

M U N I

M E D

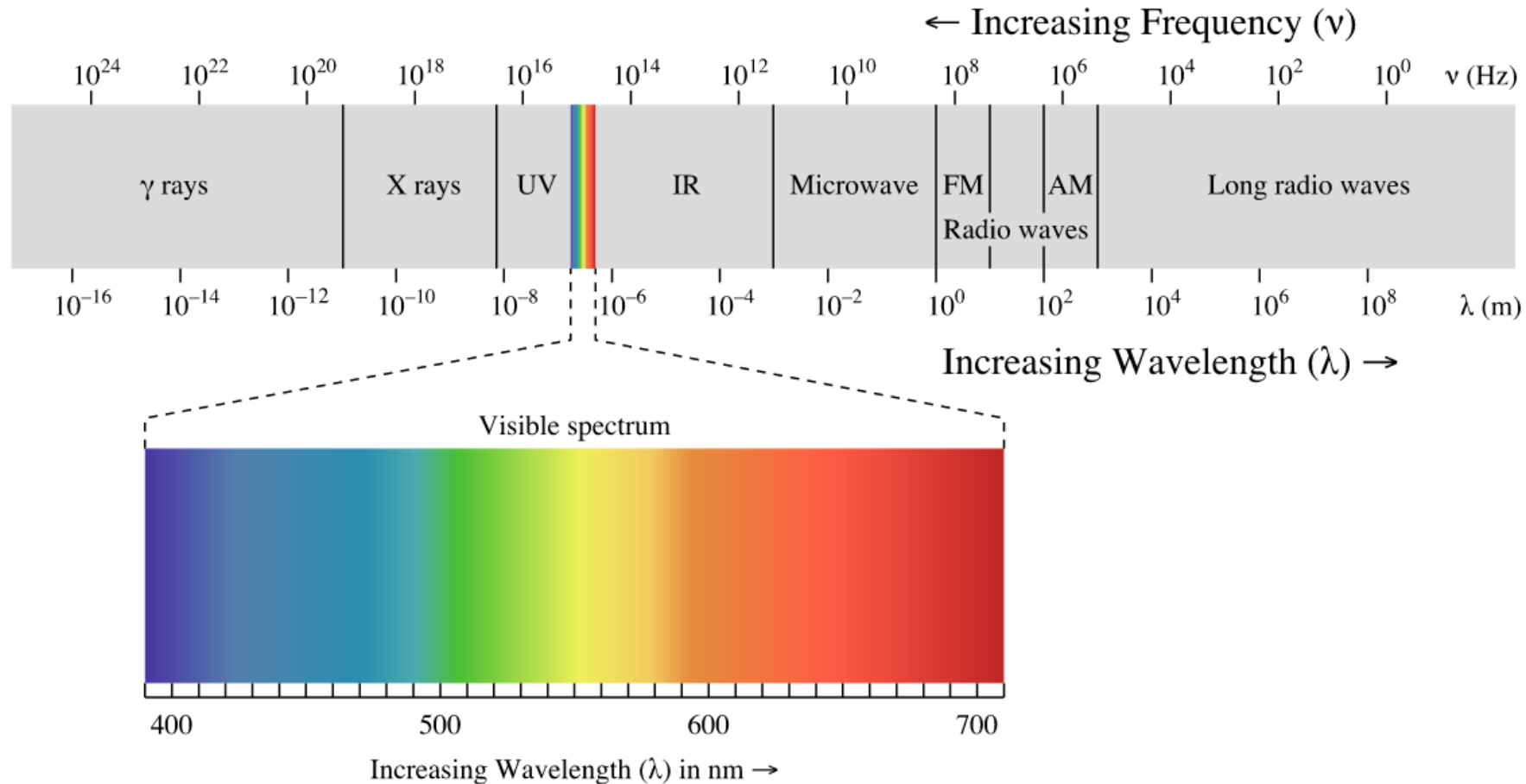
**MUNI**  
**MED**

**9**

**Zrak I**

# Světlo

- ✓ Elektromagnetické vlnění o vlnové délce cca. 400 – 700 nm



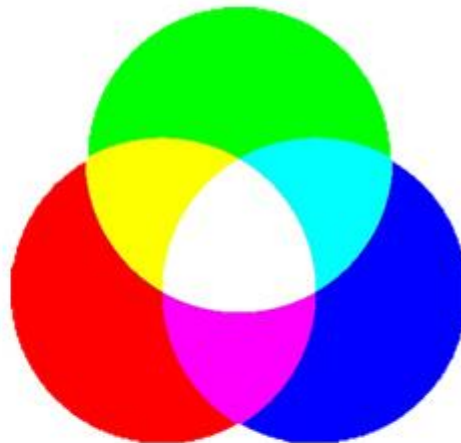
# Míchání barev

**RGB**  
Additive  
Color



*mixing light*

**RED GREEN BLUE**



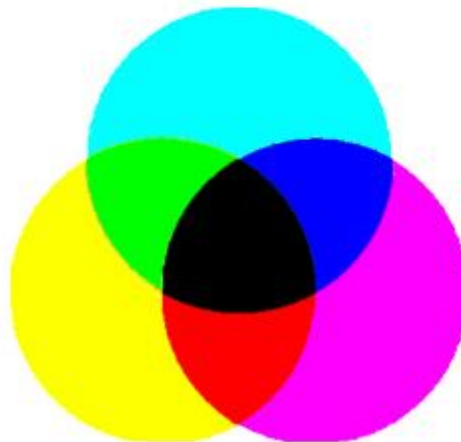
---

**CMYK**  
Subtractive  
Color



*mixing ink*

**CYAN MAGENTA YELLOW**



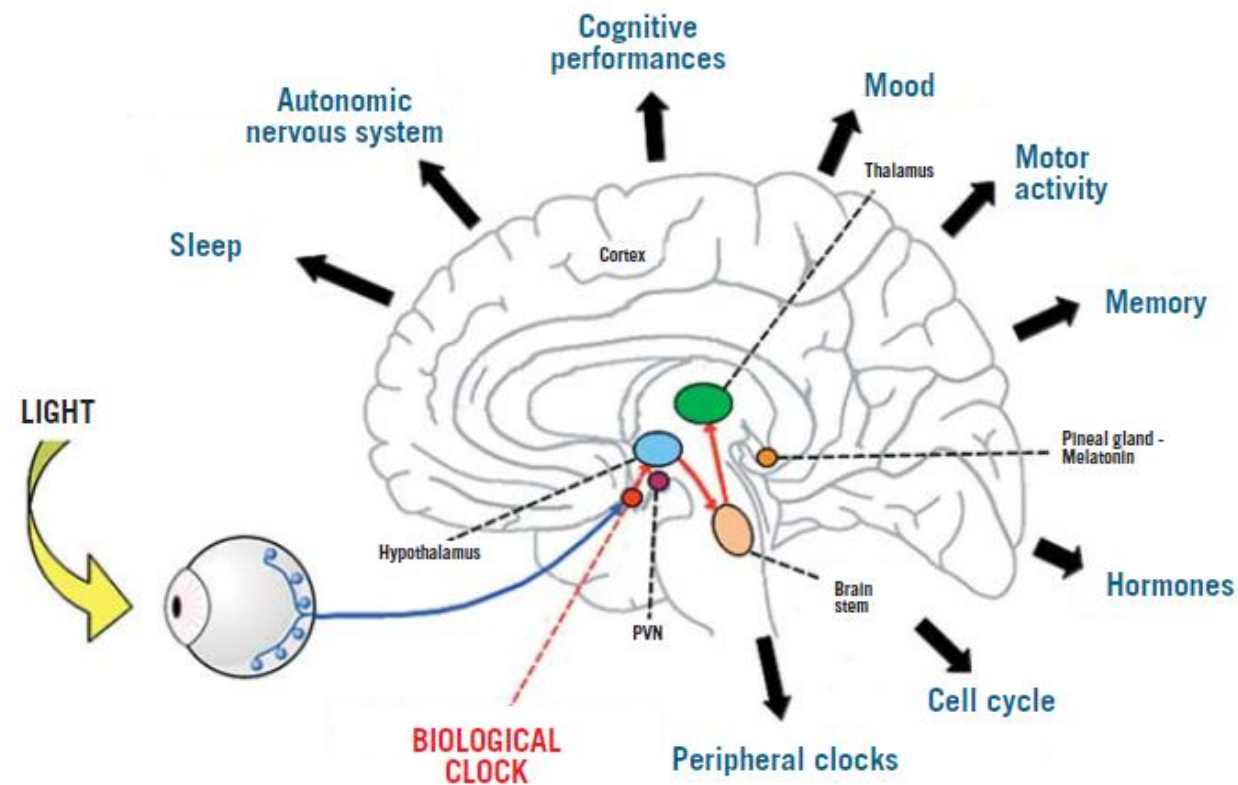
# Fotoreceptivní orgán

✓ Detekce světla

✓ Vytváření obrazu

# Detekce světla

- Cirkadiální aktivita
  - Všechny prokaryontní i eukaryontní organismy
  - Cyklus den/noc je nejvlivnější a nejstabilnější biorytmus

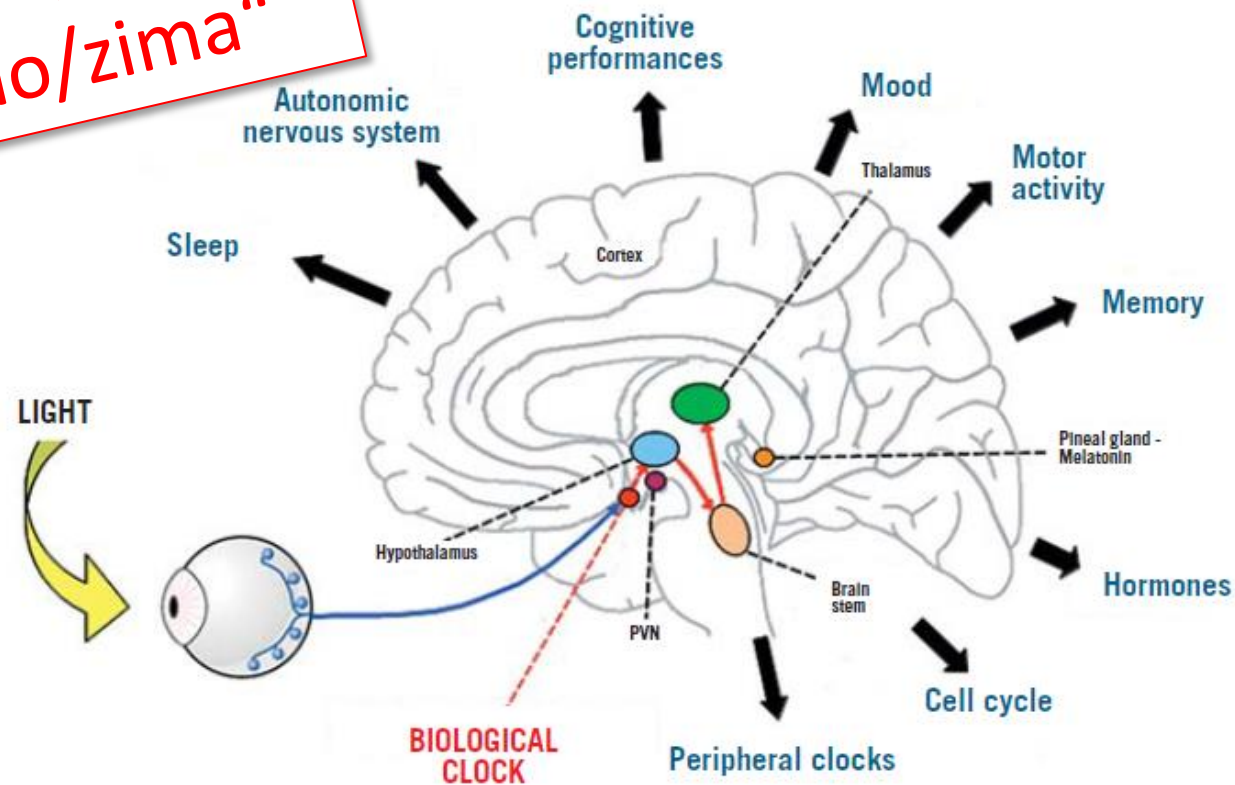


<https://www.pointsdevue.com/article/good-blue-and-chronobiology-light-and-non-visual-functions>

# Detekce světla

- Cirkadiální aktivita
  - Všechny prokaryotní i eukaryotní organismy
  - Cyklus den/noc je nejvlivnější a nejstabilnější biorytmus

Světlo/tma  
↓  
„teplo/zima“



<https://www.pointsdevue.com/article/good-blue-and-chronobiology-light-and-non-visual-functions>

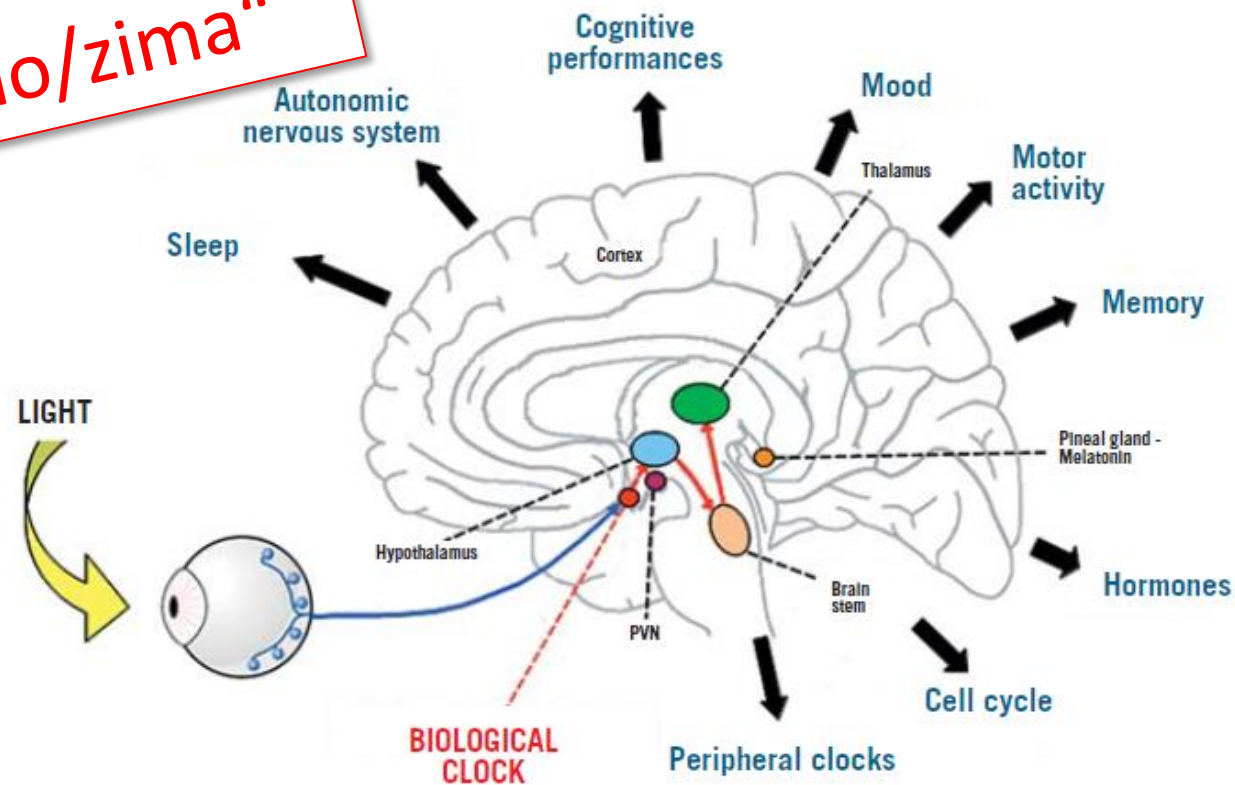
# Detekce světla

- Cirkadiální aktivita

- Všechny prokaryotní i eukaryotní organismy
- Cyklus den/noc je nevlivnější a nejstabilnější biorytmus
- Osciluje s periodou cca. 24 hodin i při absenci zevních stimulů
- Synchronizovány vlivem vnějších podmínek

- Sezónní aktivita

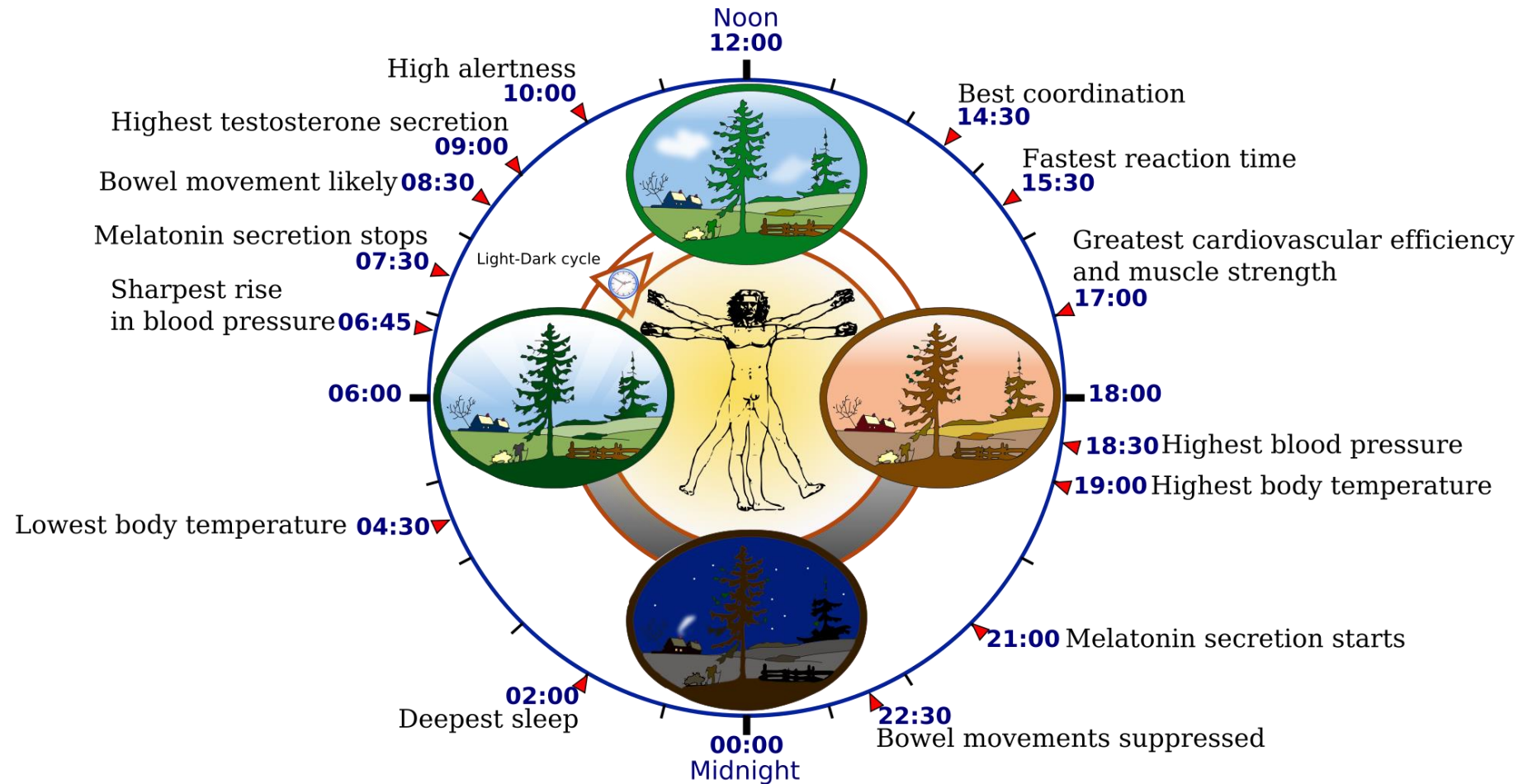
Světlo/tma  
↓  
„teplo/zima“



<https://www.pointsdevue.com/article/good-blue-and-chronobiology-light-and-non-visual-functions>



# Cirkadiální aktivita



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/30/Biological\\_clock\\_human.svg/2000px-Biological\\_clock\\_human.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/30/Biological_clock_human.svg/2000px-Biological_clock_human.svg.png)

# Biologické hodiny

- Buněčná úroveň
  - Expresní vzorce (cyklická exprese vzájemně propojených proteinů)
    - Periferní exprese Clock proteinu

# Biologické hodiny

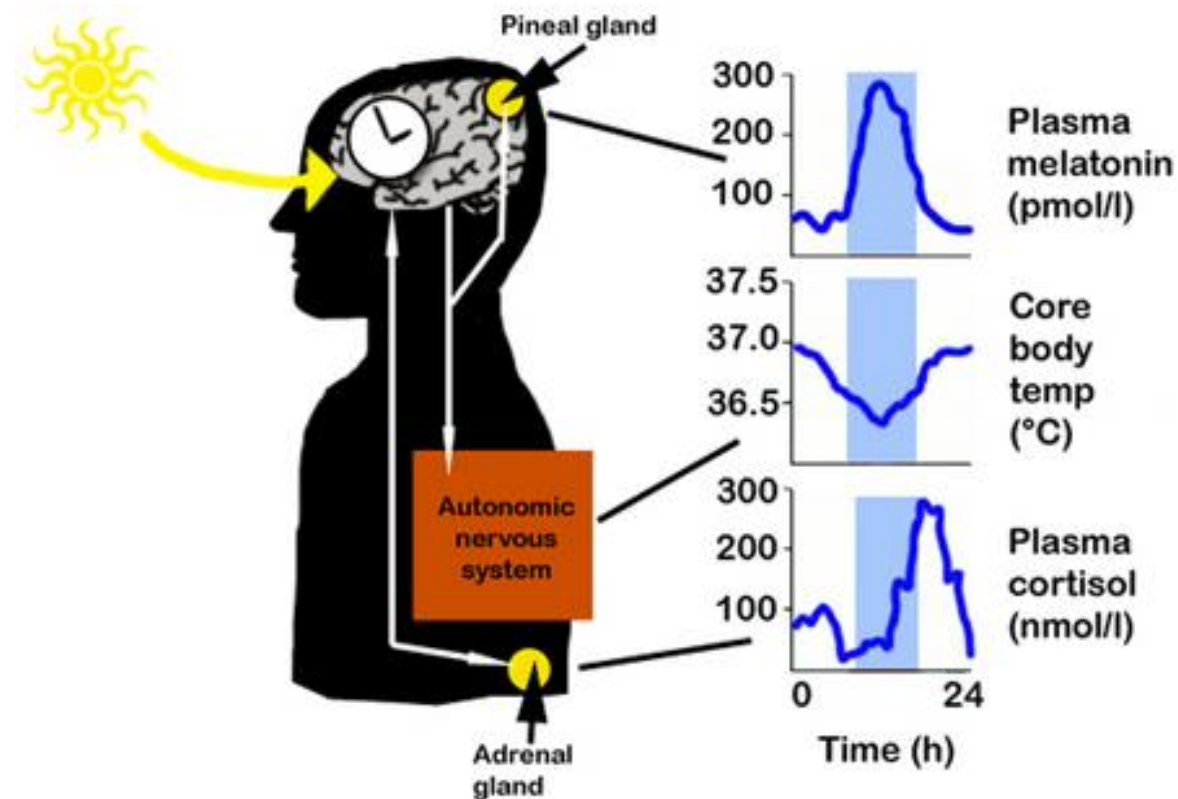
- Buněčná úroveň
  - Expresní vzorce (cyklická exprese vzájemně propojených proteinů)
    - Periferní exprese Clock proteinu
- Tkáňová úroveň
  - Periferní oscilátory
  - Nadledviny, plíce, játra, pankreas, kůže
  - Využívají různé informace

# Biologické hodiny

- Buněčná úroveň
  - Expresní vzorce (cyklická exprese vzájemně propojených proteinů)
    - Periferní exprese Clock proteinu
- Tkáňová úroveň
  - Periferní oscilátory
  - Nadledviny, plíce, játra, pankreas, kůže
  - Využívají různé informace
- Centrální pacemaker
  - Hypothalamus (nucleus suprachiasmaticus)
    - Centrální exprese Clock proteinu
    - Informace ze sítnice (specializované gangliové buňky) – synchronizace centrálního pacemaku
  - Epifýza – melatonin
  - Autonomní nervový systém - nadledviny – kortizol

# Biologické hodiny

- Buněčná úroveň
  - Expresní vzorce (cyklická exprese vzájemně propojených proteinů)
    - Periferní exprese Clock proteinu
- Tkáňová úroveň
  - Periferní oscilátory
  - Nadledviny, plíce, játra, pankreas, kůže
  - Využívají různé informace
- Centrální pacemaker
  - Hypothalamus (nucleus suprachiasmaticus)
    - Centrální exprese Clock proteinu
    - Informace ze sítnice (specializované gangliové buňky) – synchronizace centrálního pacemaku
  - Epifýza – melatonin
  - Autonomní nervový systém - nadledviny – kortizol



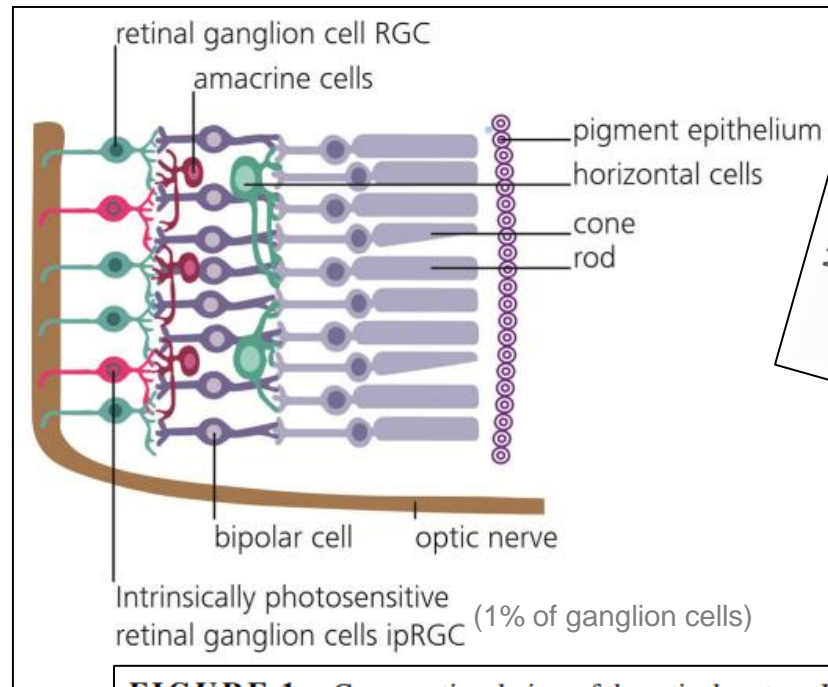
A.J. Hesse, G.E. Duffield

adapted from Hastings, M. BMJ 1998;317:1704-1707

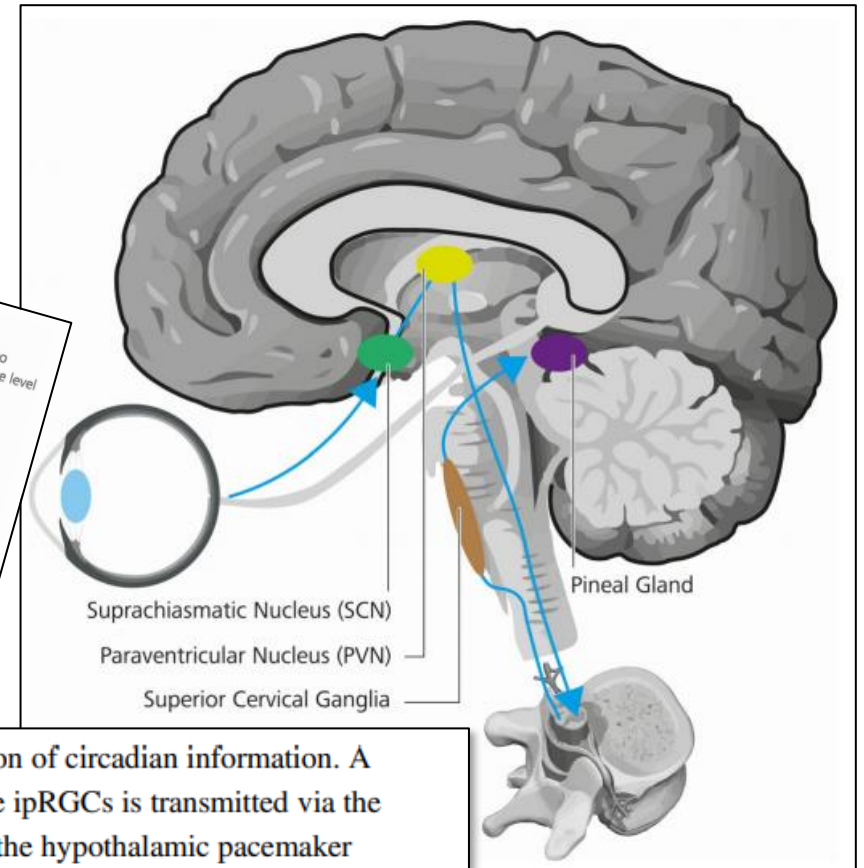
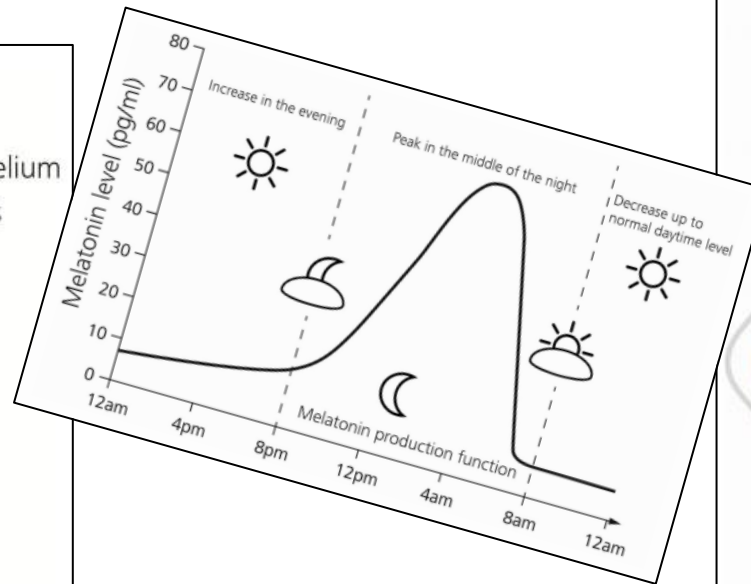
<http://slideplayer.com/slide/7013288/>

# Synchronizace centrálního pacemakeru

Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV. The inner clock-Blue light sets the human rhythm. *J Biophotonics*. 2019; e201900102.

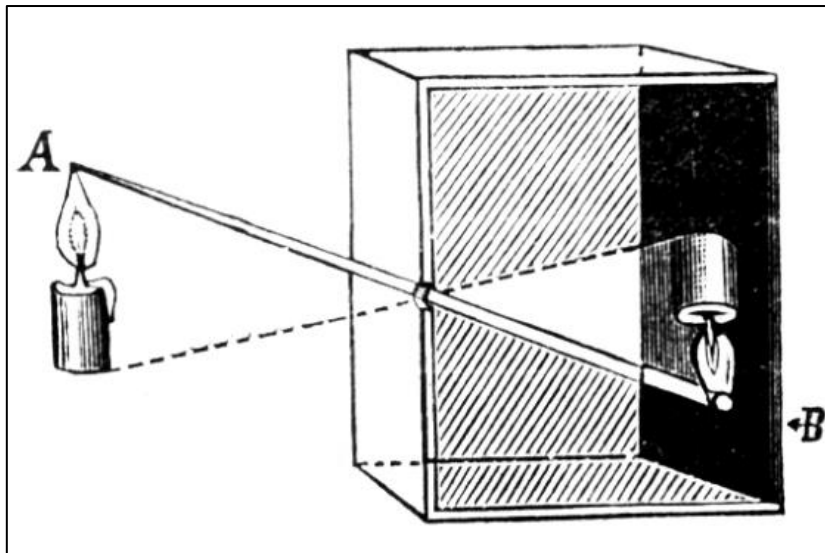


**FIGURE 1** Cross sectional view of the retinal system. Light traverses the system from the left, cones and rods transmit visual information via the bipolar cells, amacrine cells, and ganglion cells to the optic nerve. The sparse subset of intrinsic photosensitive retinal ganglion cells can induce signals themselves, due to their possession of a separate photopigment, melanopsin



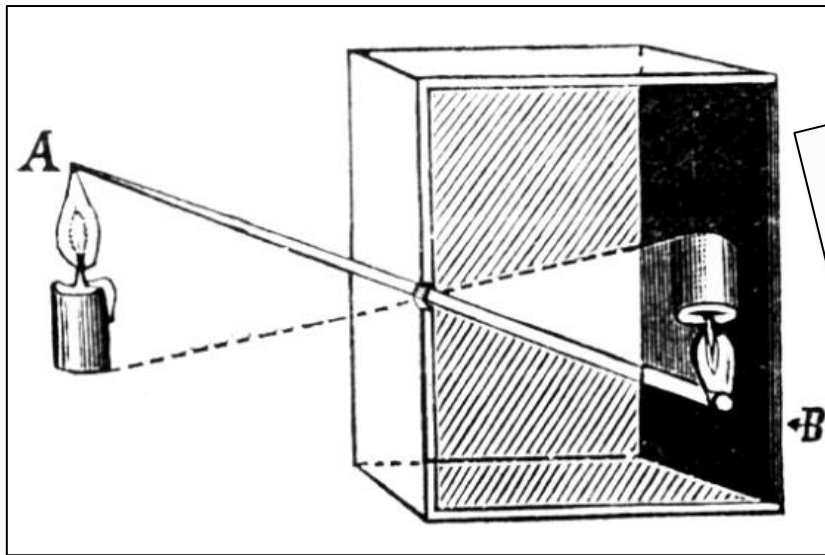
**FIGURE 2** Signal transduction of circadian information. A melanopsin induced signal from the ipRGCs is transmitted via the retino-hypothalamic tract (blue) to the hypothalamic pacemaker neurons in the suprachiasmatic nucleus (green), the human “master clock”. The circadian information is transmitted further downstream via the paraventricular nucleus (yellow), intermediolateral cell column in the vertebral gray matter, superior cervical ganglion (brown) to the pineal gland (purple), which is responsible for melatonin secretion

# Vytváření obrazu

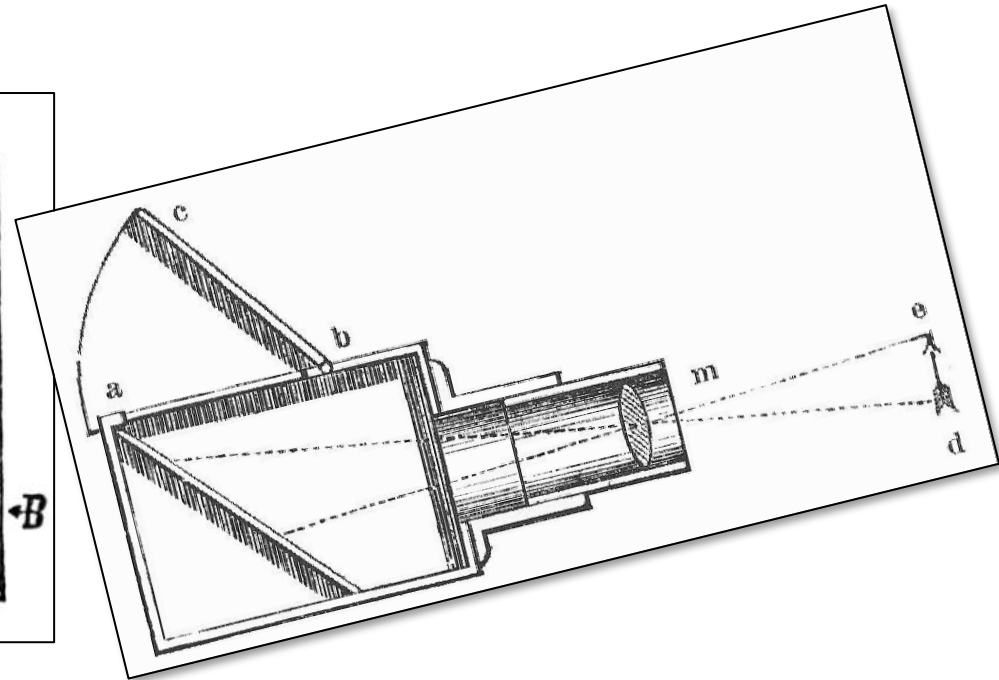


[https://www.fotoskoda.cz/images/manufacturers/camera\\_obscura.png](https://www.fotoskoda.cz/images/manufacturers/camera_obscura.png)

# Vytváření obrazu



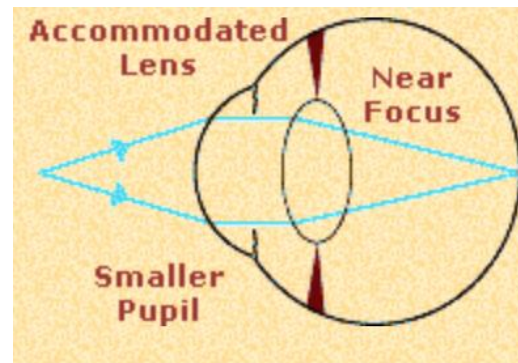
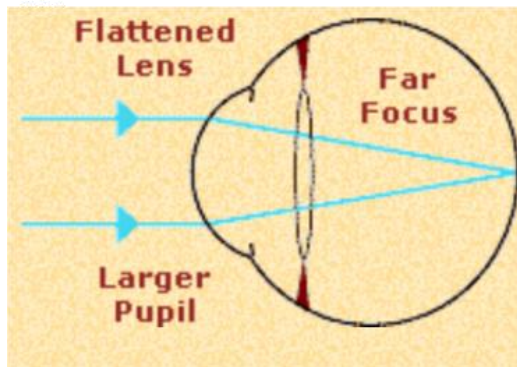
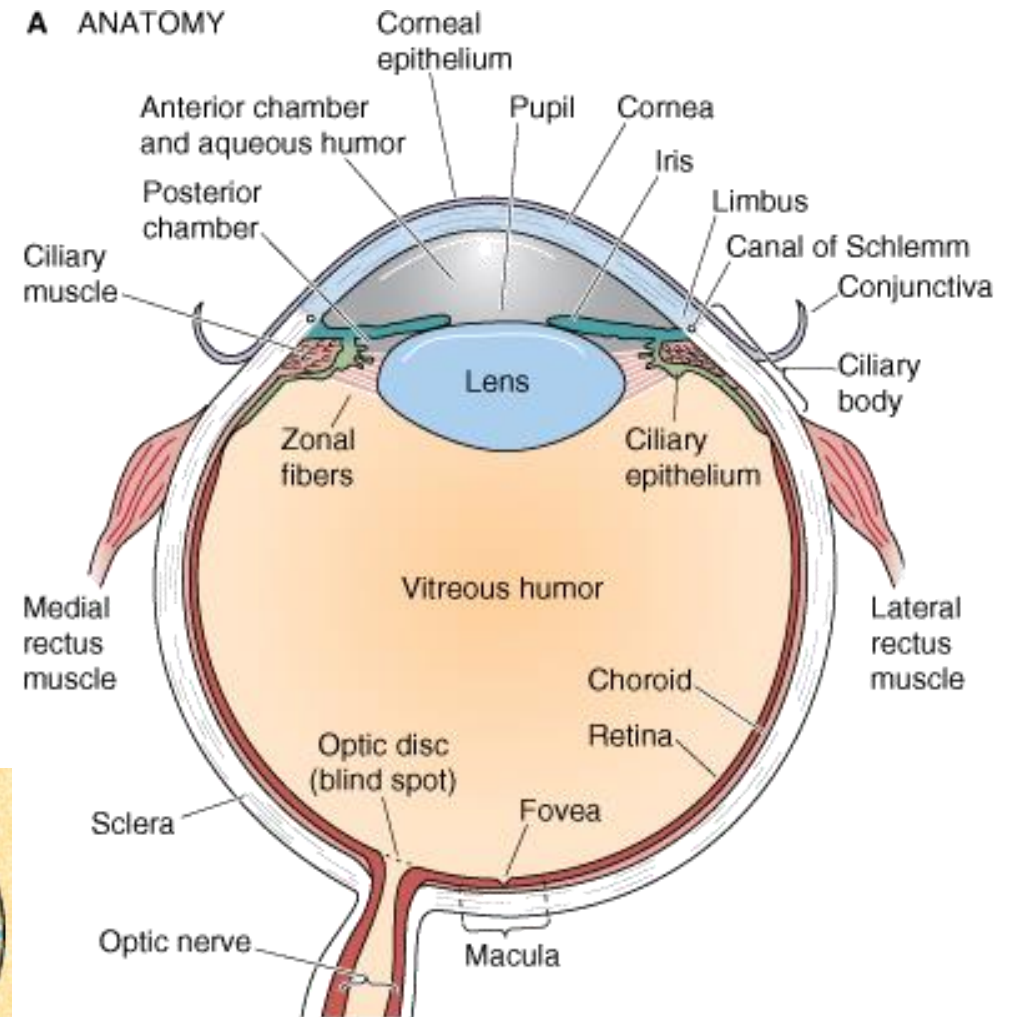
[https://www.fotoskoda.cz/images/manufacturers/camera\\_obscura.png](https://www.fotoskoda.cz/images/manufacturers/camera_obscura.png)



<http://de.academic.ru/pictures/meyers/large/030717c.jpg>

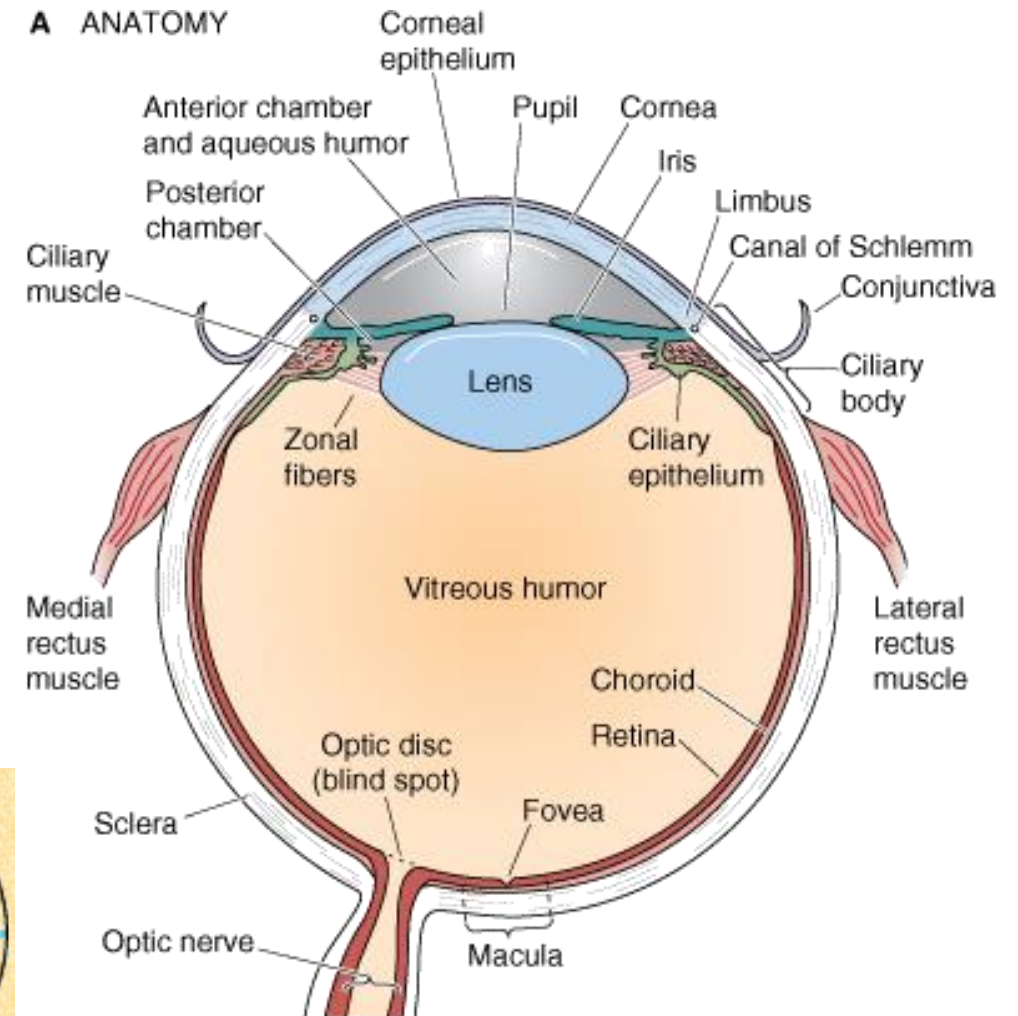
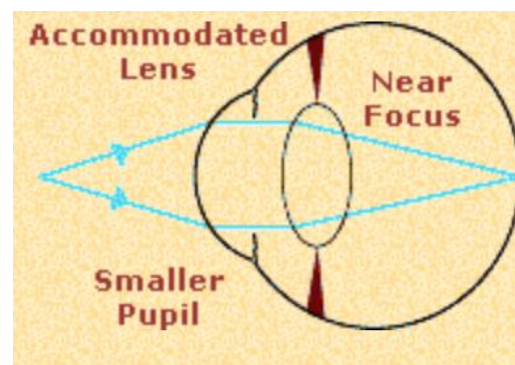
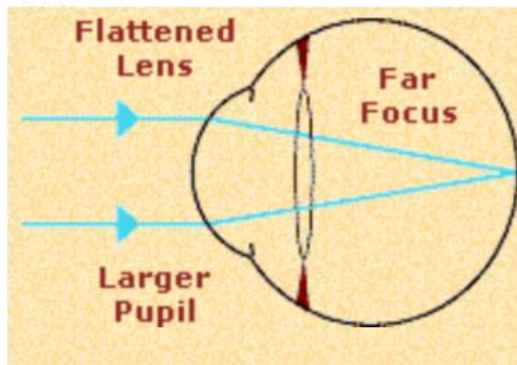


# Vytváření obrazu



# Vytváření obrazu

- ✓ Informace o tvaru
  - ✓ Informace o barvě
  - ✓ Informace o umístění
  - ✓ Informace o pohybu
- Interpretace obrazu



# Vytváření obrazu

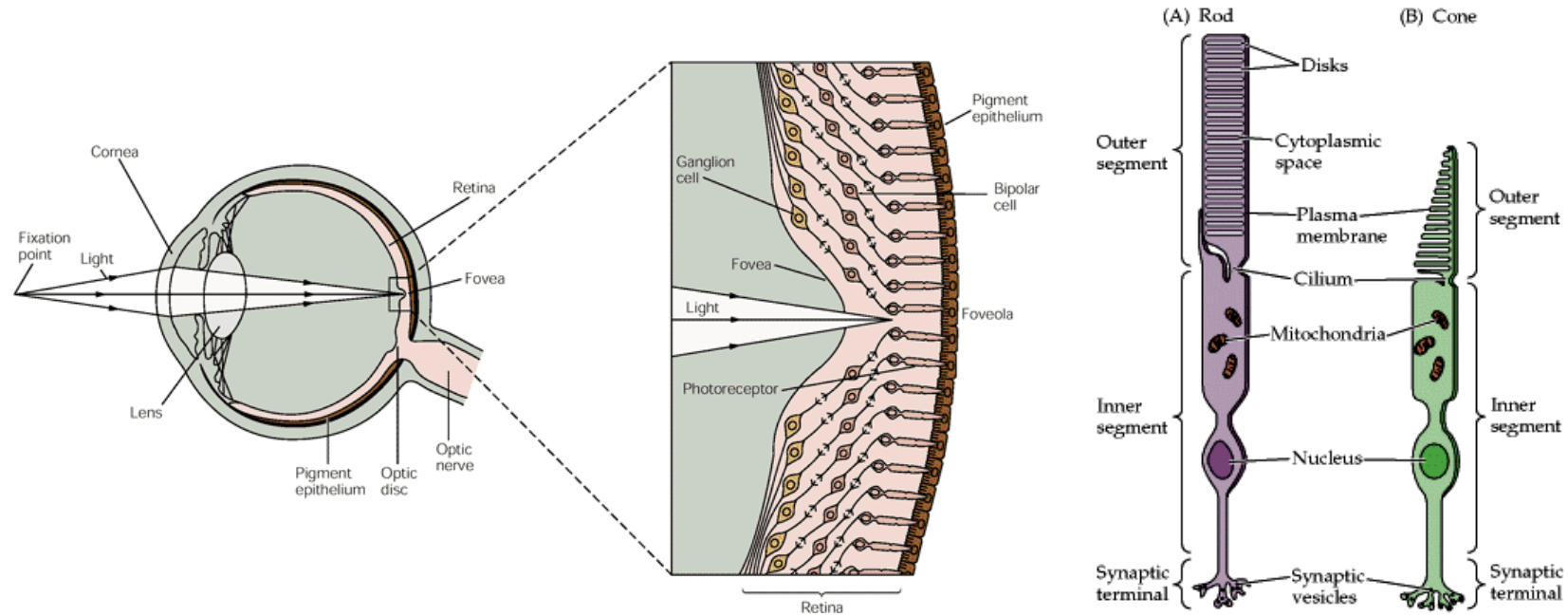
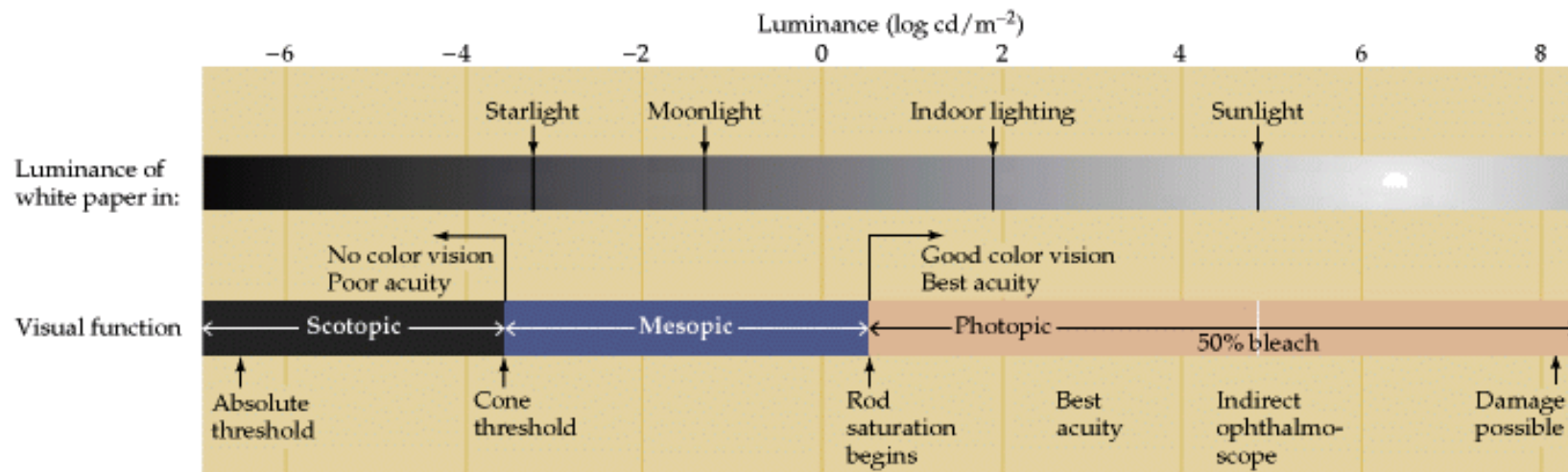
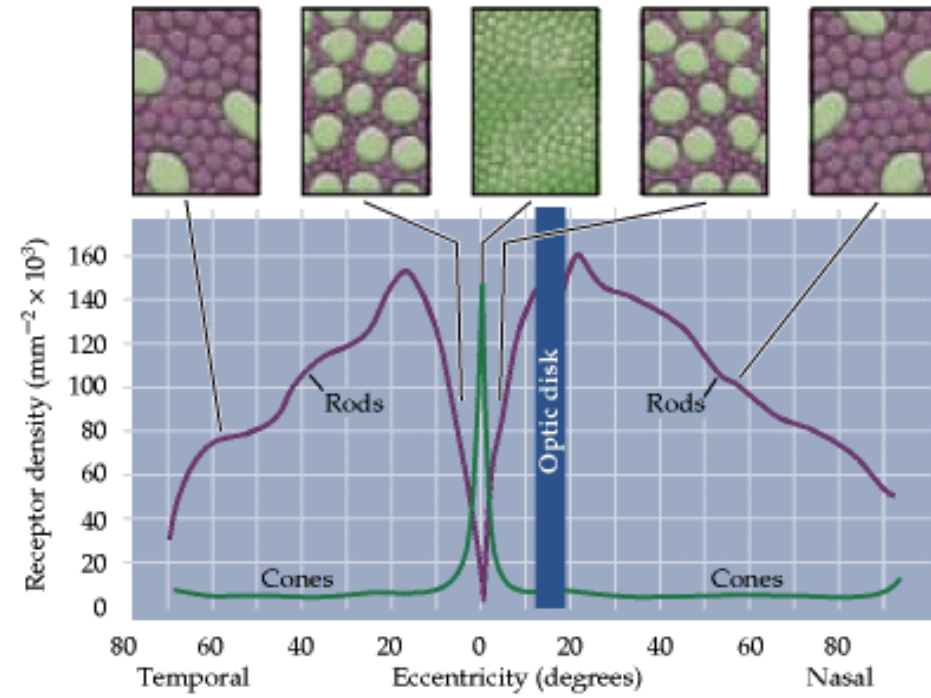


Table 26-1 Differences Between Rods and Cones and Their Neural Systems

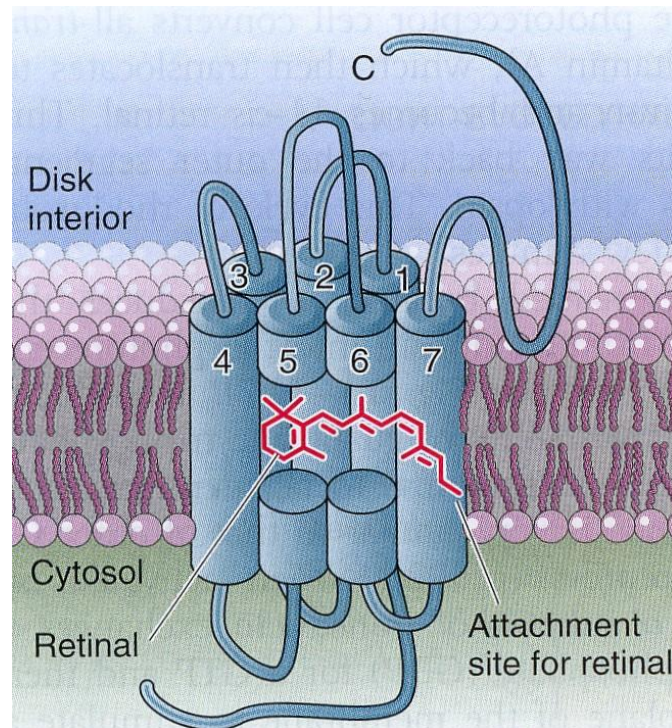
Rods	Cones
High sensitivity to light, specialized for night vision	Lower sensitivity, specialized for day vision
More photopigment, capture more light	Less photopigment
High amplification, single photon detection	Lower amplification
Low temporal resolution: slow response, long integration time	High temporal resolution: fast response, short integration time
More sensitive to scattered light	Most sensitive to direct axial rays
<b>Rod system</b>	<b>Cone system</b>
Low acuity: not present in central fovea, highly convergent retinal pathways	High acuity: concentrated in fovea, dispersed retinal pathways
Achromatic: one type of rod pigment	Chromatic: three types of cones, each with a distinct pigment that is most sensitive to a different part of the visible light spectrum



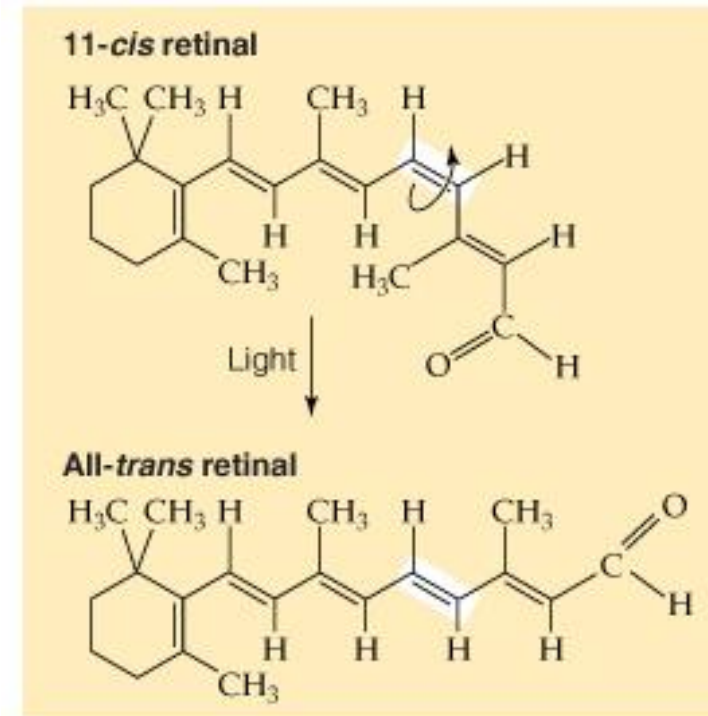
# Fotopigment tyčinek

## Rhodopsin

- Opsin
  - G – protein

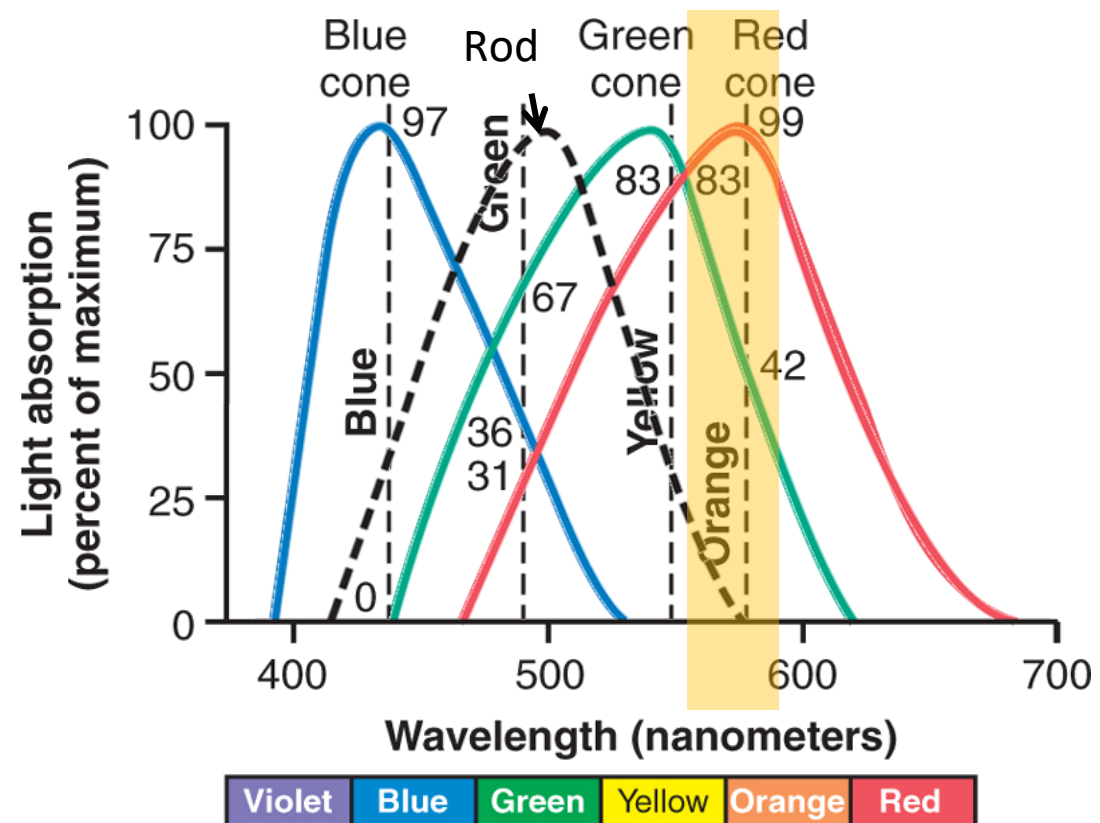


- Retinal
  - Aldehyd retinolu (vit. A)



# Fotopigment čípků

- 3 typy čípků - 3 typy fotopigmentu
  - Modrý (420nm)
  - Zelený (530nm)
  - Červený (560nm)

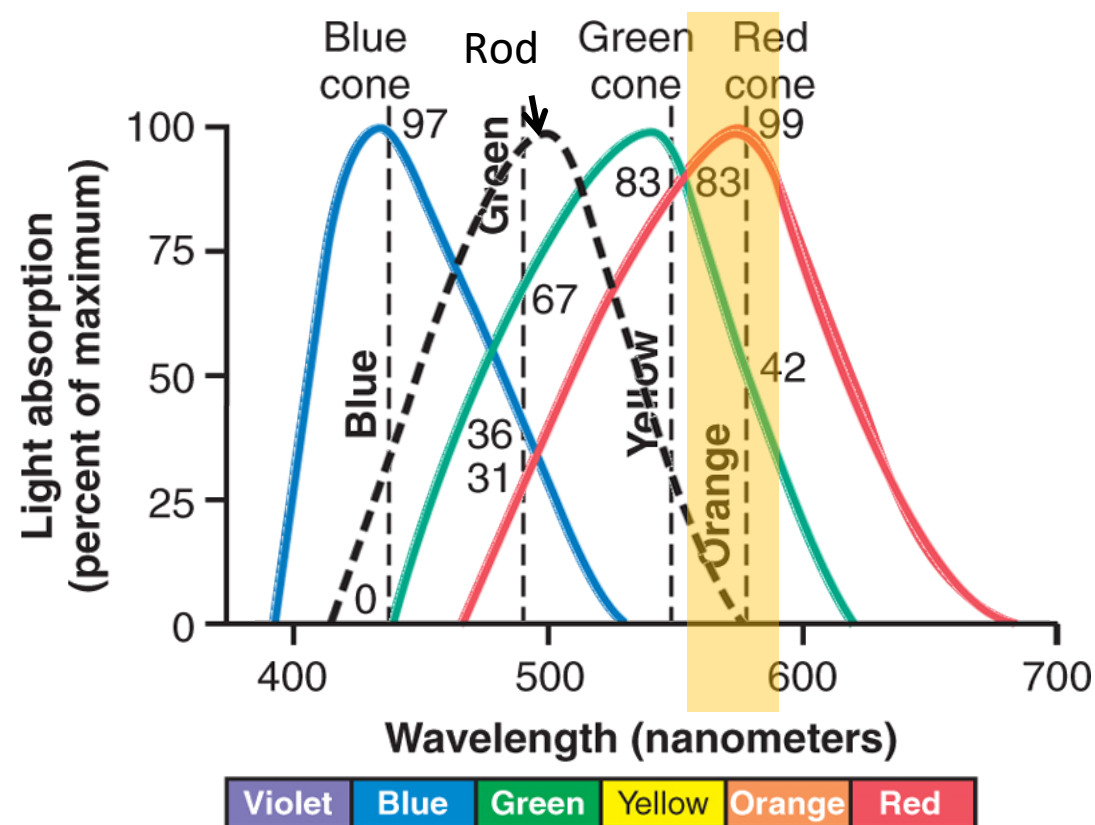


Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

# Fotopigment čípků

- 3 typy čípků - 3 typy fotopigmentu
  - Modrý (420nm)
  - Zelený (530nm)
  - Červený (560nm)
- Výsledný barevný vjem je dán poměrem aktivity jednotlivých typů čípků
  - Př. oranžová (580nm)
    - Modrá: 0%
    - Zelená: 42%
    - Červená: 99%

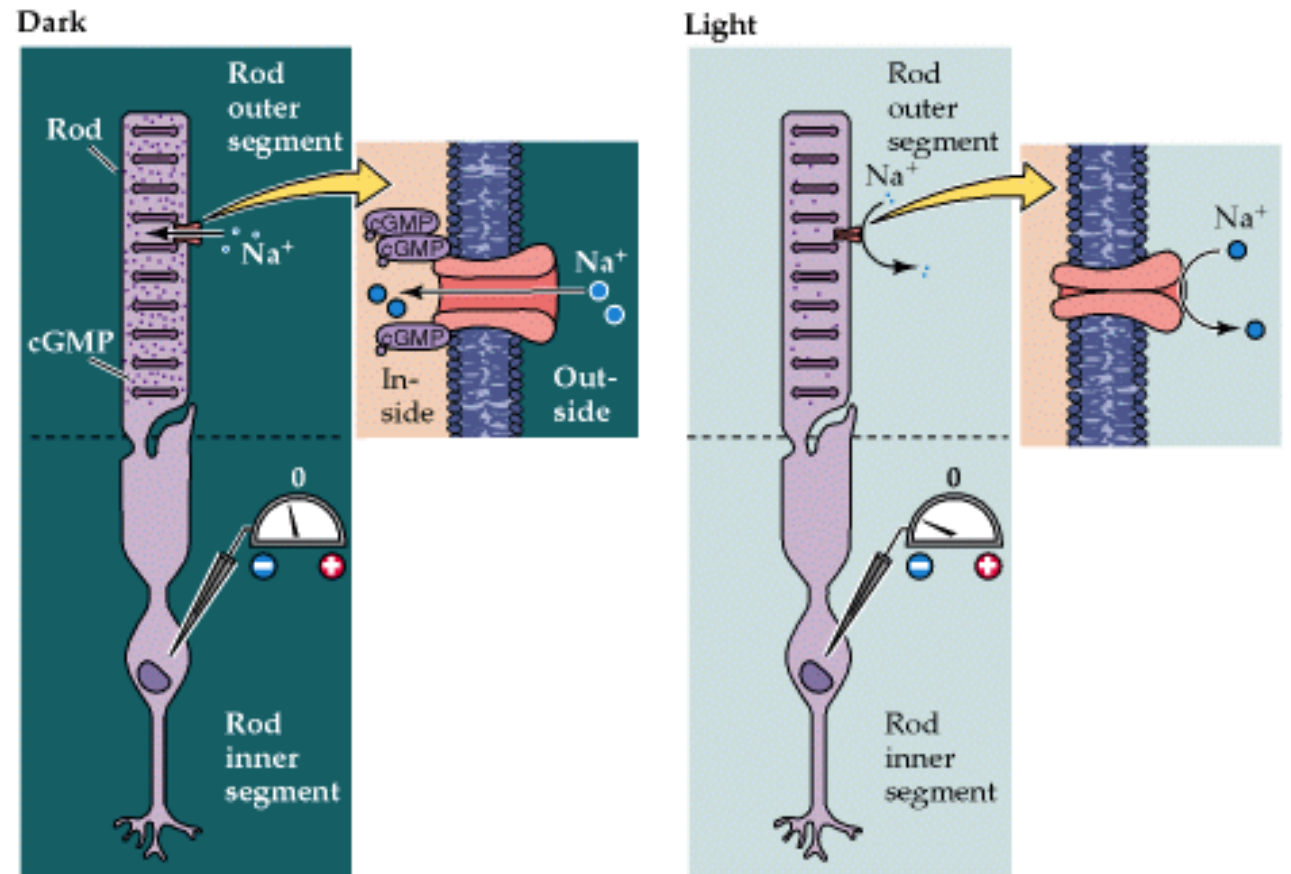


Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

# Fotorecepce

- Fotoreceptory ve tmě kontinuálně vylučují excitační neurotransmitter (glutamát)
- Účinkem světla se membrána **hyperpolarizuje**, což vede ke snížení vylučování glutamátu

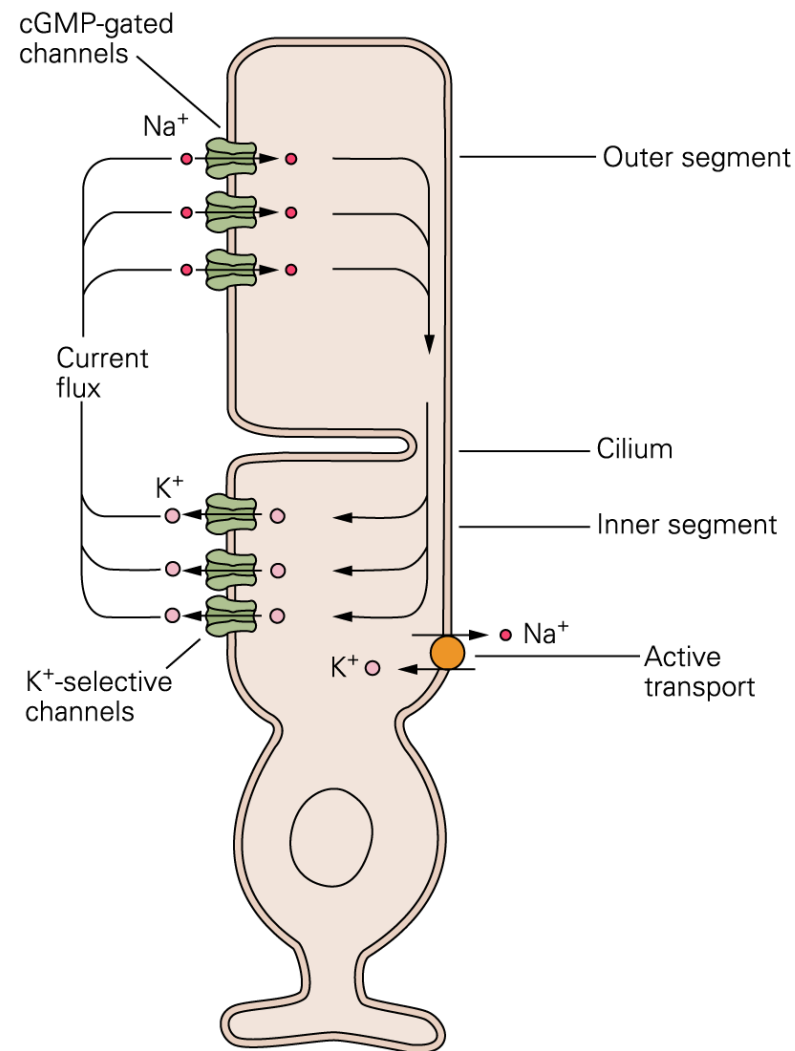


<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>



# Fototransdukce - tma

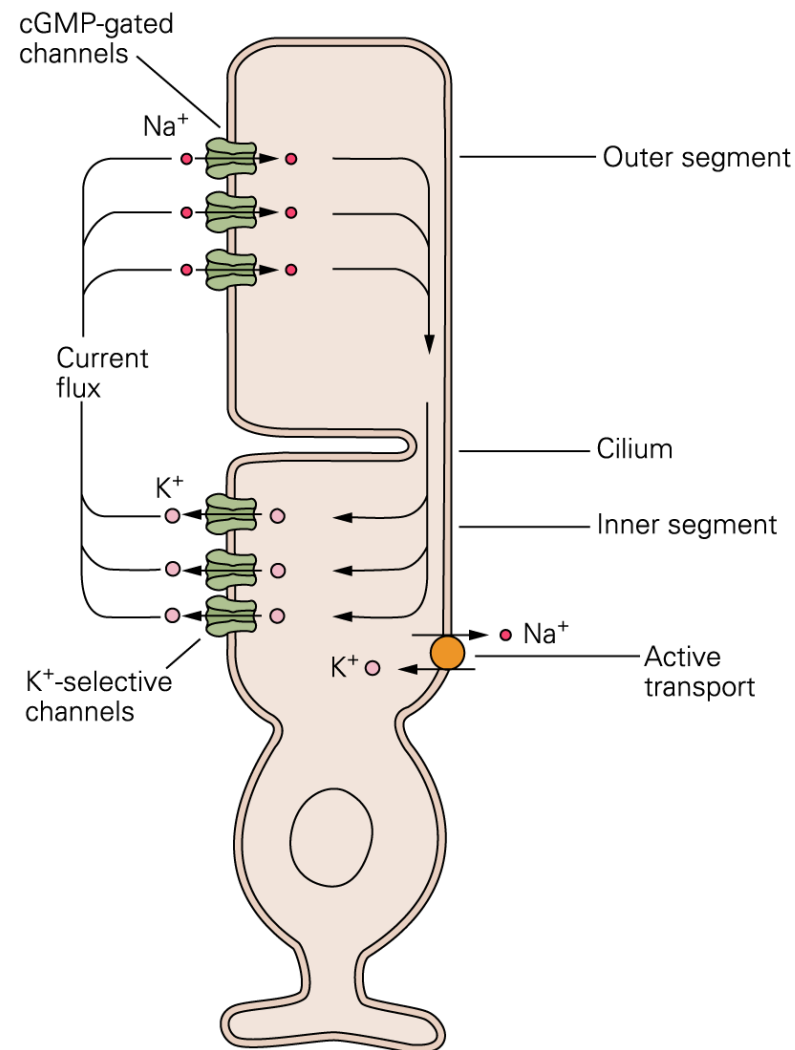
- Guanylátcykláza
  - cGMP
- cGMP-gateed  $\text{Na}^+$  kanály
  - $\text{Na}^+$  influx
- Napěťové  $\text{Ca}^{2+}$  kanály
  - Uvolnění glutamátu
- Udržení rovnováhy
  - $\text{K}^+$  eflux
  - $\text{Na}^+/\text{K}^+$  pumpa
- Klidový membránový potenciál – 40mV



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Fototransdukce - světlo

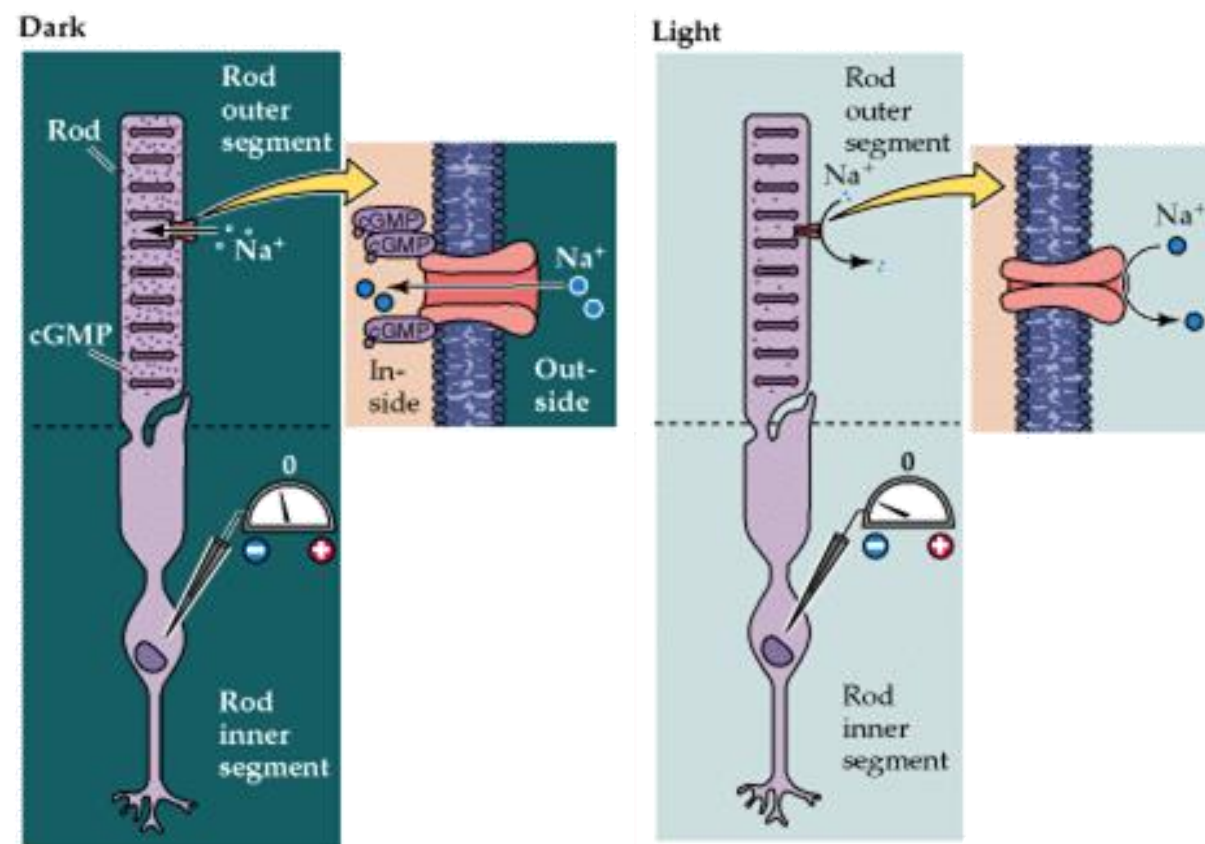
- Interakce fotonu s ftopigmentem
- Izomerizace subjednotek ftopigmentu
- Kaskáda reakcí jejíž výsledkem je aktivace cGMP fosfodiesterázy
  - Snížení hladiny cGMP
- Deaktivace cGMP gated  $\text{Na}^+$  kanálů
- $\text{K}^+$  eflux pokračuje
- Hyperpolarizace membrány
  - Deaktivace napěťových  $\text{Ca}^{2+}$  kanálů
  - Snížení vylučování glutamátu



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Adaptace na světlo a na tmu

- **Optická adaptace**
  - Fotoreakce zornic
- **Adaptace fotoreceptoru**
  - $\text{Ca}^{2+}$  inhibuje guanylátcyklázu
  - cGMP gated  $\text{Na}^+$  kanály....
  - Tma
    - Vyšší hladiny  $\text{Ca}^{2+}$  → snížení cGMP → Membrána více hyperpolarizovaná → „vyšší senzitivita“
  - Světlo
    - Nižší hladiny  $\text{Ca}^{2+}$  → zvýšení cGMP → membrána více depolarizovaná → „nižší senzitivita“



<http://www.slidesare.net/drpsdeb/presentations>

## 77. Základy fyziologie zraku - vnímání světla vs. vnímání obrazu, cirkadiální rytmy

- Základní charakteritika světla
- Detekce světla (DS) vs. vytváření obrazu (VO)
- DS – téměř všechny živé organismy
  - jedna z nejstarších funkcí
  - synchronizace cirkadiální aktivity
- IF - Funkční přehled anatomie oka (camera obscura s čočkou...)
- Cirkadiální rytmy
  - Definice + význam
  - Biologické hodiny (buněčná, tkáňová úroveň, centrální pacemaker)
  - Přehled cirkadiální aktivity u člověka (“aktivní” hodiny, hodiny “odpočinku”, fyziologické změny, související hormonální oscilace...)

## 78. Základy fyziologie zraku – funkce tyčinek a čípků, on/off receptivní pole, nervus opticus vs. tractus opticus

- Funkce tyčinek a čípků
  - Charakteristika a srovnání
  - Mechanismus fotodransdukce a adaptace
- Stručný přehled organizace sítnice (sítnice zpracovává receptorový potenciál - analogový, akční potenciál je generován v gangliových buňkách)
- Organizace receptivního pole
  - On/off receptivní pole
  - Magnocelulární systém (ČB)
  - Parvocelulární systém (Barva)
- Nervus opticus vs. tractus opticus
- Projekce z tractus opticus (hlavní mozková centra zapojena do zpracování zrakové informace)

M U N I

M E D