate Nucleus (LGN)

生命科学学院生理学教研室 27

(二) 外膝核和视皮层的信号处理

从视网膜到视皮层，形成3条平行通路

Parallel pathways

Midget (parvocellular)
Parasol (magnocellular)

Retina LGN

小细胞：处理空间细节和颜色信号
大细胞：对运动和低对比度敏感
K细胞：将颜色信息传递到眼优势柱

生命科学学院生理学教研室 28

(二) 外膝核和视皮层的信号处理

视皮层

Visual Cortices: V1 (Relays signals), V2 (Relays signals), V3 (Form), V3a (Motion), V7, V8 (Color and Form), V1 (Catechol input), V4 (Relays signals), V5 (Motion)

Extrastriate Cortex: V2, V3, V3a, V4, V5, V7, V8

Striate Cortex: V1

视网膜地形图 (retinotopic map)

生命科学学院生理学教研室 29

我们将走向何处？

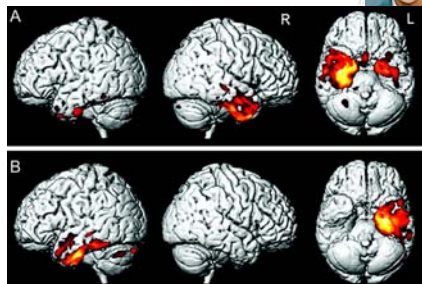
功能成像：功能性核磁共振 fMRI

Multifocal mapping
Object mapping

Visual field polar angle
Medial view of right hemisphere

生命科学学院生理学教研室 30

面容失认症(prosopagnosia)



生命科学学院生理学教研室

31

结语

电荷本身并不携带哪怕是最微不足道的视觉单元，如“距离”、“方位”、“轮廓”、“透明”等或其他任何视觉的信息。但我们的大脑中却魔术般地显示出所有这些特性。



“黑夜给了我们黑色的眼睛，但我却用它寻找光明。”

——顾城

生命科学学院生理学教研室

32

作业与思考题

1. 设计实验证明盲点的存在。
2. 以视觉信息的加式处理为例，试述神经系统的整合机制。



生命科学学院生理学教研室

33