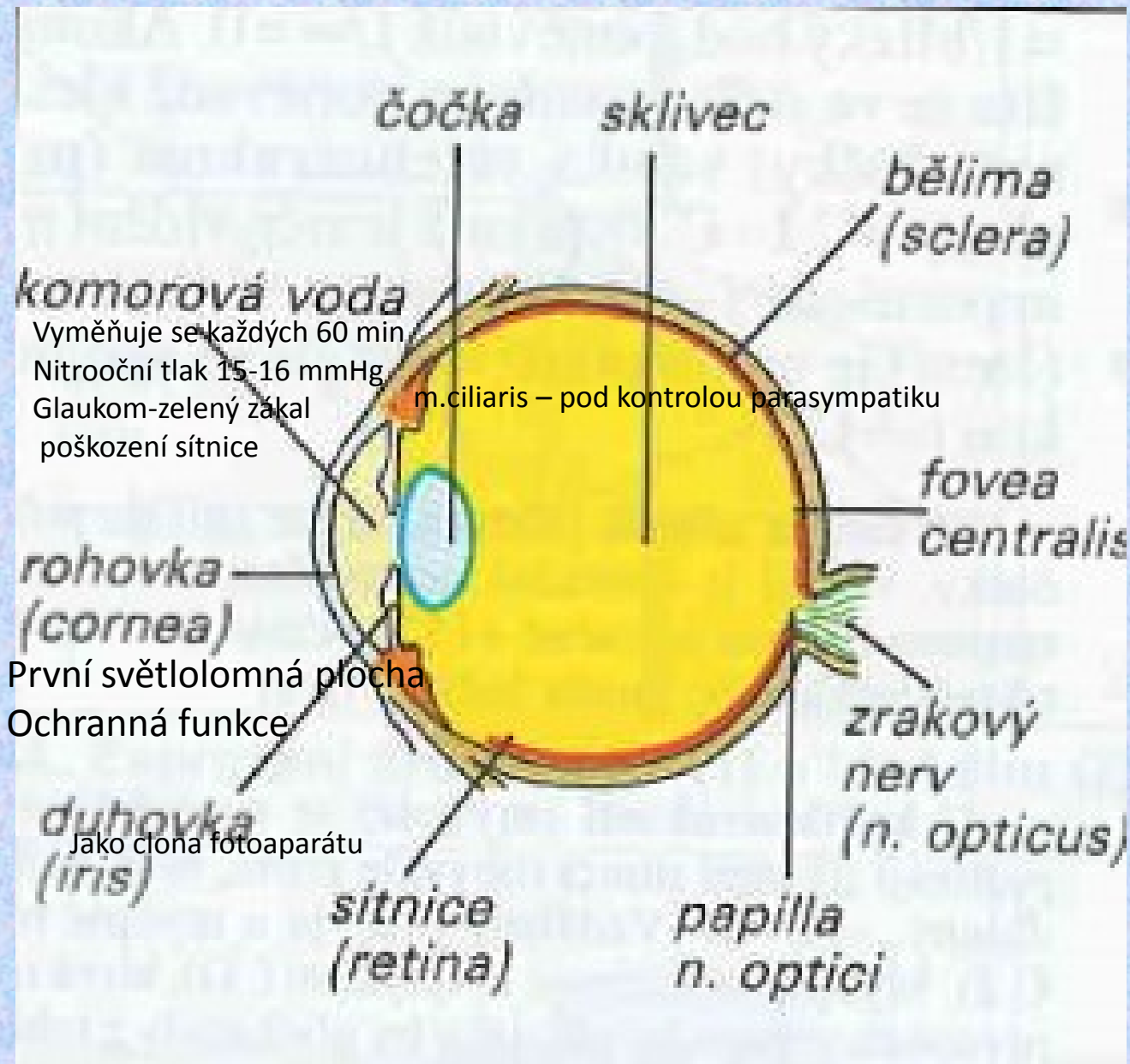


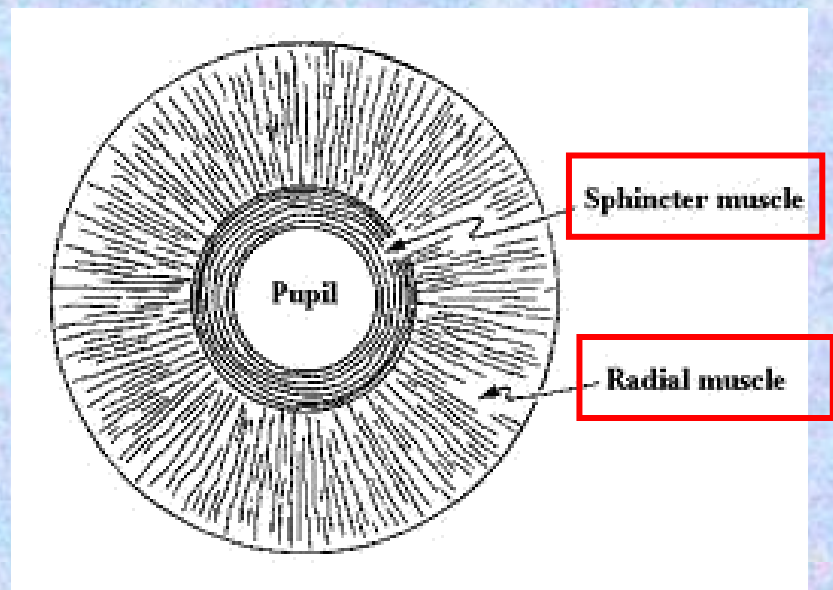
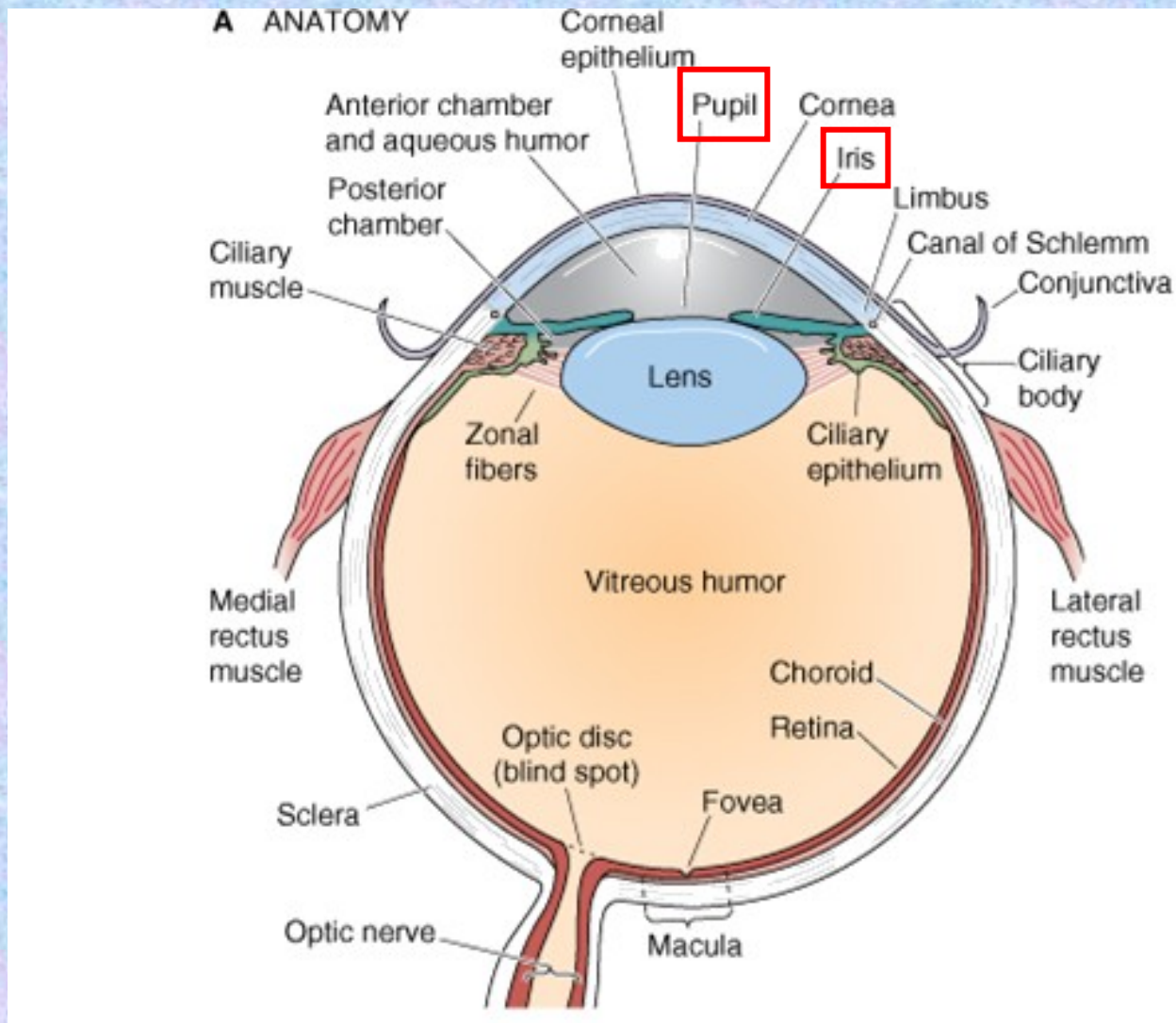
# FYZIOLOGIE VIDĚNÍ



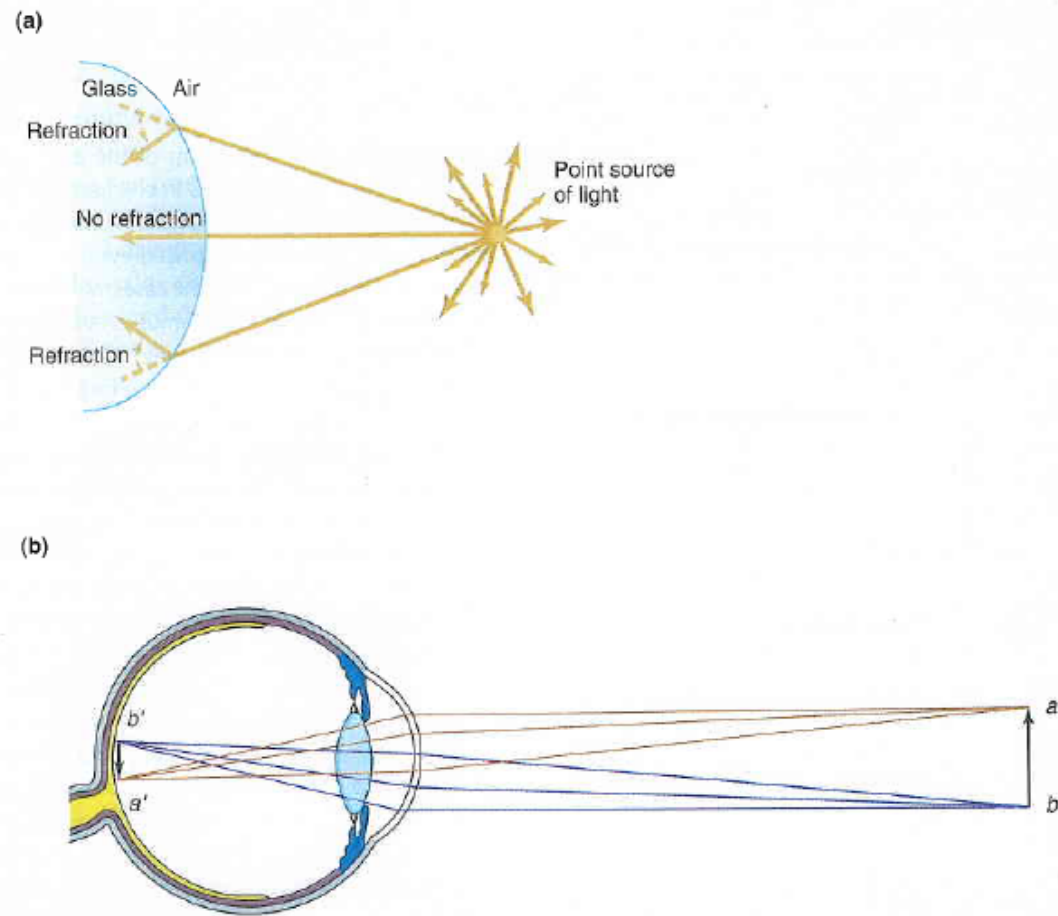
Zrak – nejdůležitější smysl,  
u člověka 80% informací přicházejících z vnějšího prostředí  
pro zpracování v CNS je získáno prostřednictvím zraku

CNS zpracovává odlišné druhy zrakové informace současně  
(simultánně) a okamžitě pomocí paralelních subsystémů  
zrakové dráhy – na rozdíl od akustické informace, která je  
zpracovávána postupně (sukcesivně)

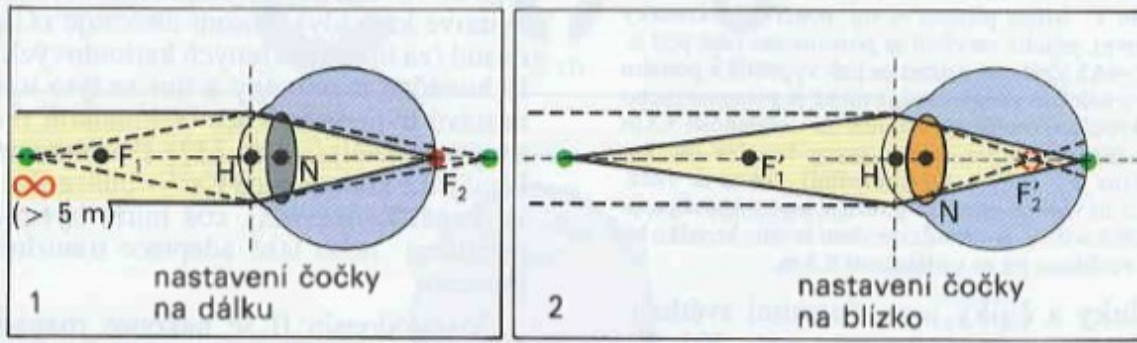
Oko: optické (rohovka, komorová tekutina, čočka, sklivec)  
a nervové elementy (sítnice)



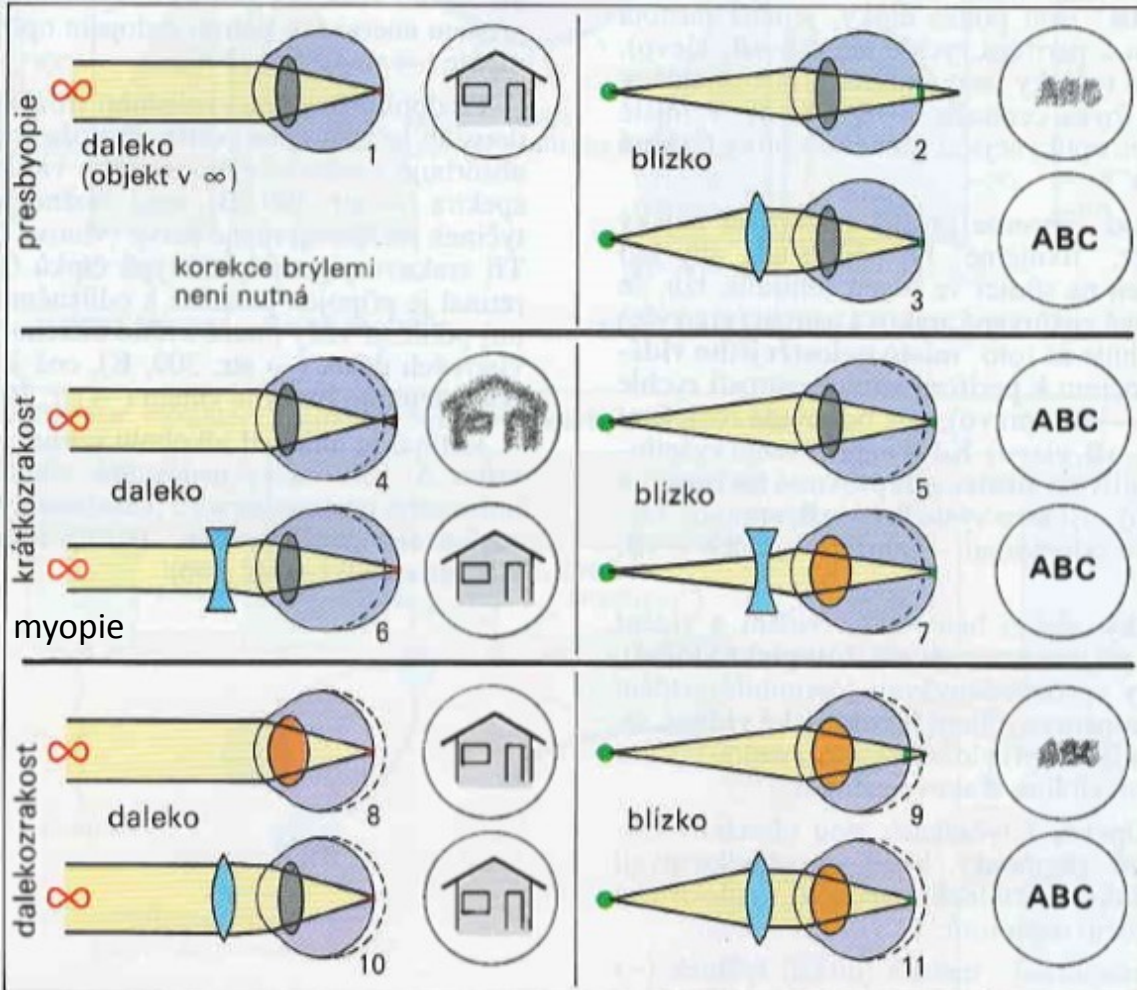
Pupilární reflex (zúžení a rozšíření zornice)  
 -neuronální dráha začínající v sítnici – n.opticus  
 -oddělení do pretektální oblasti k jádrům  
 okohybných nervů- Edinger-Westphalovo jádro  
 -jako vlákna ANS –končí: m.sphinkter-m.dilatator pupillae

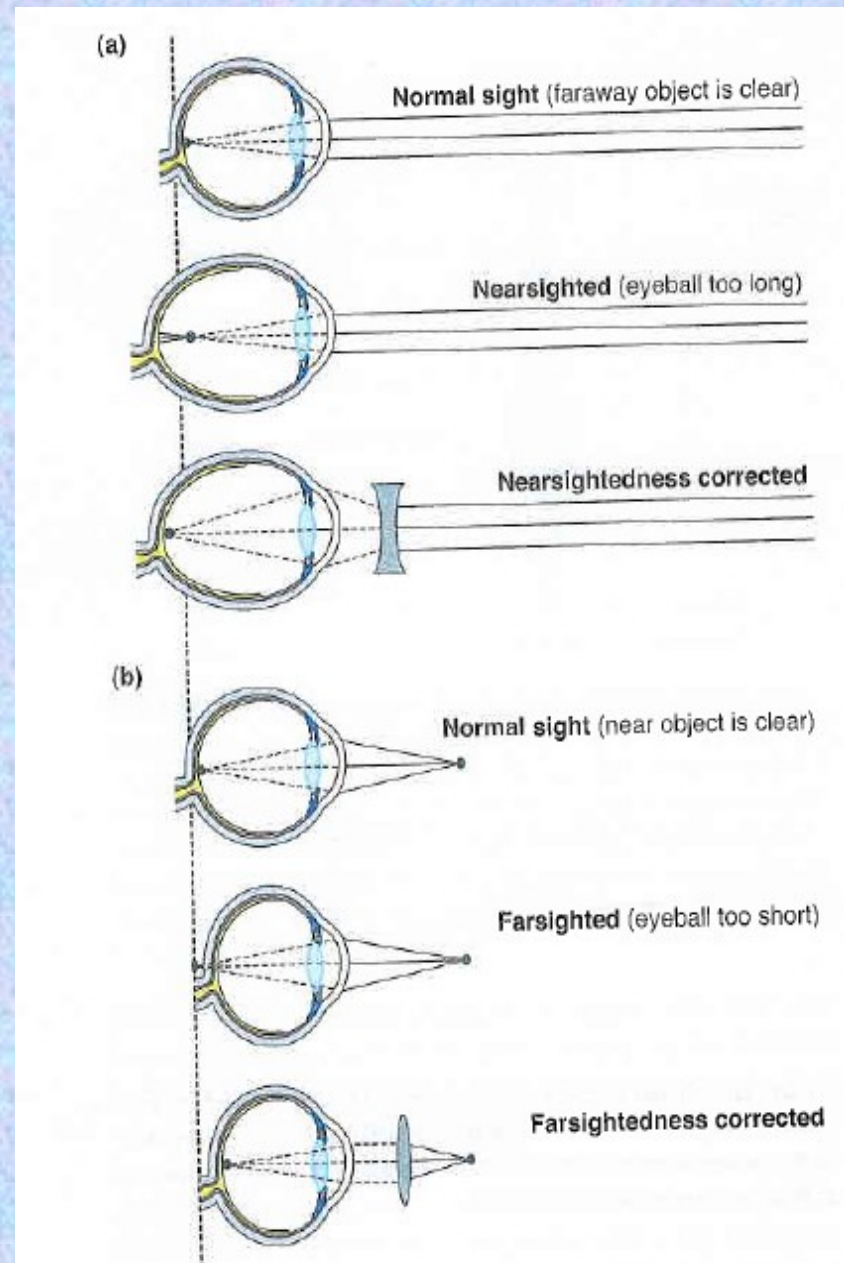


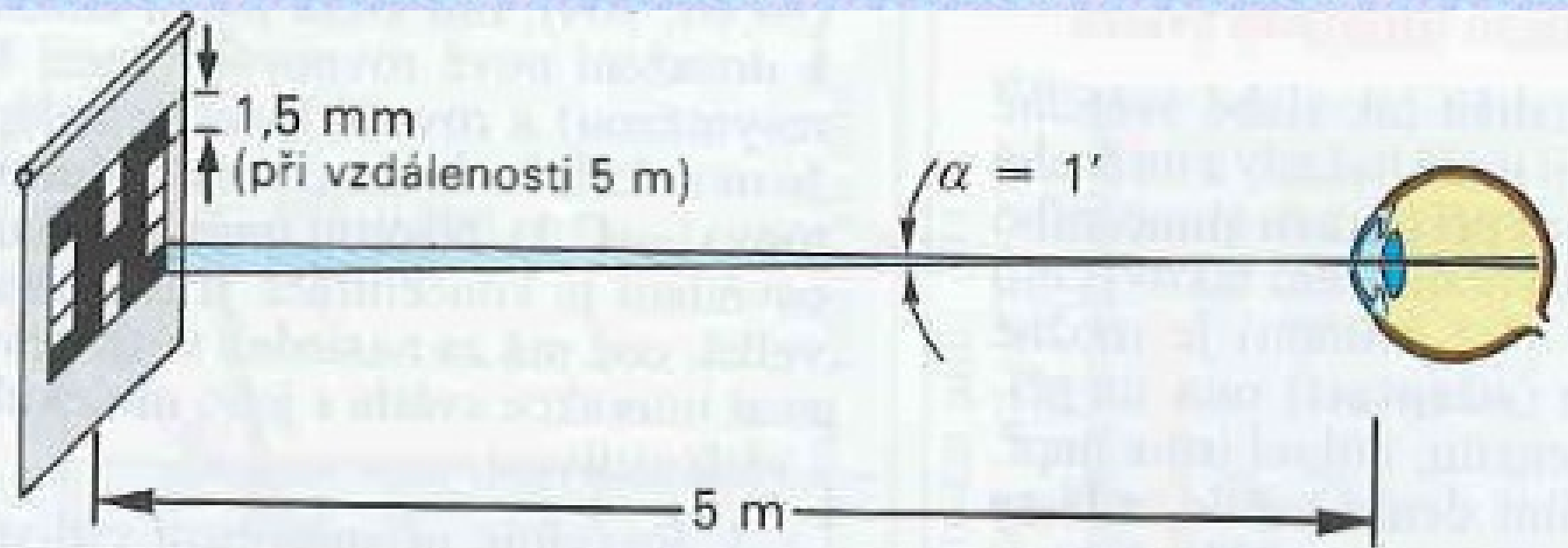
**FIGURE 12-8 Focusing point sources of light.** (a) When diverging light rays enter a dense medium at an angle to its convex surface, refraction bends them inward. (b) Refraction of light by the lens system. For simplicity, refraction is shown only at the corneal surface (site of greatest refraction) although it also occurs in the lens and elsewhere. Incoming light from *a* (above) and *b* (below) is bent in opposite directions, resulting in *b'* being above *a'* on the retina. (From Widmaier EP, Raff H, Strang KT: *Vander's Human Physiology*, 11th ed. McGraw-Hill, 2008.)



B. Oko: akomodace na dálku (1) a na blízko (2)



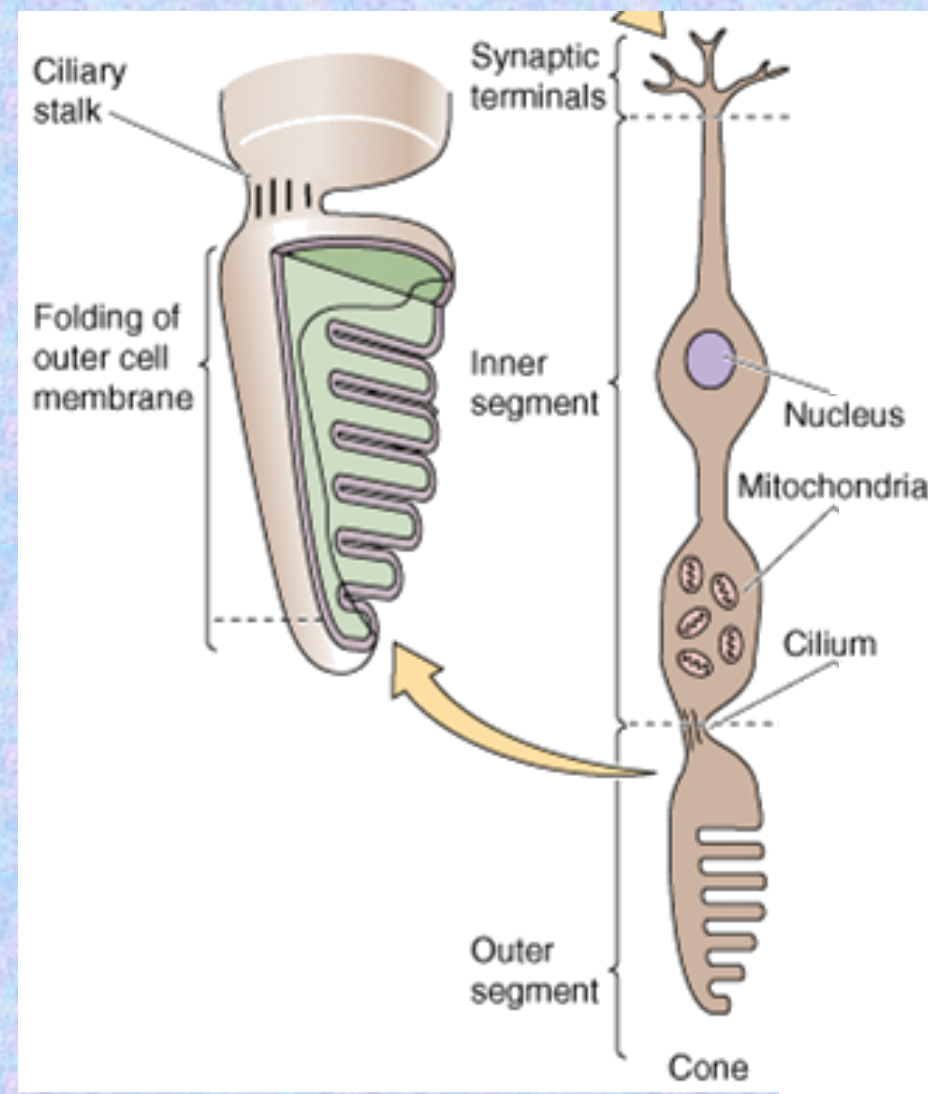
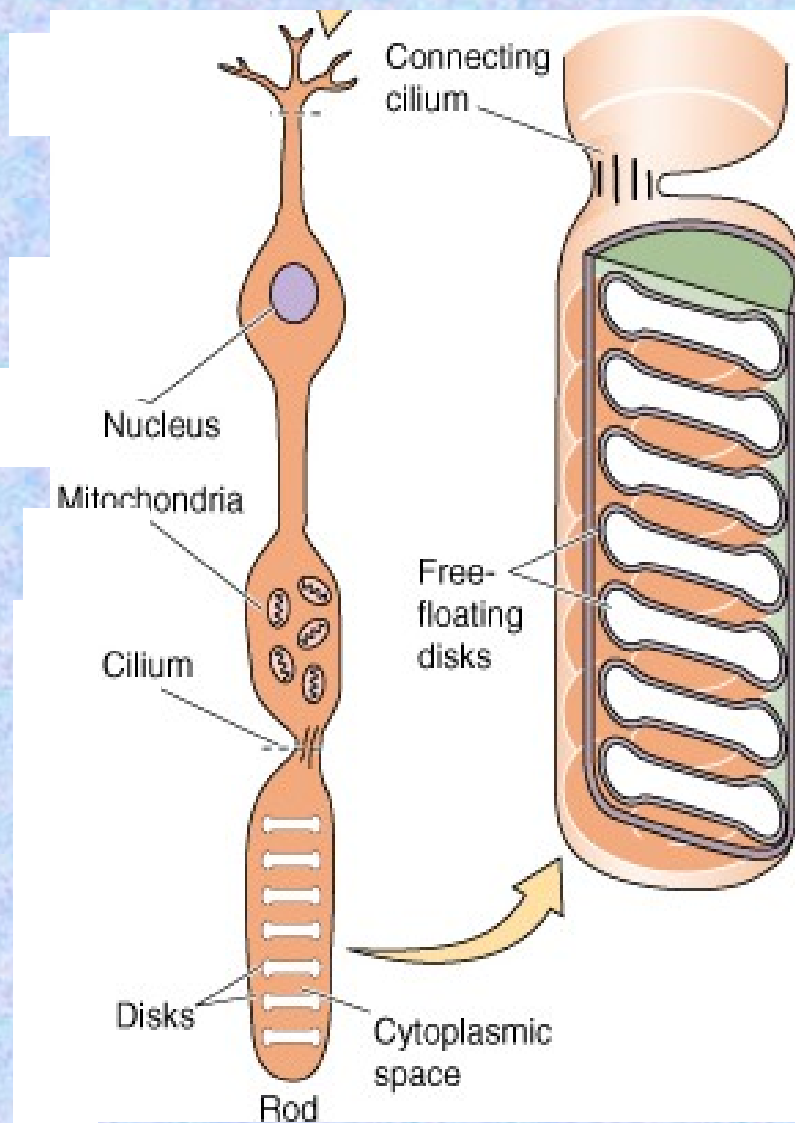




Landoltovy  
kroužky



## Světločivné elementy: tyčinky a čípky



Obsahují zrakové pigmenty, které se působením světla chemicky rozkládají.

Základ: sloučenina bílkovin opsinu a retinenu (derivát vit.A), působením světla pigment bledne, ruší se vazba mezi opsinem a retinenem. Rozpad pigmentu=nervový vzruch=akční potenciál v gangliových buňkách sítnice. Působením vit.A se vazba obnovuje. Nedostatek vit.A- šeroslepost (nyktalopie)



nazálně ←

→ temporálně

[ $10^3 \cdot \text{mm}^{-2}$ ]

hustota receptorů

tyčinky

čipky

slepá skvrna

fovea centralis

citlivost  
ve tmě  
[%]

vizus

90° 60° 30° 0 30° 60° 90°

slepá skvrna fovea centralis

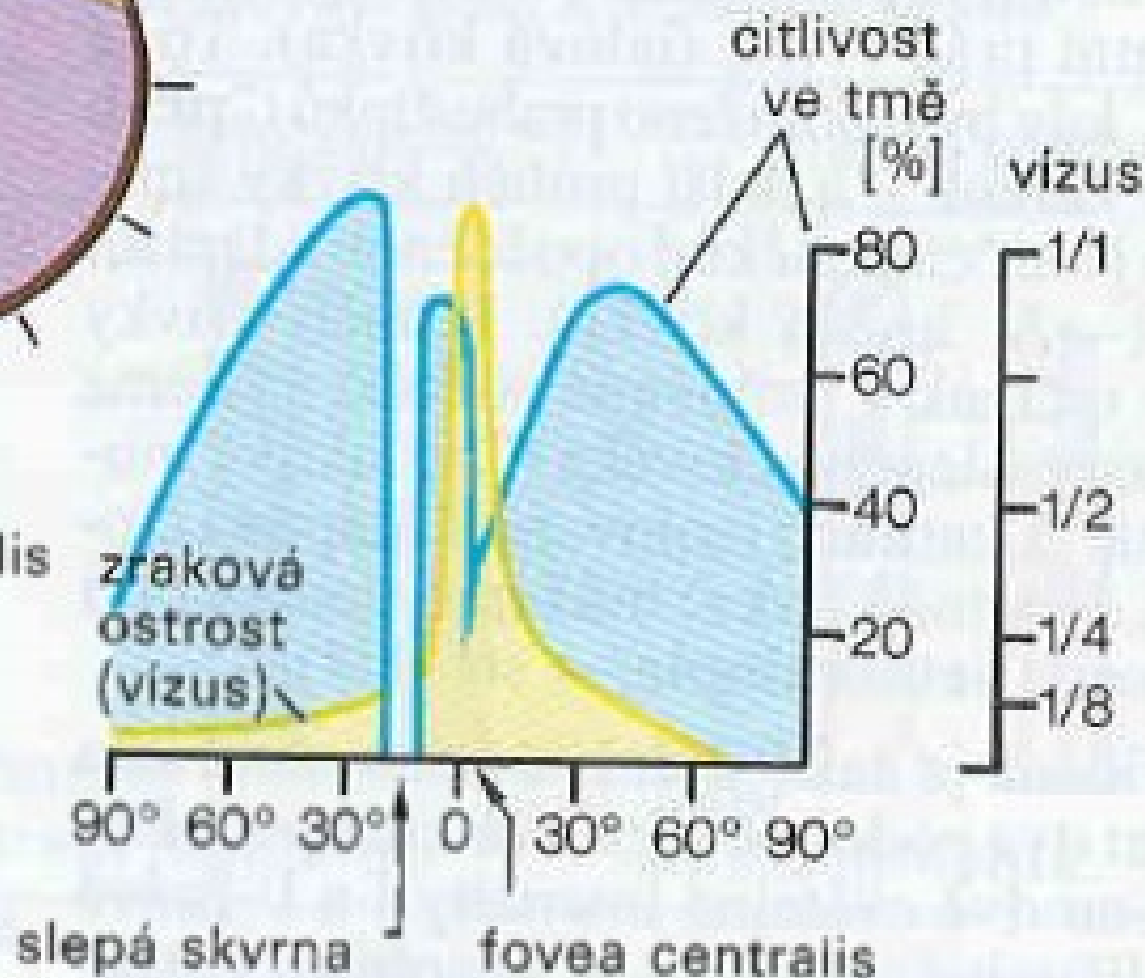
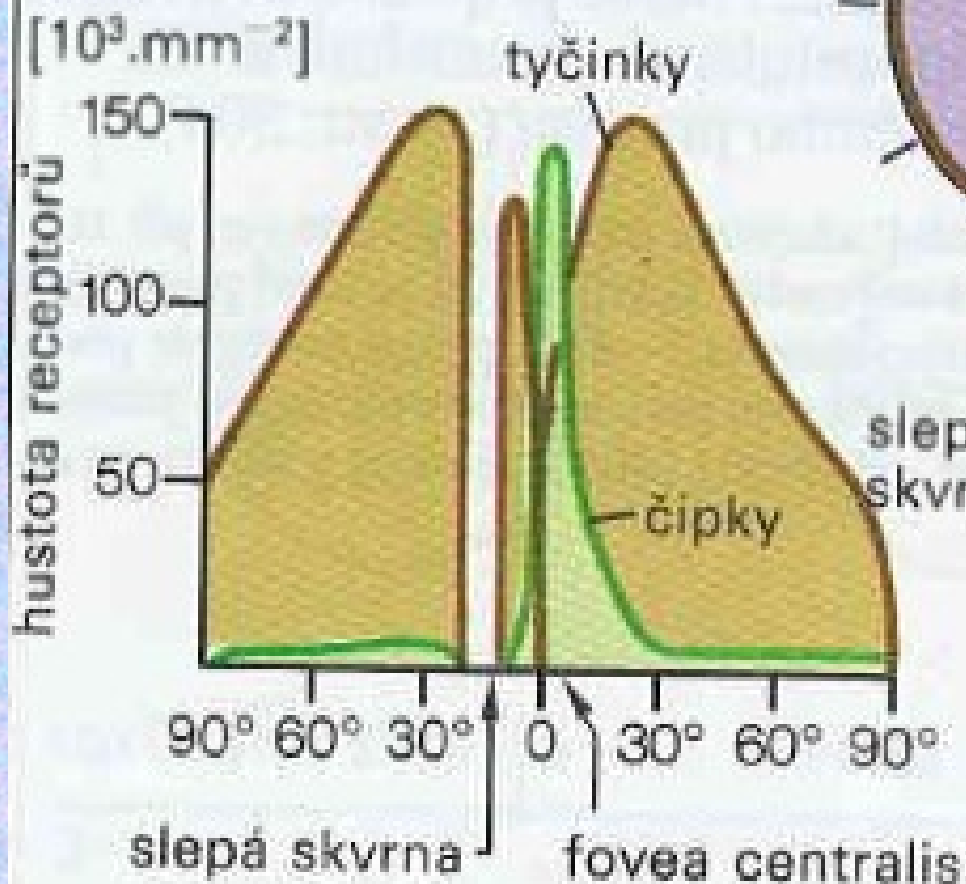
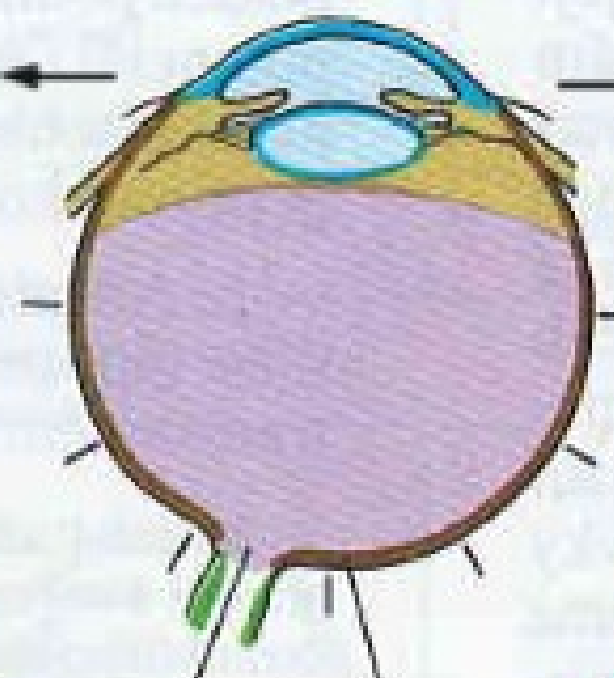
90° 60° 30° 0 30° 60° 90°

slepá skvrna fovea centralis

zrková  
ostrost  
(vizus)

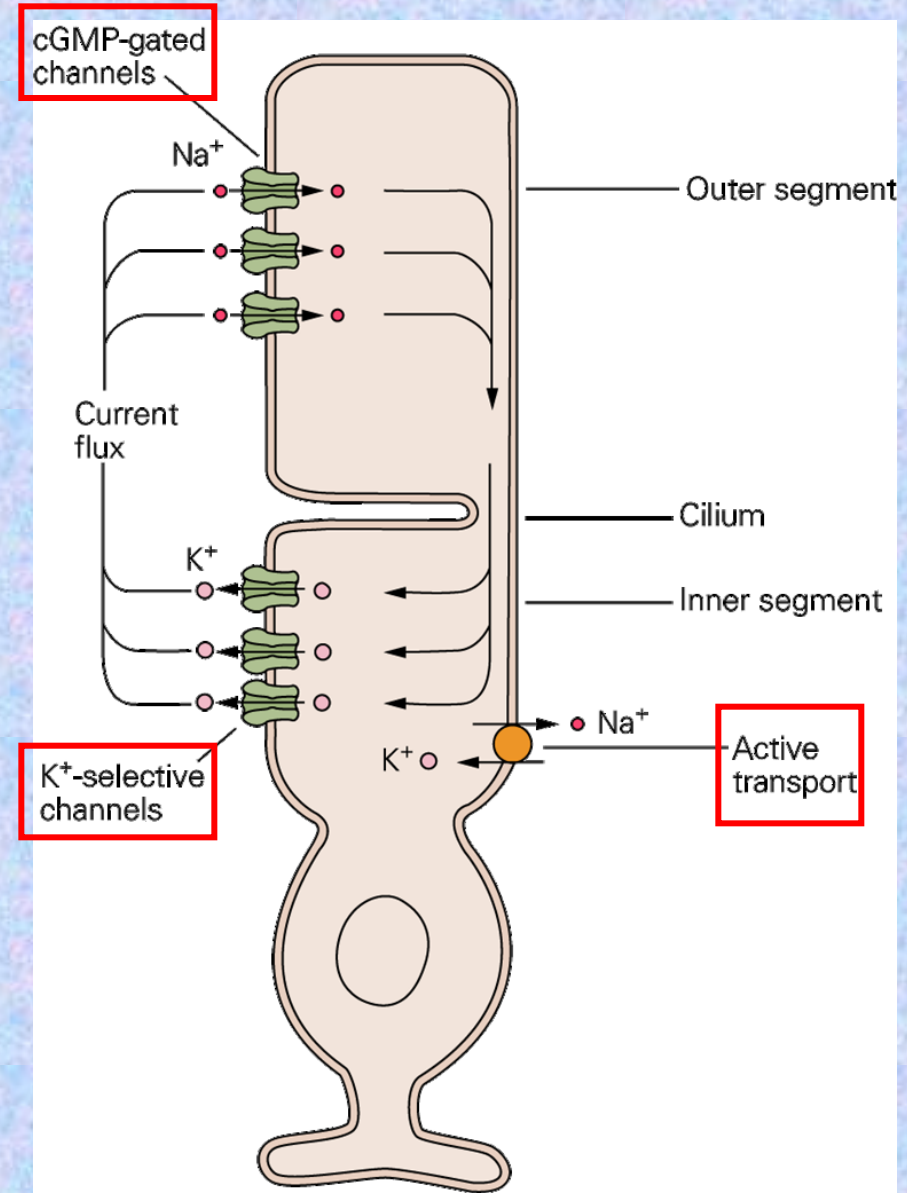
80  
60  
40  
20

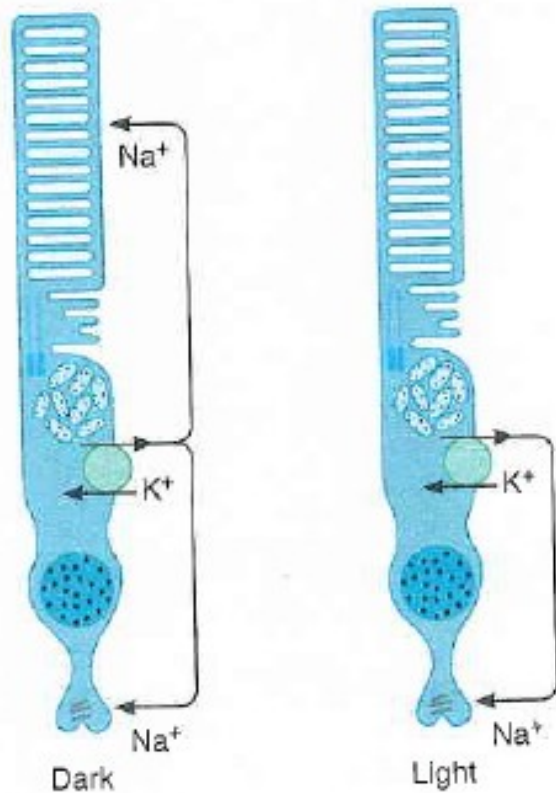
1/1  
1/2  
1/4  
1/8



# Phototransduction: Dark current

- Partially active guanylyl cyclase keeps cytoplasmic [cGMP] high in the dark
- Outer segment contains cGMP-gated cation channels
  - Influx of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$
- Inner segment contains non-gated  $\text{K}^+$  selective channels
  - $\text{K}^+$  efflux
- Resting, or dark  $V_m$  is -40 mV
- concentration gradients maintained by  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  pump





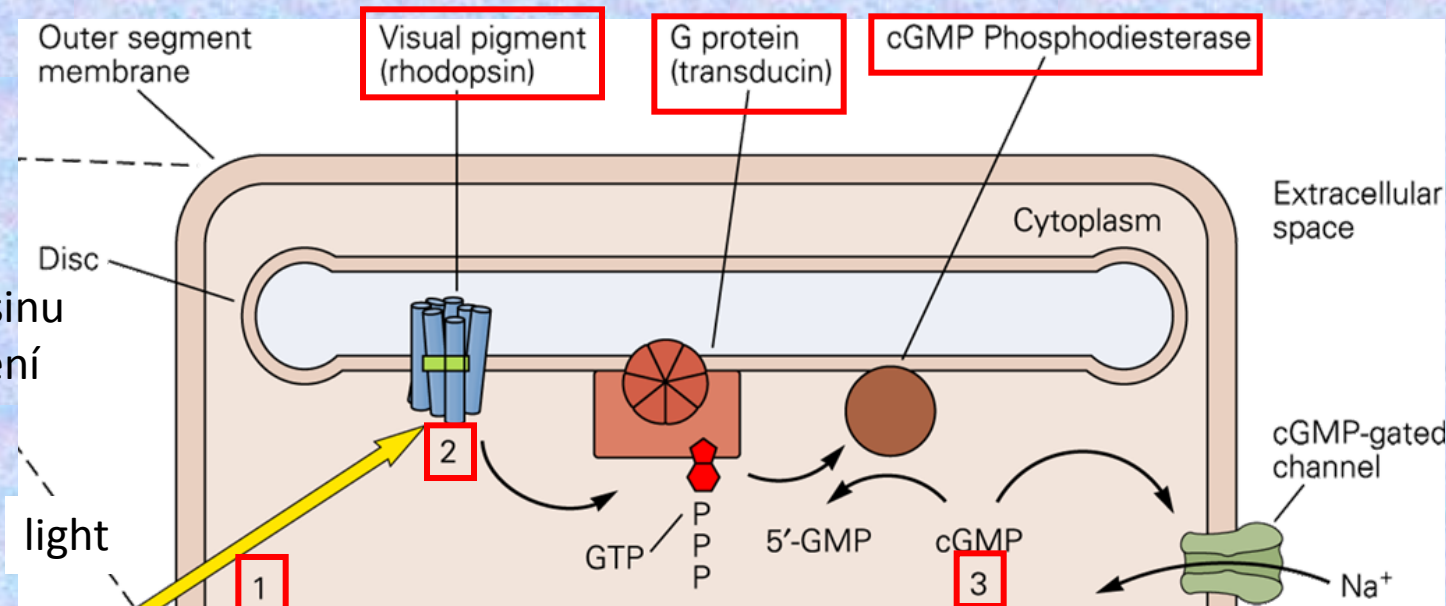
**FIGURE 12-12** Effect of light on current flow in visual receptors. In the dark, Na<sup>+</sup> channels in the outer segment are held open by cGMP. Light leads to increased conversion of cGMP to 5'-GMP, and some of the channels close. This produces hyperpolarization of the synaptic terminal of the photoreceptor.

Ve tmě jsou sodíkové kanály drženy otevřené působením cGMP, Proud teče od vnitřního segmentu k zevnímu světlo kanály uzavírá – hyperpolarizace synaptických zakončení

# Phototransduction: mechanism

Opsin + retinen1  
Zrakový pigment v tyčinkách  
=rhodopsin,  
Jeho opsin=skotopsin

Ve tmě je retinen1 v rhodopsinu  
Ve formě 11cis- světlo přemění  
Na all-trans izomer



1. Absorption of a photon isomerizes retinal

fosfodiesteráza katalyzuje cGMP-5' GMP, uzávěr cGMPkanálů-hyperpolarizace-snížené uvolňování synapt.mediátoru-odpověď bipolárních buněk

a) Converts opsin to metarhodopsin II

2. Metarhodopsin II activates the G-protein transducin

a) Activates cGMP phosphodiesterase (PDE)

3. PDE hydrolyzes cGMP to GMP

a) Decreased [cGMP] closes cGMP gated cation channels

b) Photoreceptor hyperpolarizes, less glutamate released

# RETINA

Its organized on layers

Visual receptors+4types of neurons.

Many different synaptic transmitters

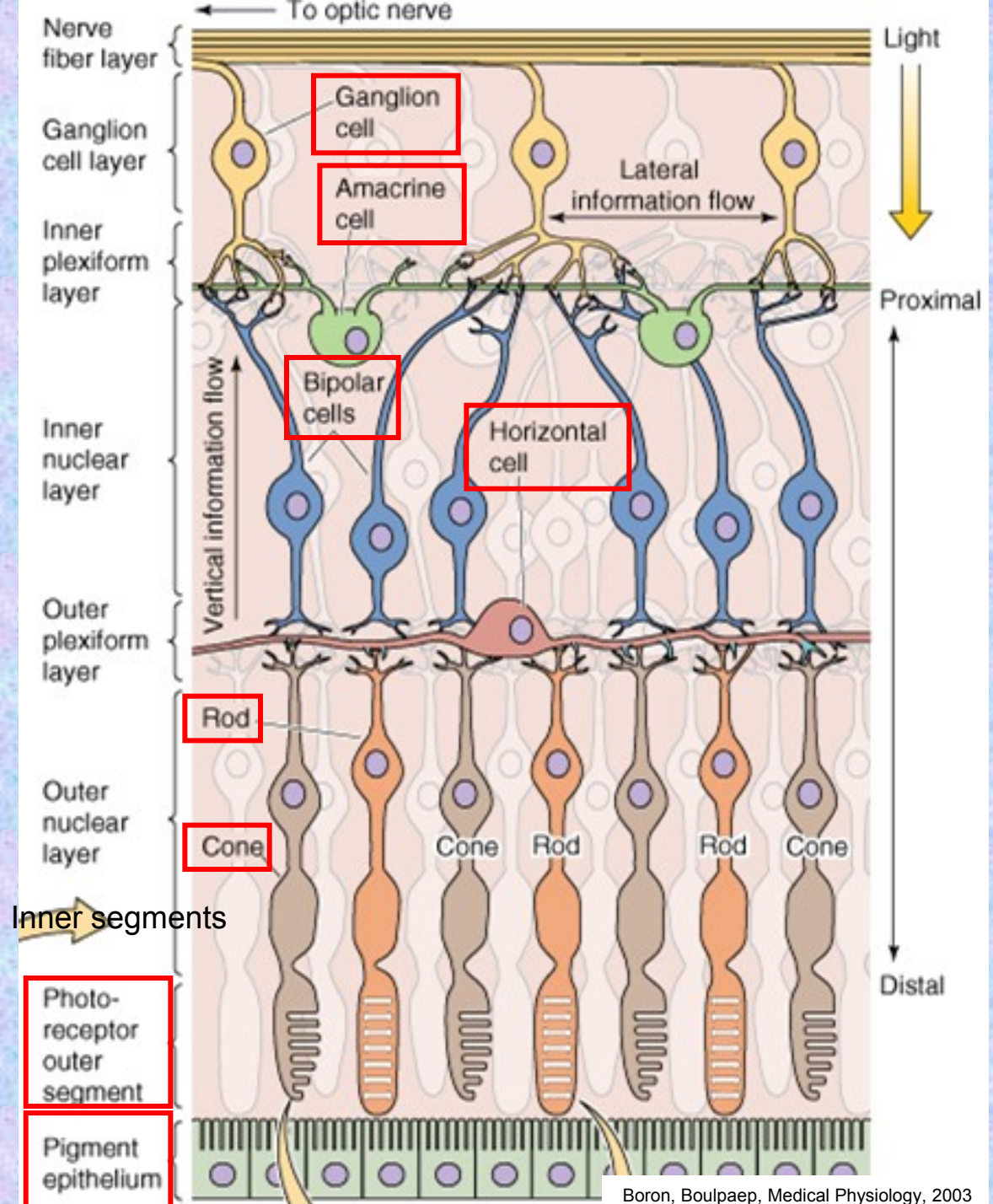
- Pigment epithelium
- Absorbs light rays, prevention the reflection of rays back through the retina
  - Contains melanin to absorbs excess light
  - Stores Vitamin A
- Photoreceptors
  - Transduce light energy into electrical energy
  - Rods and cones
- Ganglion cells
  - Output cells of retina project via optic nerve

Bipolar cells – 12 different types occur

Horizontal cells

Amacrine cells - 29types have been described

- The neural elements of retina are bound together by glial cells – Muller cells

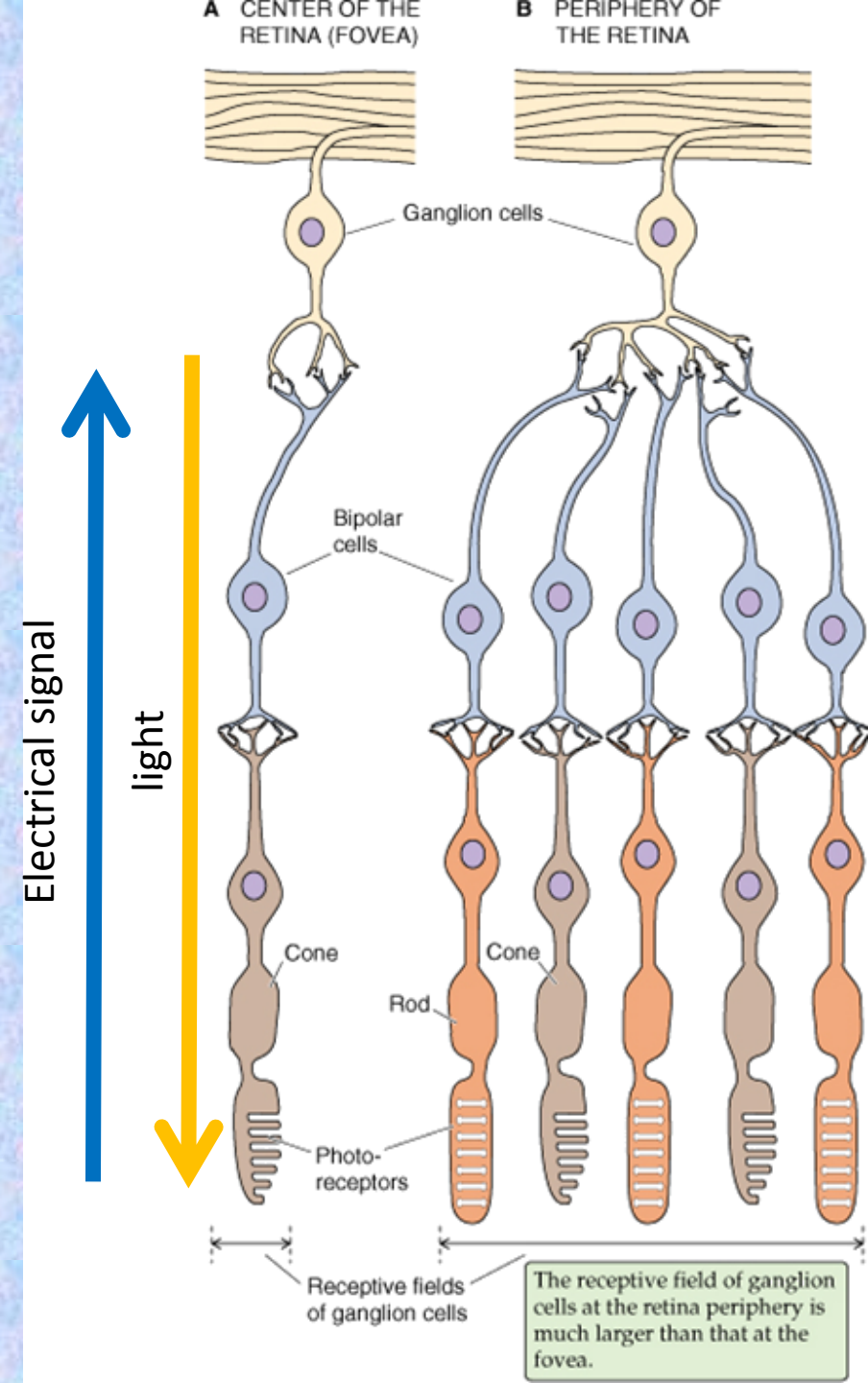


### Periphery of retina

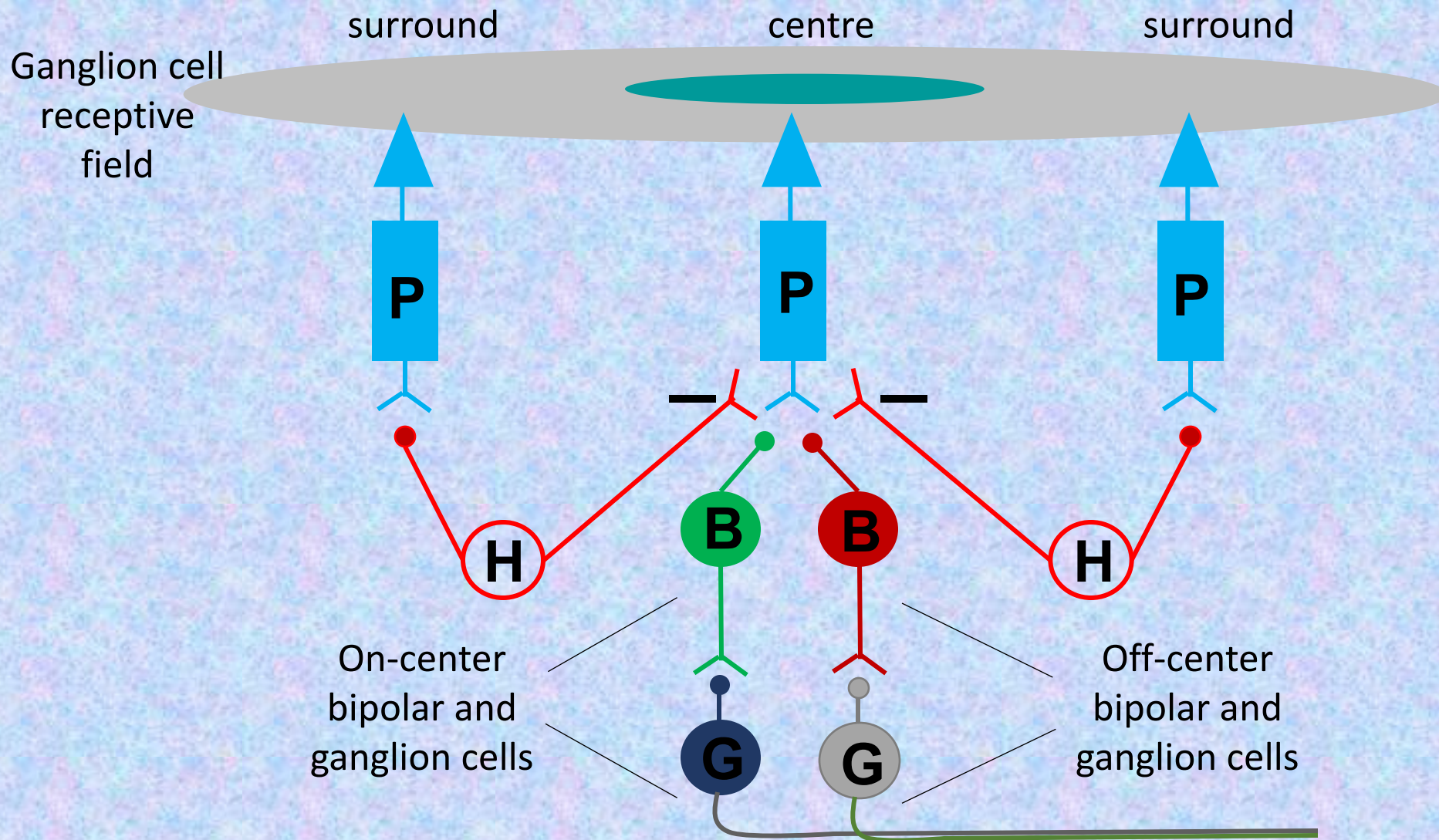
- High degree of convergence → large receptive field
- High sensitivity to light, low spatial resolution

### Fovea

- Low convergence → small receptive fields
- Lower sensitivity to light, high resolution (visual acuity)



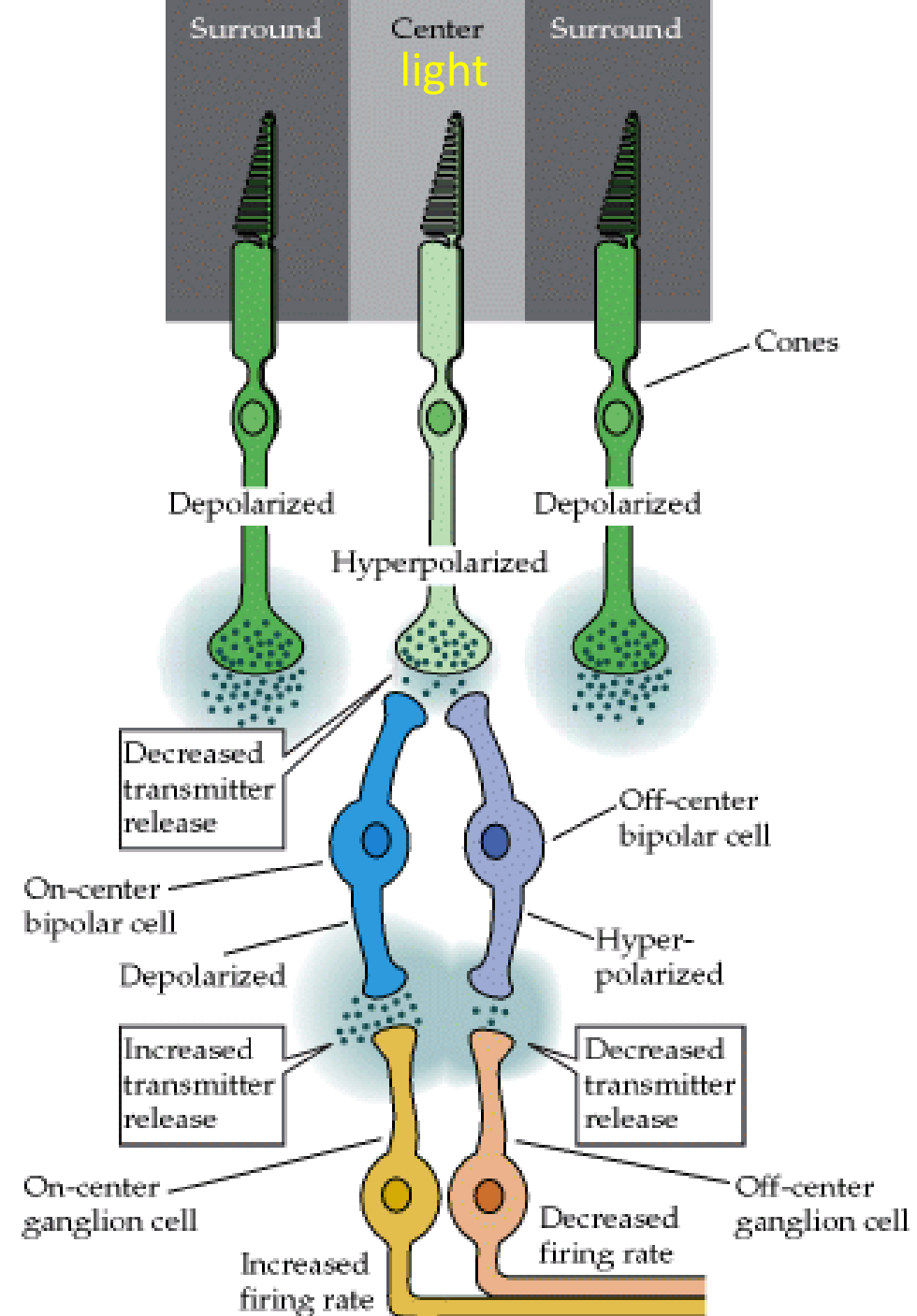
# Neural circuits of retinal receptive fields



# Neural Circuits of Retina Receptive Fields

## Light stimulus on center:

- ↓ glu release from central photoreceptor
- ↓ inhibition of on-center bipolar cell → depolarization
  - ↑ NT release → on-center ganglion cell excited
- less glu available to excite off-centre bipolar cell → hyperpolarization
  - ↓ NT release → off-center ganglion cell inhibited

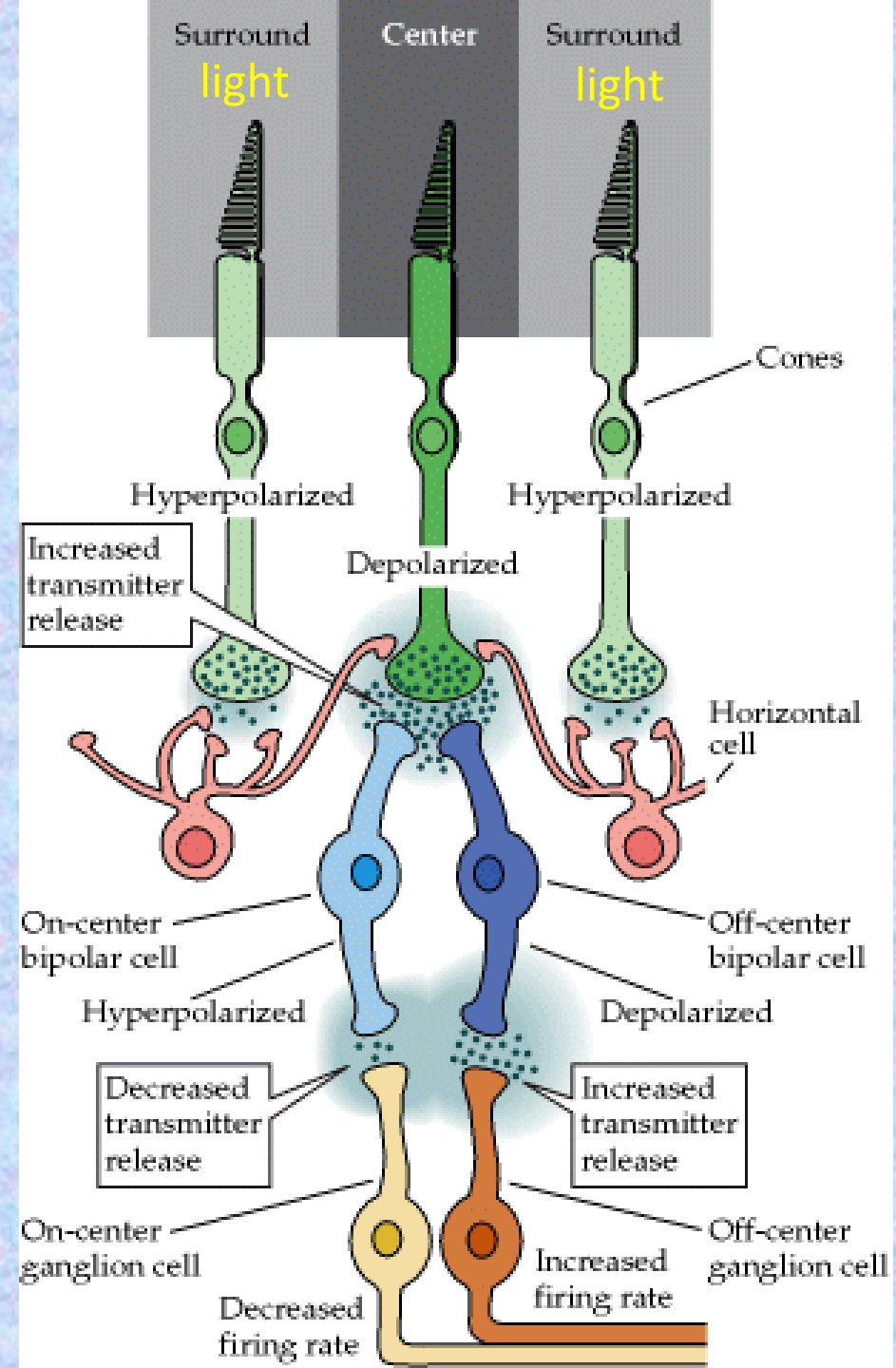




# Neural Circuits of Retinal Receptive Fields

## Light stimulus on surround:

- ↓ glu release from surround photoreceptor
- ↓ excitation of horizontal cells → ↓ inhibitory NT released
- ↓ inhibition of central photoreceptor → ↑ glu released
- ↑ glu hyperpolarizes on-center bipolar cell and depolarizes off-center bipolar cell
- On-center ganglion cell inhibited, off-center ganglion cell excited



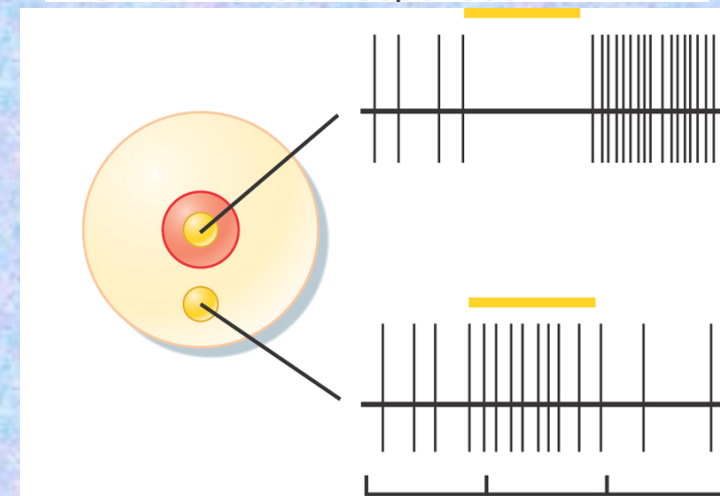
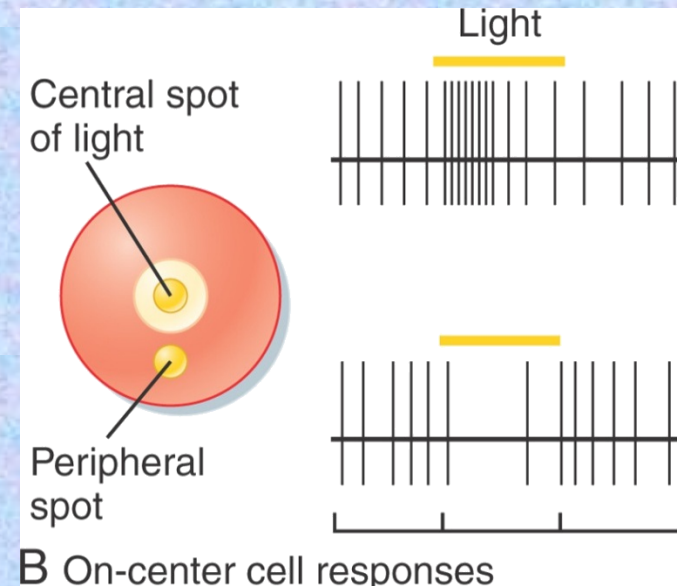
# Receptive fields

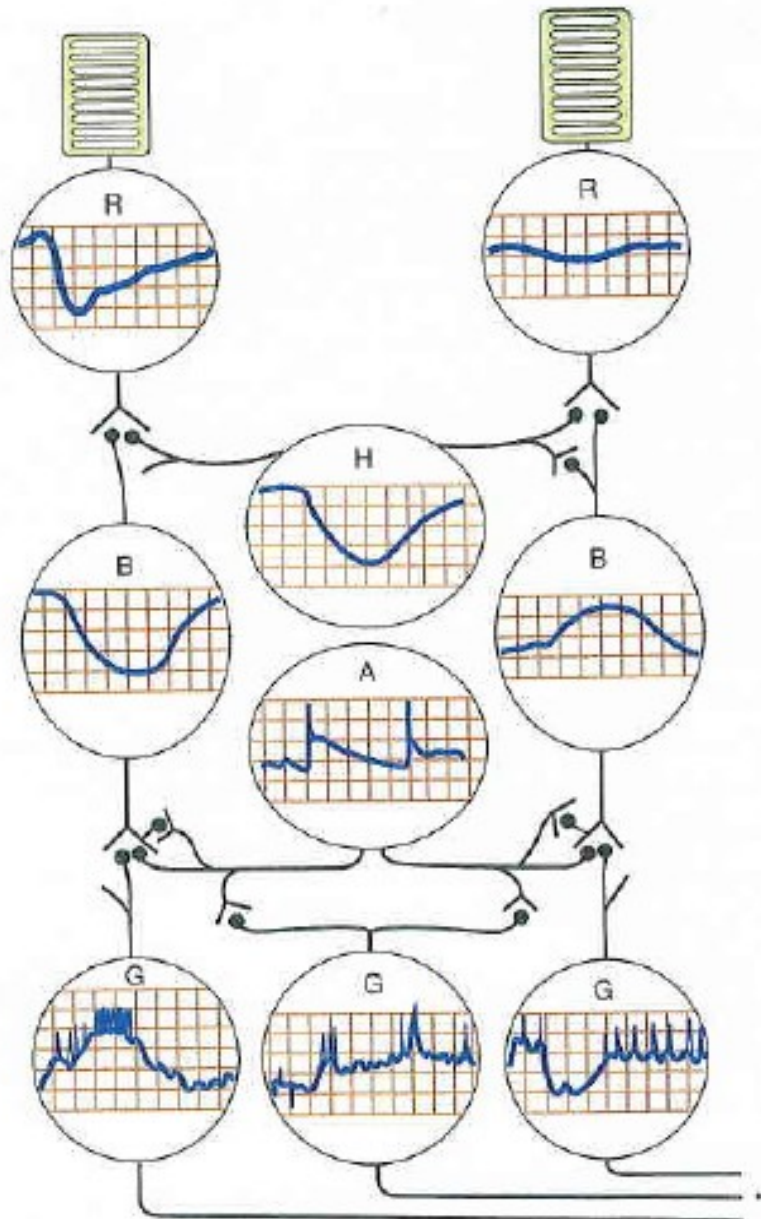
## On-center/off-surround

- Light shines on center of ganglion cell receptive field → ganglion cell increases AP firing
- Light on surround region → decreased AP firing

## Off-center/on-surround

- Light on center → decreased AP firing
- Light on surround → increased AP firing





Tyčinky a čípky reagují na světlo hyperpolarizací

Horizontální buňky - hyperpolarizací

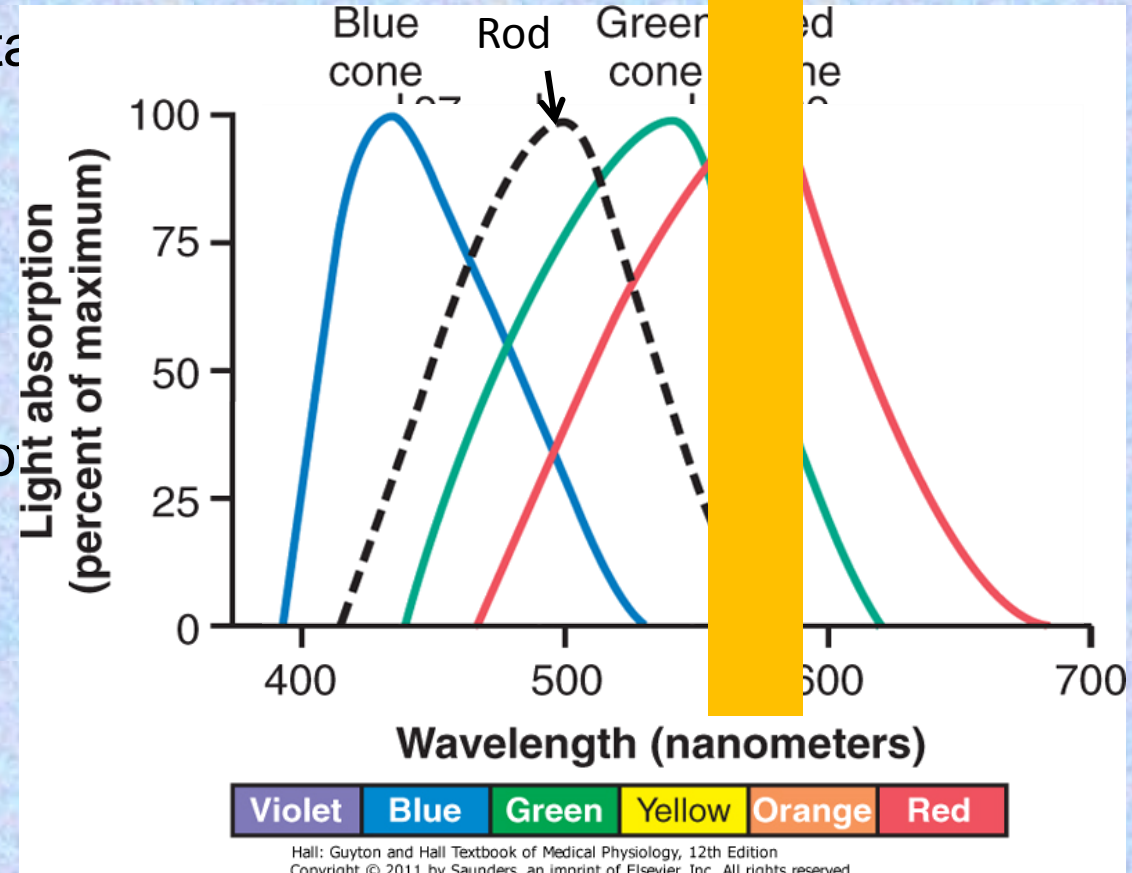
Bipolární buňky hyperpolarizací nebo depolarizací

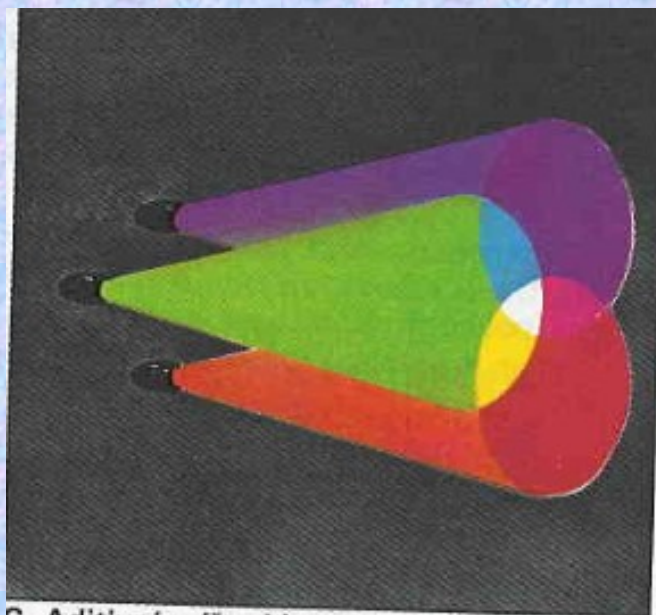
Amakrinní – depolarizační potenciály a hroty typu generátorového potenciálu sloužící pro vznik AP v gangliových buňkách

# Colour Vision

Vnímání barev je dáno poměrem frekvence vzruchů ve 3 Systémech čípků

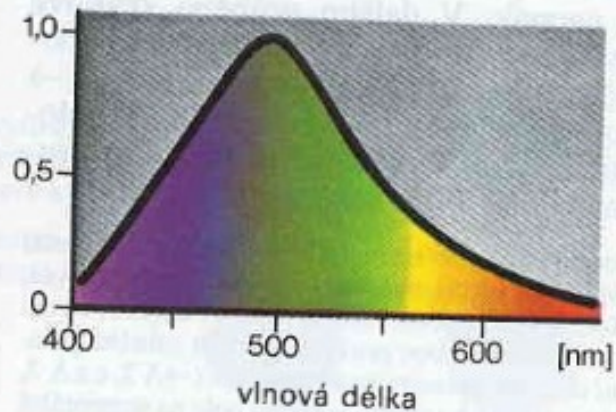
- 3 types of cones, each containing photopigment with different absorption spectra
  - 420 nm – blue
  - 530 nm – green
  - 560 nm - red
- Colour interpreted by ratio of cone stimulation
  - Orange (580nm) light stimulates:
    - Blue cone – 0%
    - Green cone – 42%
    - Red cone – 99%
  - 0:42:99 ratio of cone stimulation interpreted by brain as orange



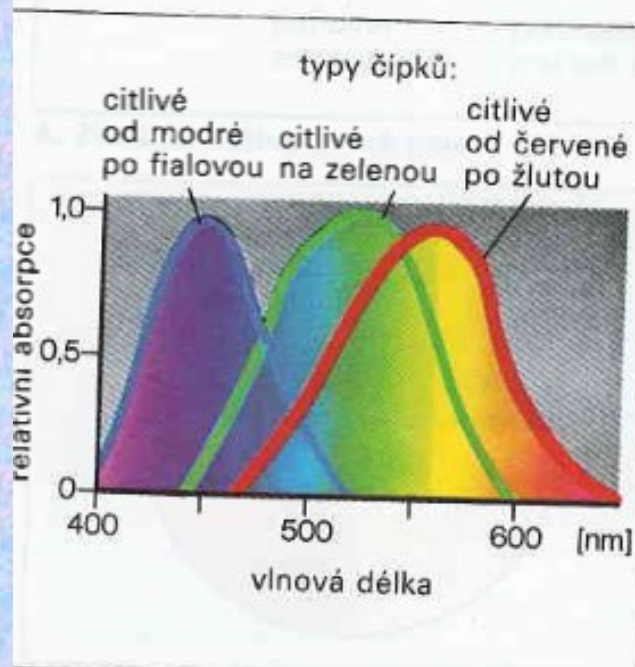


C. Aditivní míšení barev

relativní absorpce

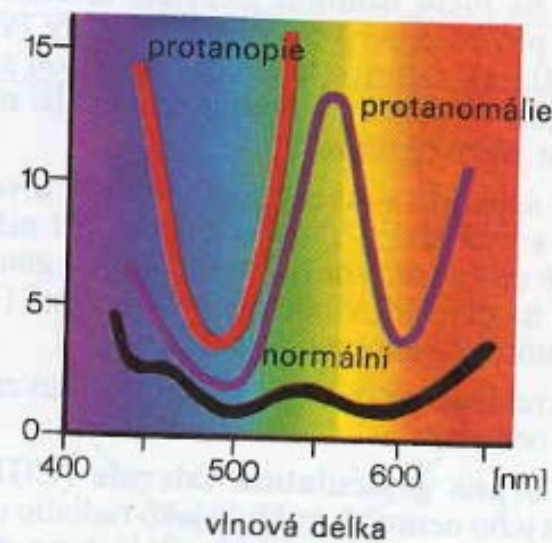


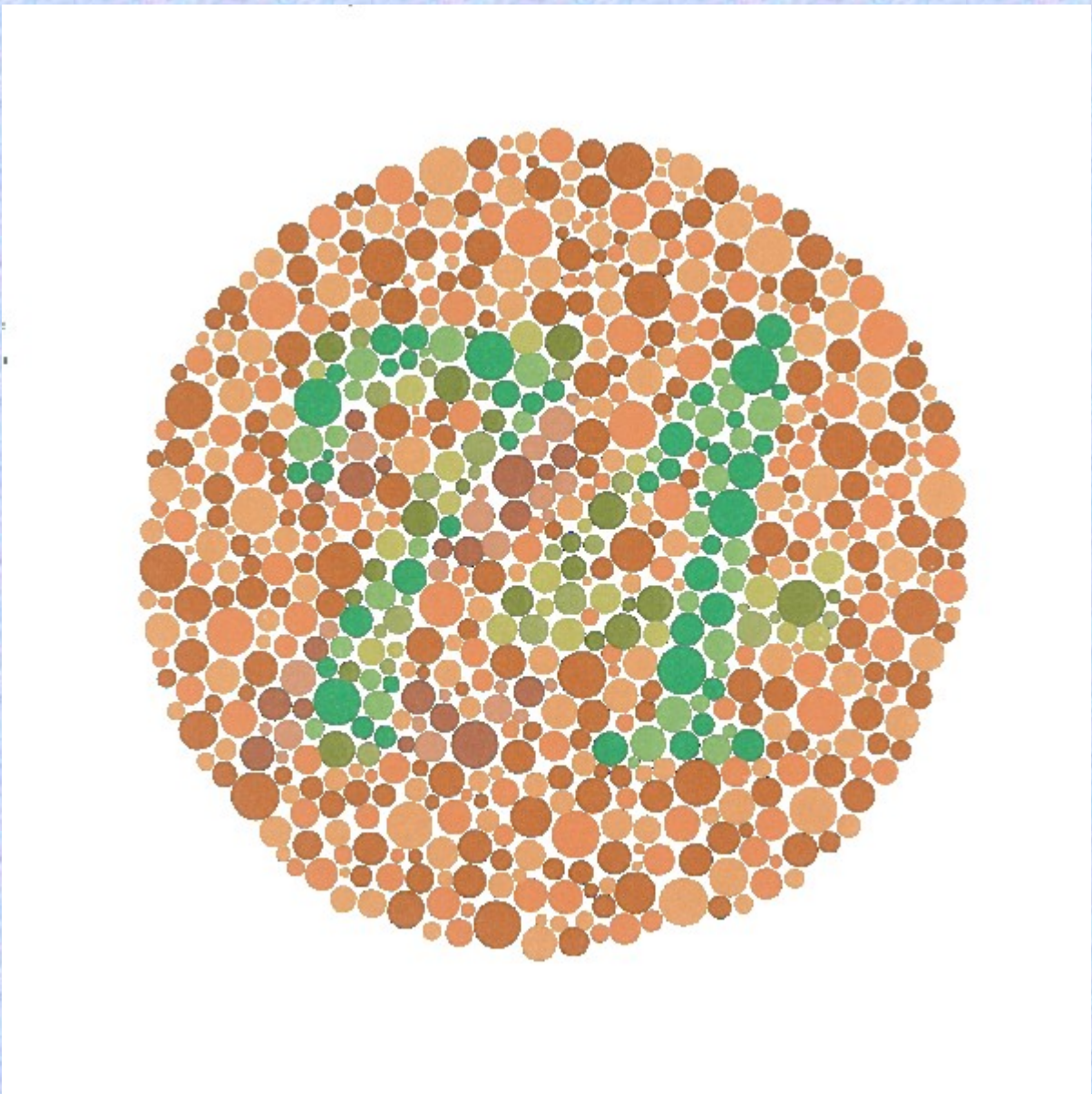
D. Absorpce světla rodopsinem



[nm]

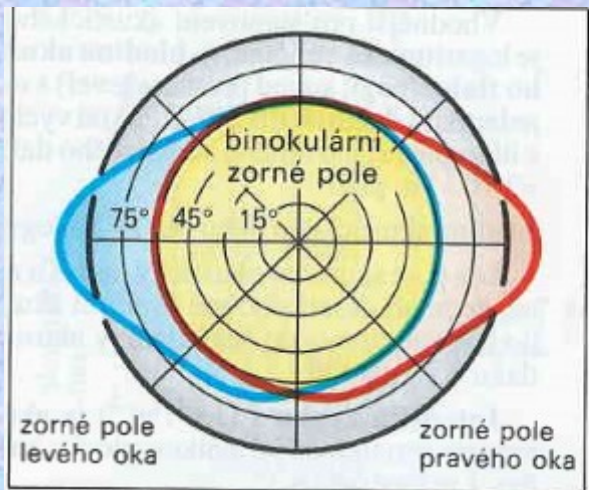
absolutní práh citlivosti



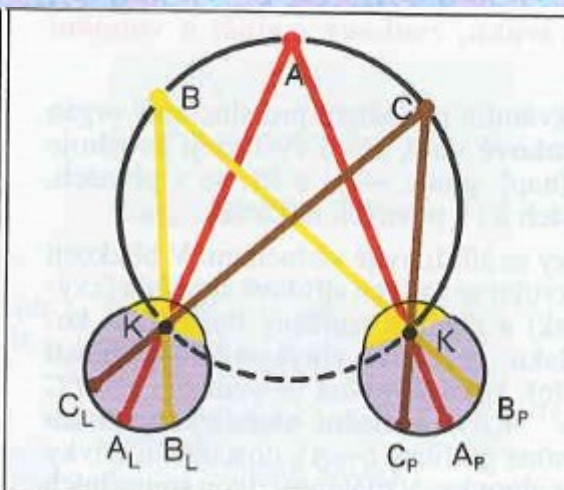


# Binokulární vidění

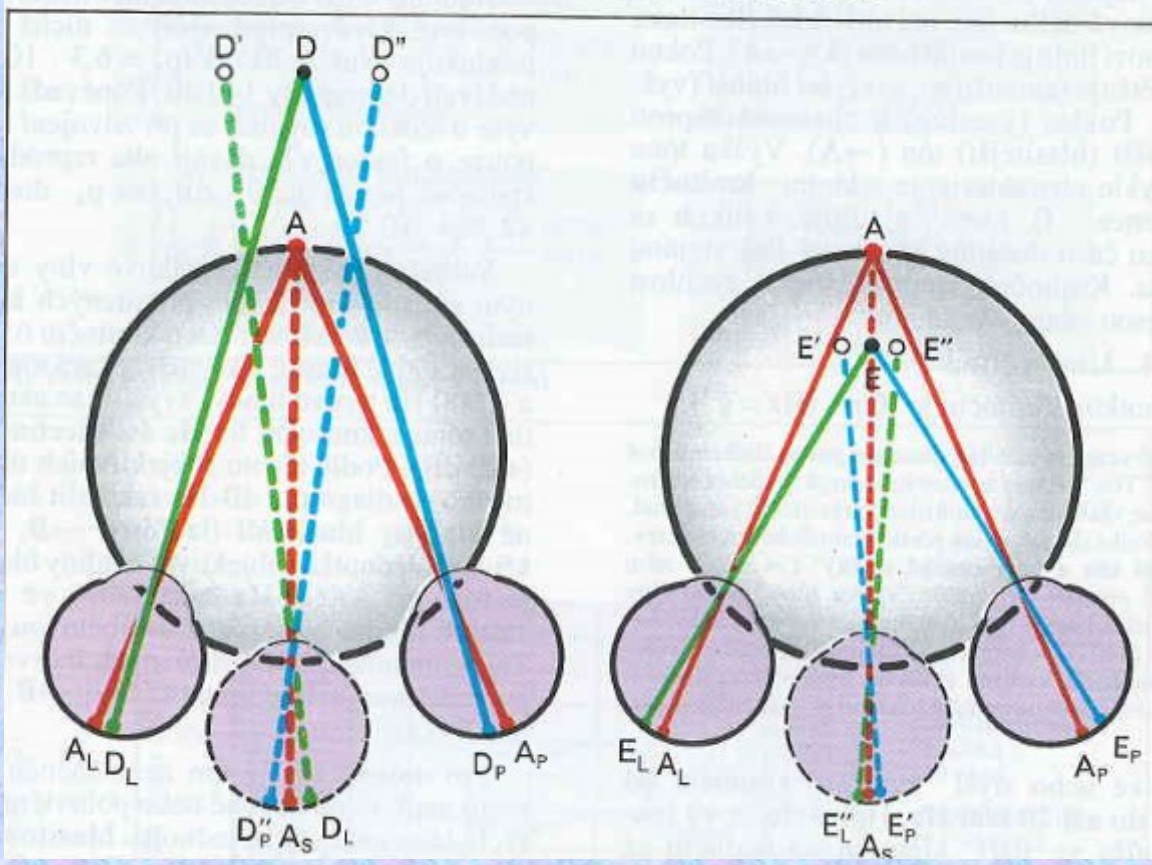
- Okohybné svaly –společná jednotka
- Funkce obou očí – kyklopské oko
- Fixujeme-li předmět a jiný je blíže – heteronymní diplopie (vidíme jej zkříženě a dvojitě)
- Fixujeme-li předmět a jiný je dále – homonymní diplopie



A. Binokulární zorné pole



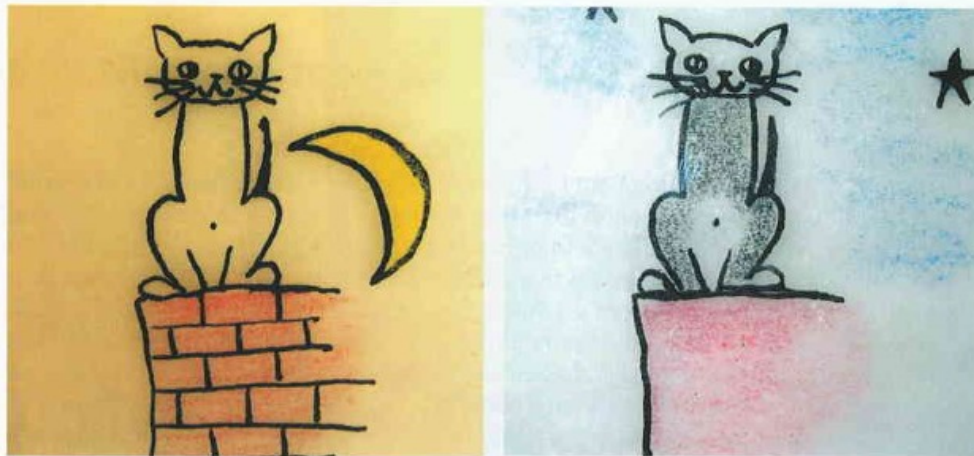
B. Kružnice horopteru





# Hloubkové vidění - stereoskopické

- Vzniká transformací trojrozměrného prostoru na dvojrozměrný v receptorech sítnice
- Teorie vysvětluje toto vidění projekcí předmětů na tzv.korespondující a nekorespondující body sítnice
- Korespondující – to jsou ta místa kam je promítán obraz bodu fixovaného foveou – tyto body definují horopter (množina všech bodů v prostoru, jejichž obraz dopadá na korespondující místa
- Geometrická aproximace – horopterová kružnice
- Fúze (splynutí obrázků obou očí v jeden prostorový)

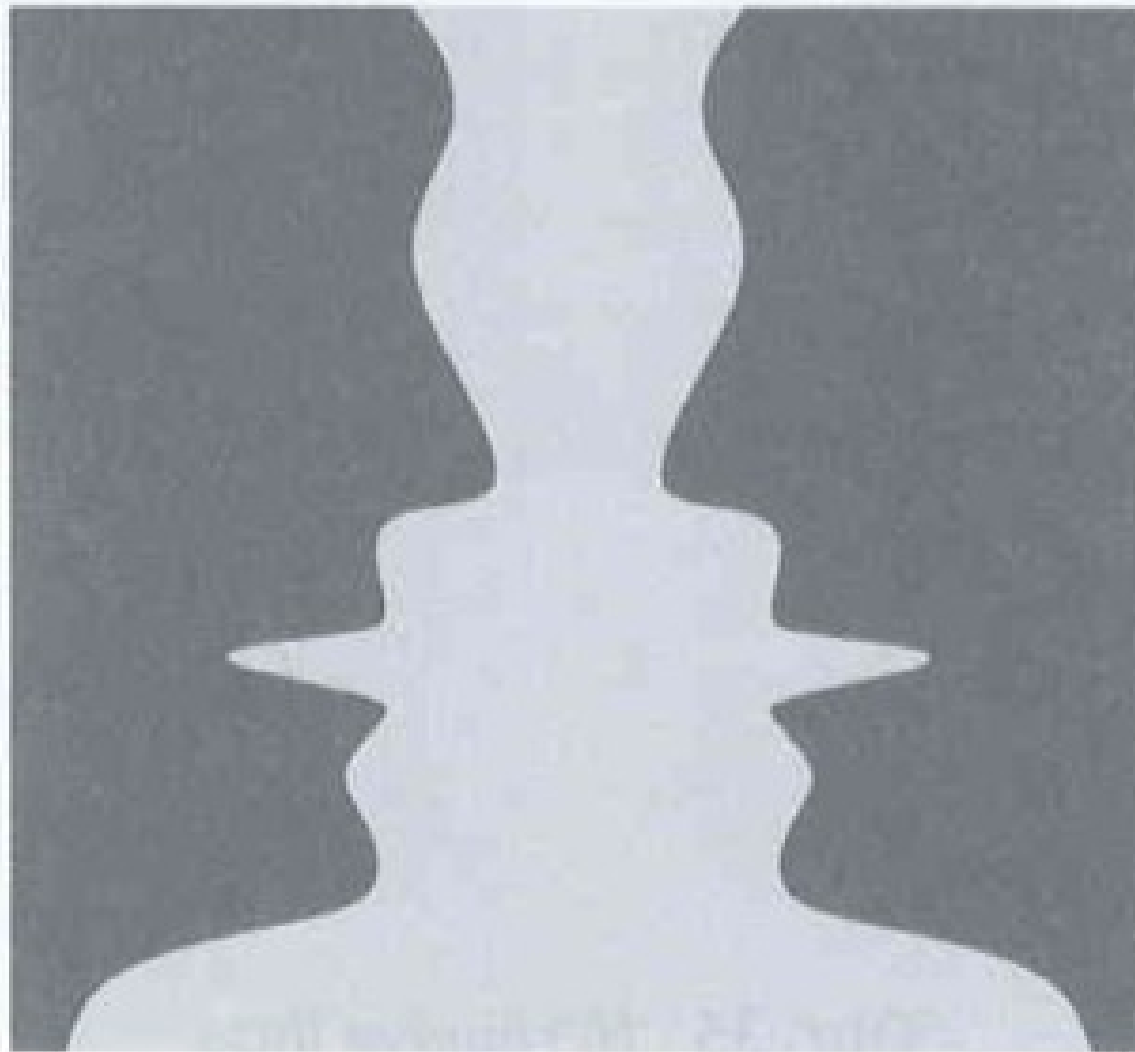


Překrývání obrázků – tzv. fúze:  
Co vidí pravé a co vidí levé oko  
separátně

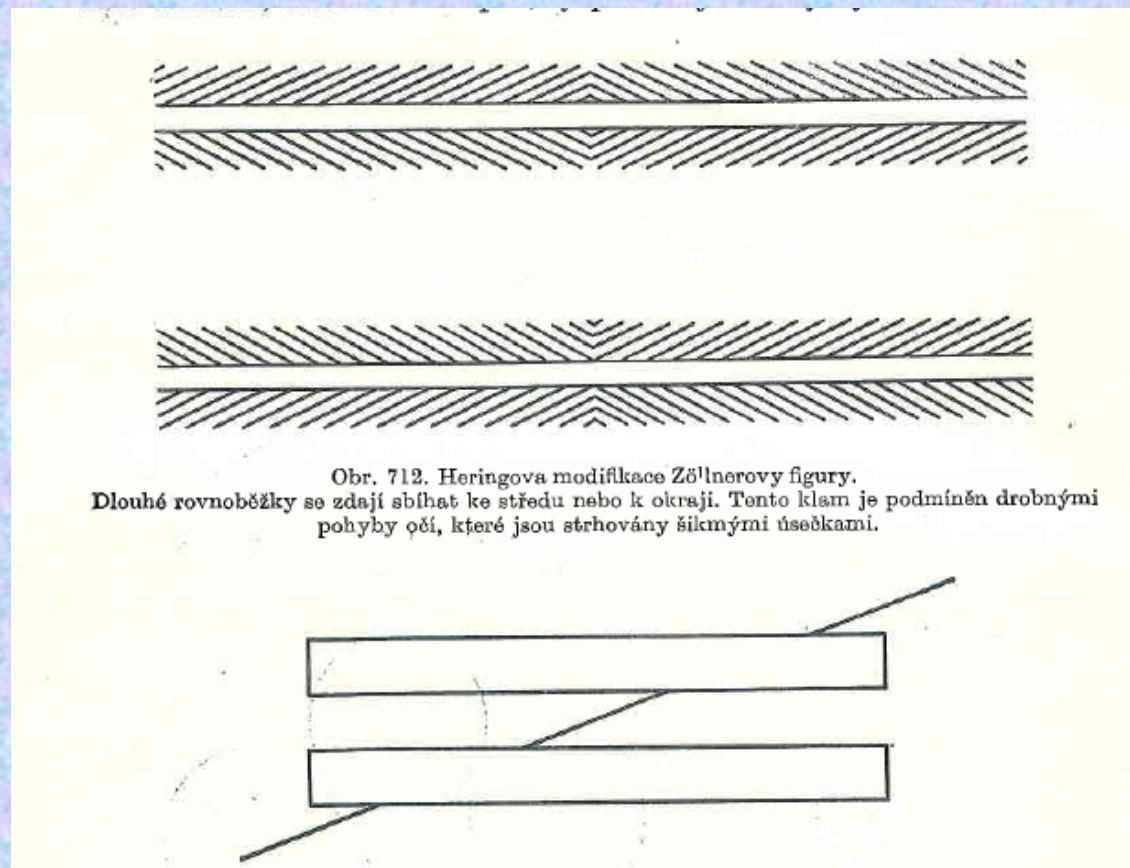


...a co vidíme binokulárně  
– oběma očima

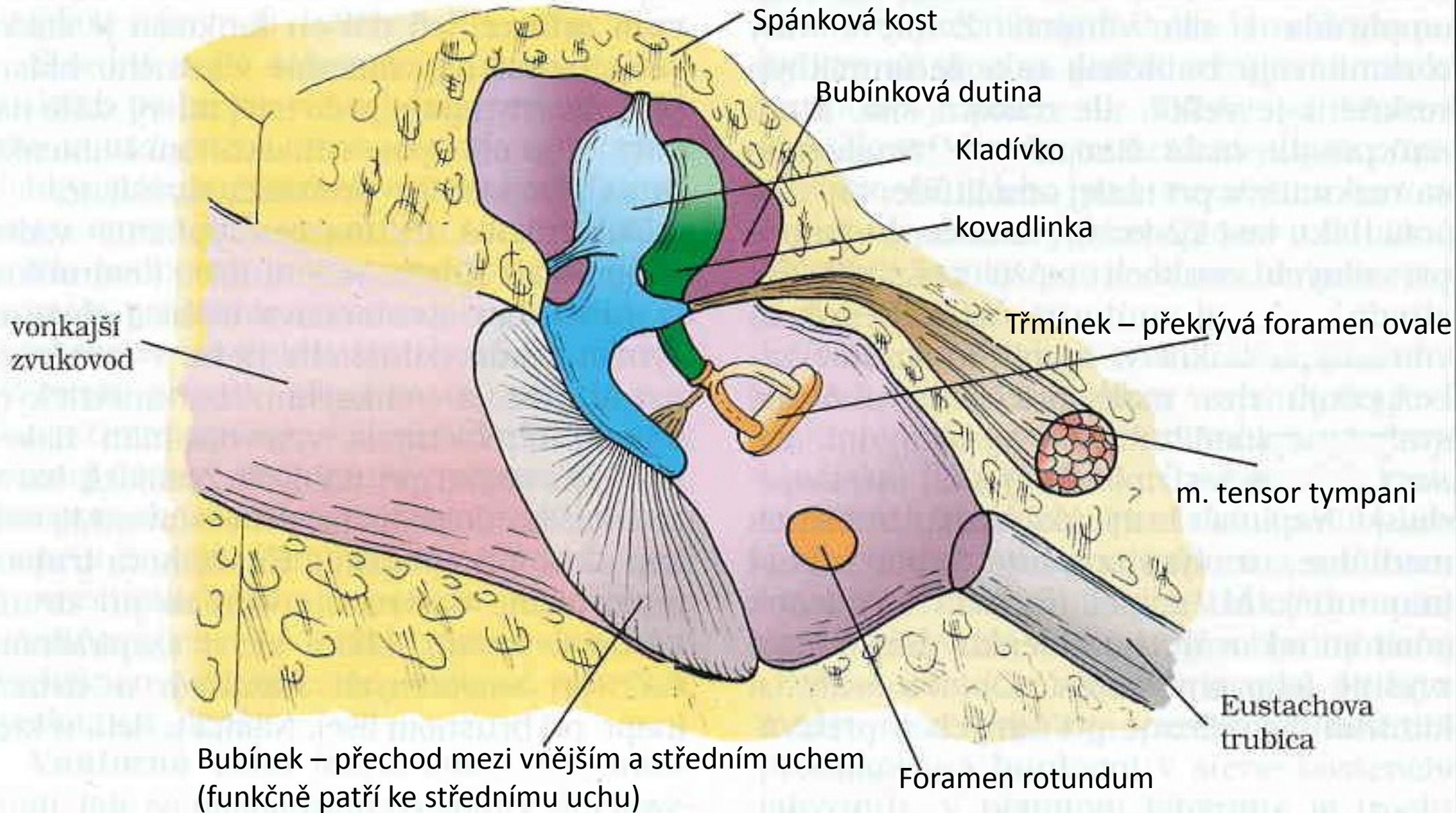
Co vidíte – buď svícen nebo 2 obličejů proti sobě.....závisí na stavu vašich emocí, na tom, co oko vytáhne z paměti, s čím se setkala, s čím porovnávalo



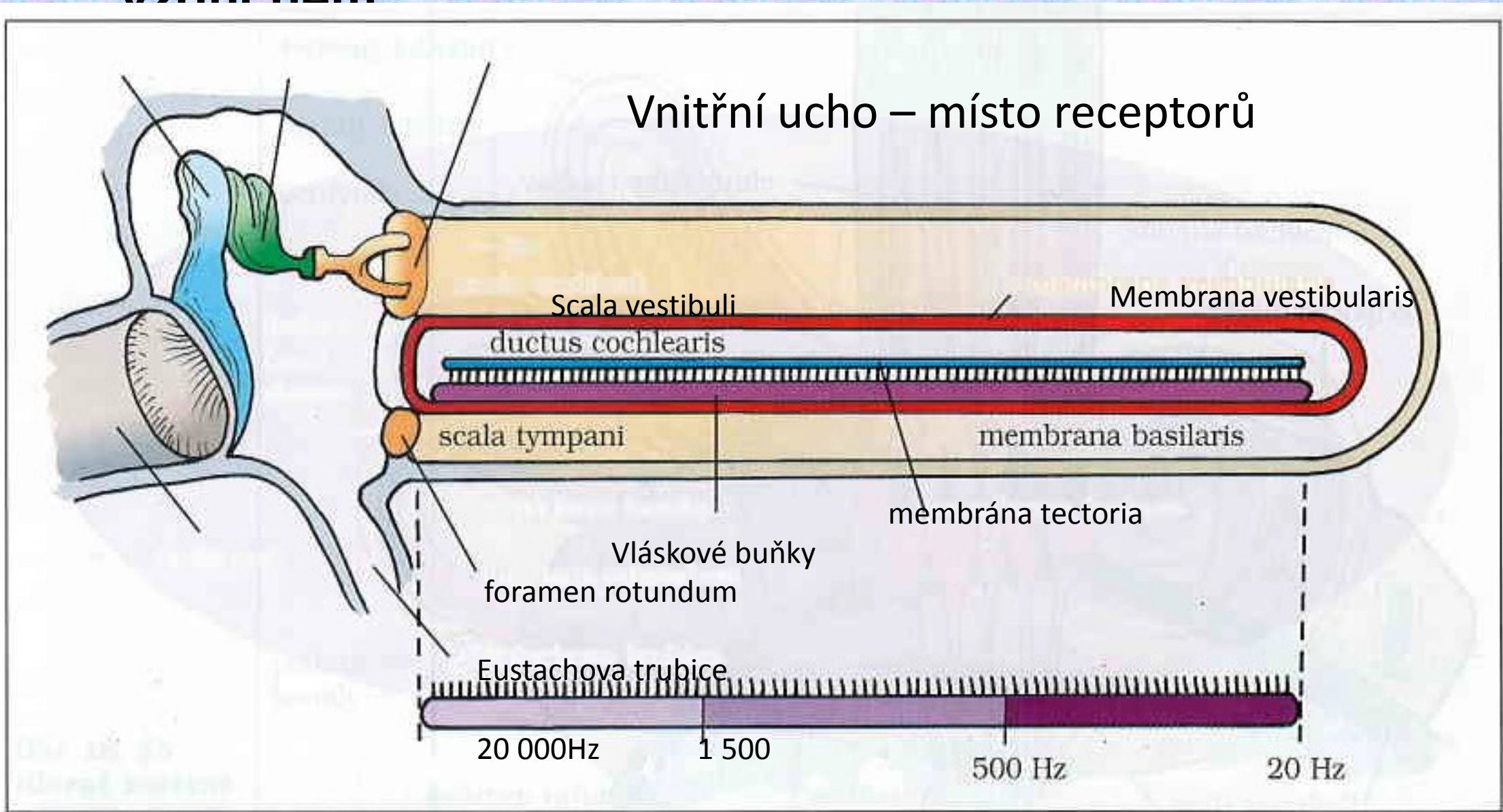
## Příklady zrakových klamů



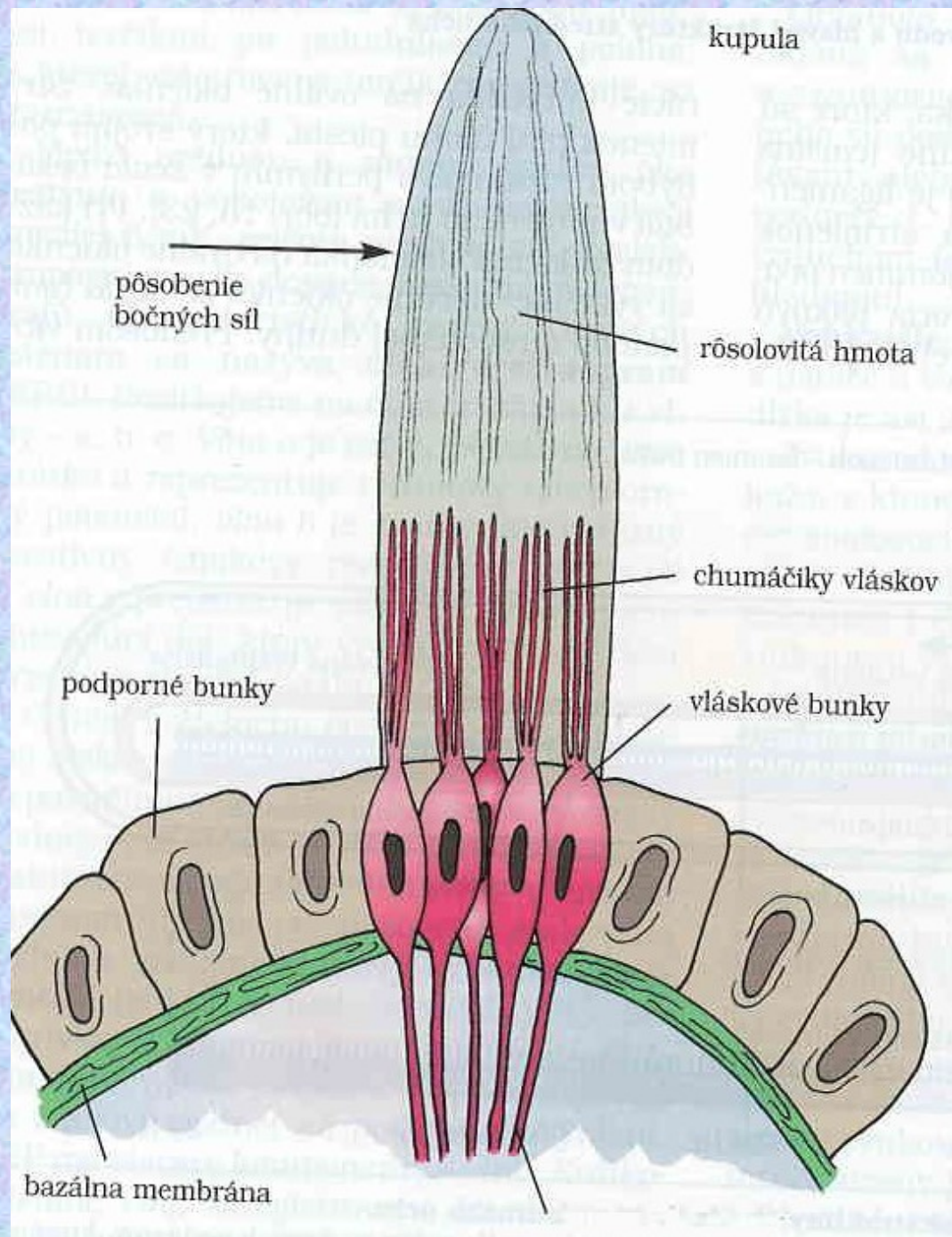
UCHO



# Střední ucho – zabezpečuje převod akustických signálů vzduchem



Eust.tr.-vyrovnání vzdušného tlaku ve středouší s vnějším barometrickým, normálně je uzavřená

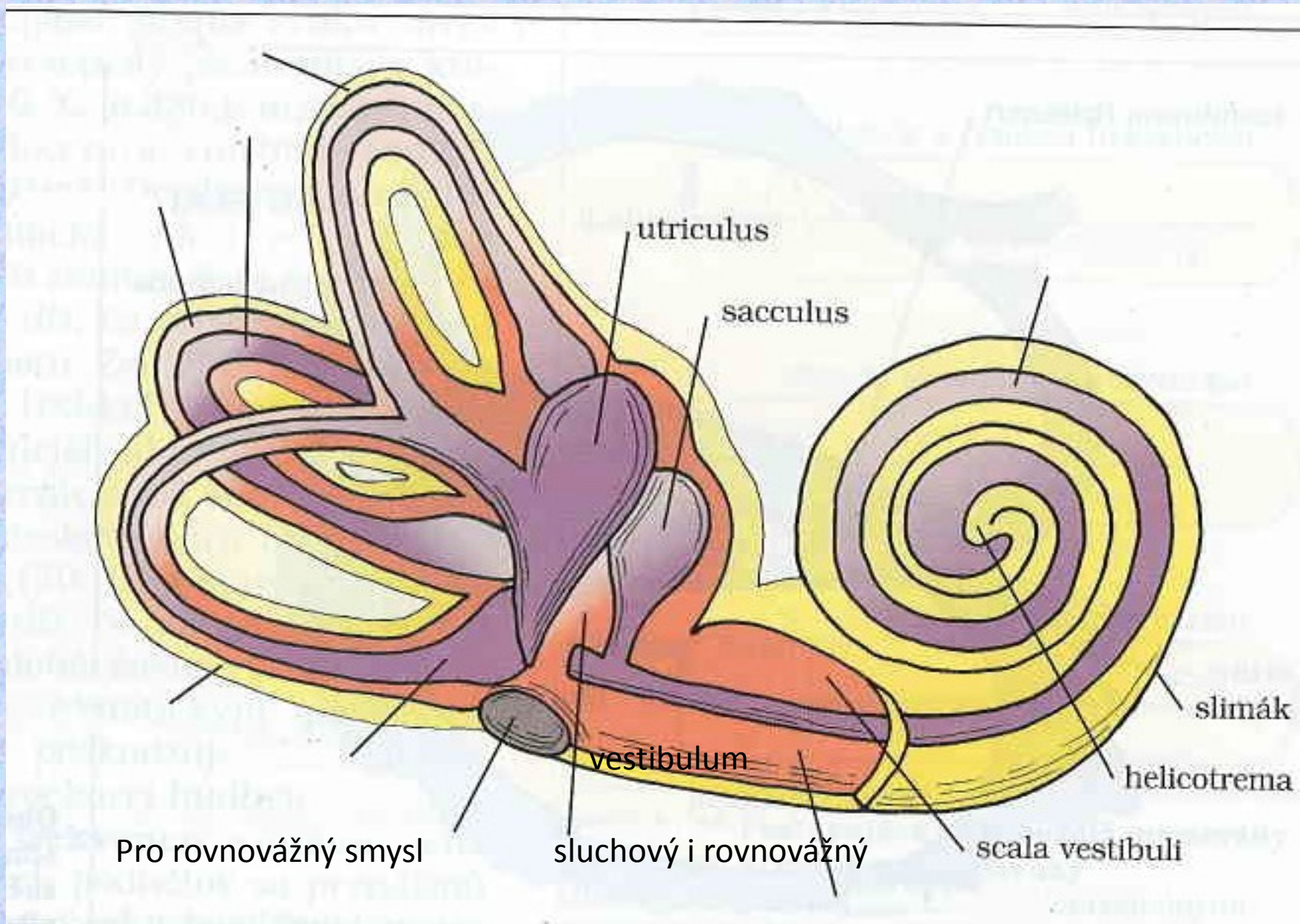


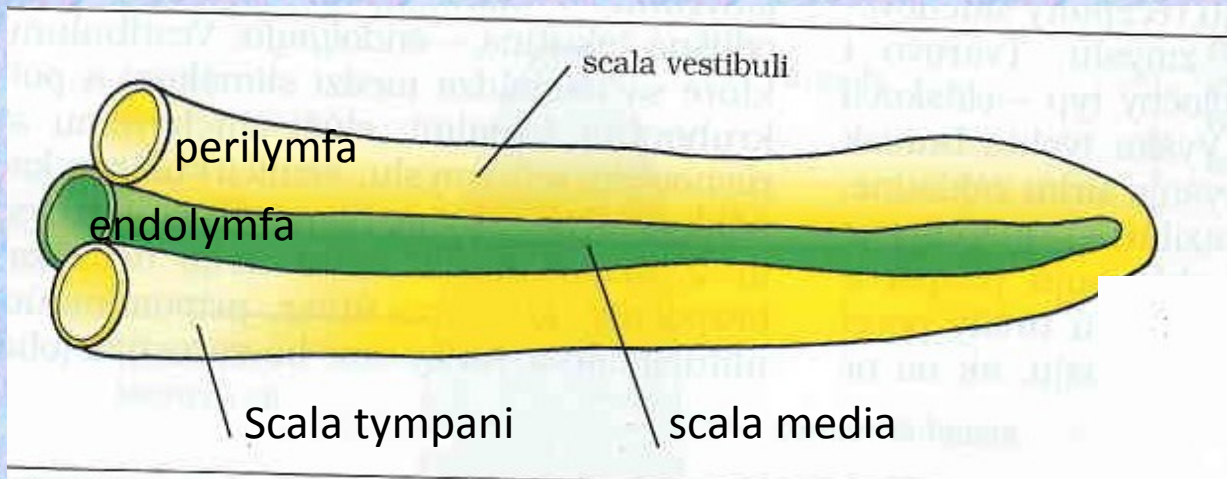
## Struktura vláskovej buňky

Laterálnym pohybom vlásků se dráždí receptor – receptorový potenciál



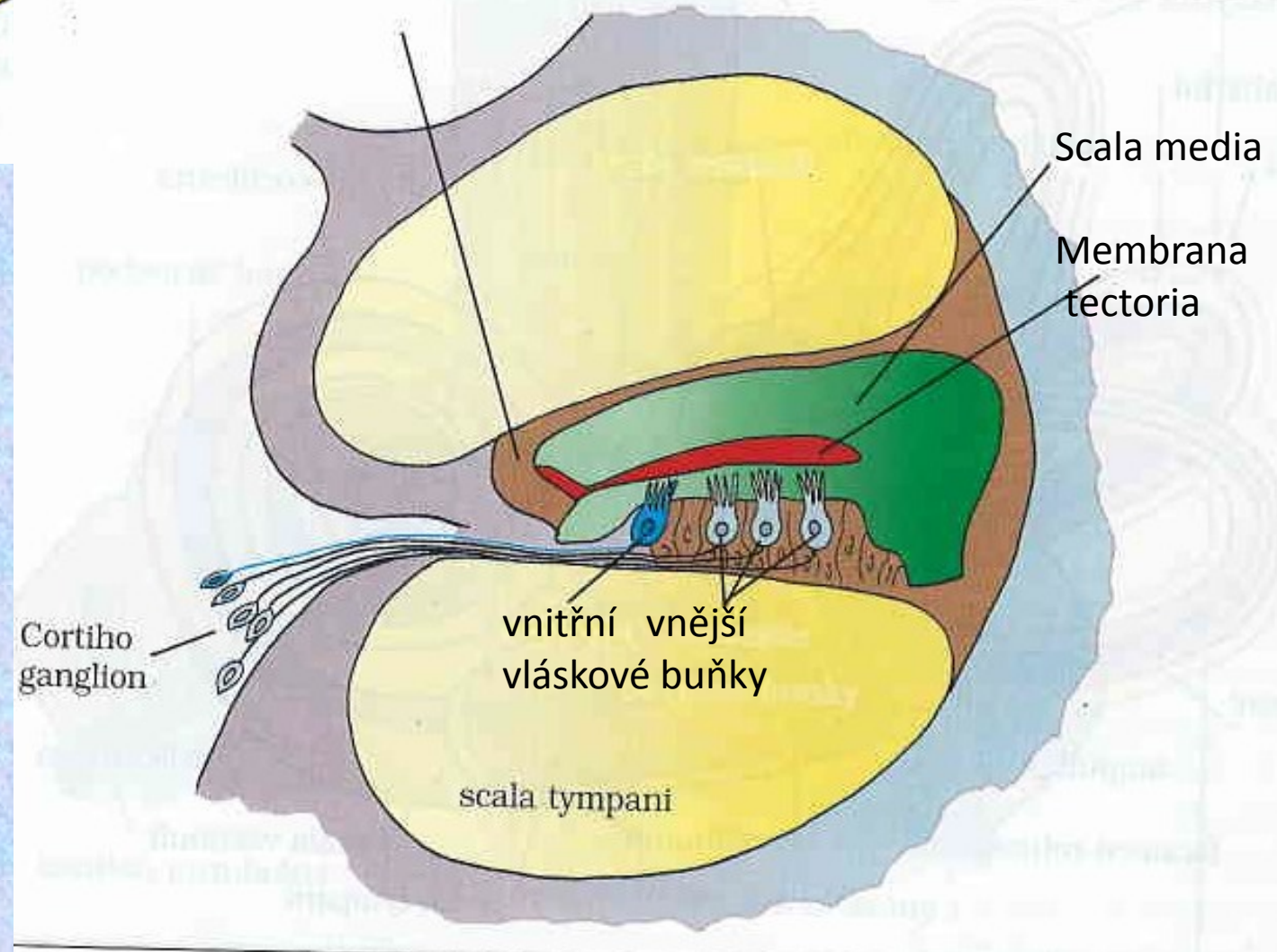
# Kostěné a blanité struktury vnitřního ucha





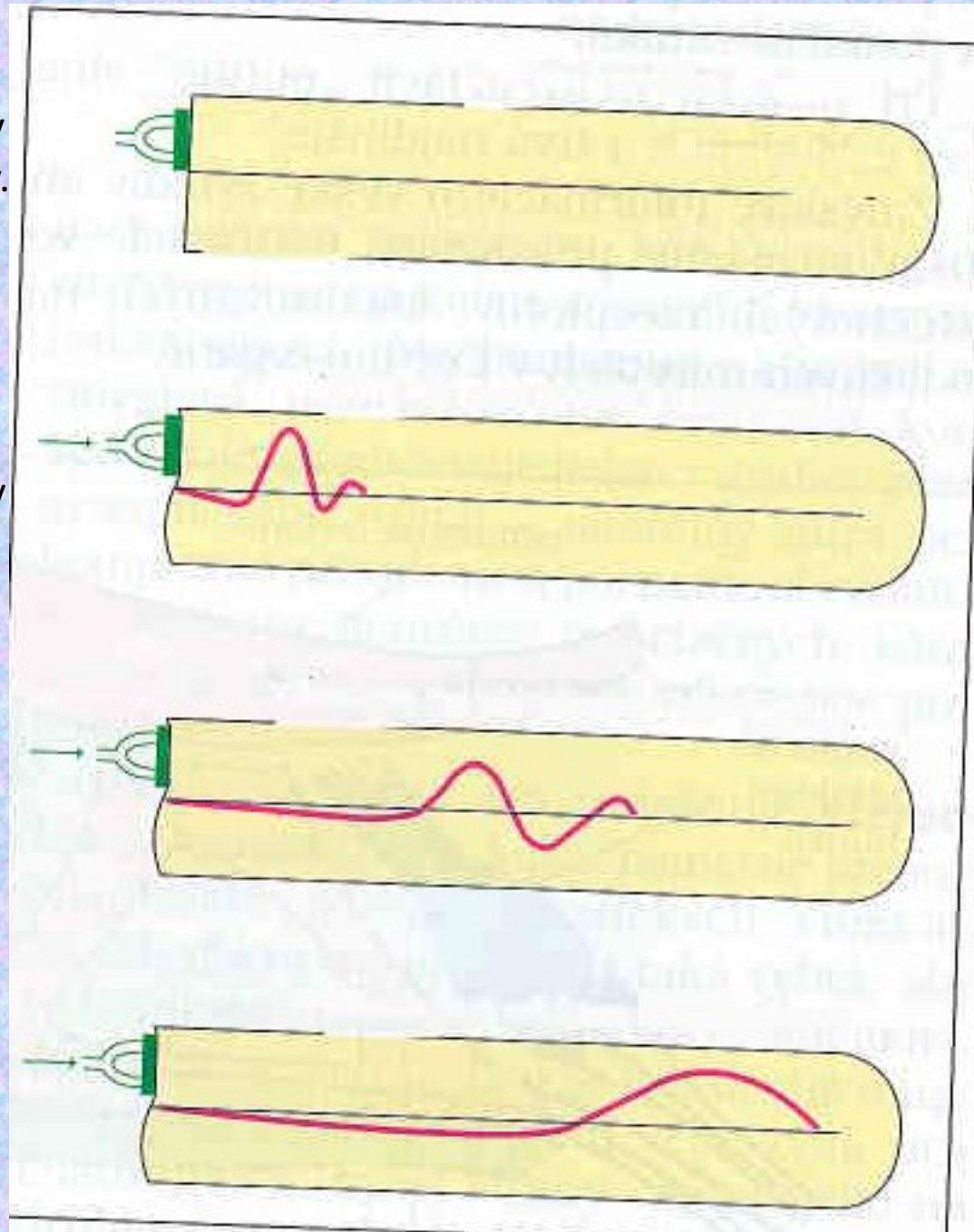
Intenzita zvuku se kóduje jako amplituda receptorového potenciálu, v dostředivých vláknech jako frekvence AP; vyjádření v decibelech

Výška tónu s frekvencí (počtem vln/čas)



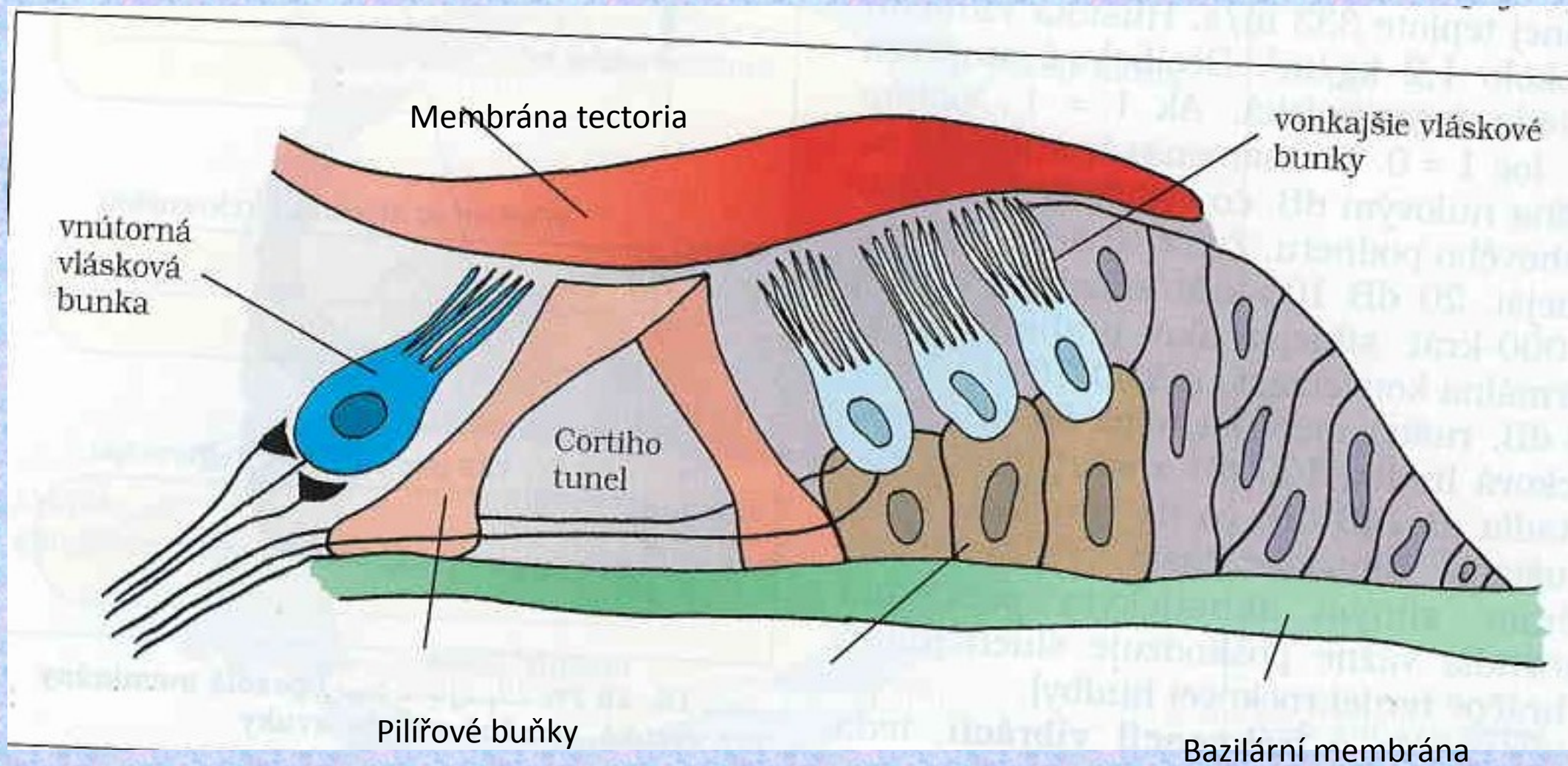
Postupující vlny podél membrány  
pro vysoké, střední a nízké zvuky.

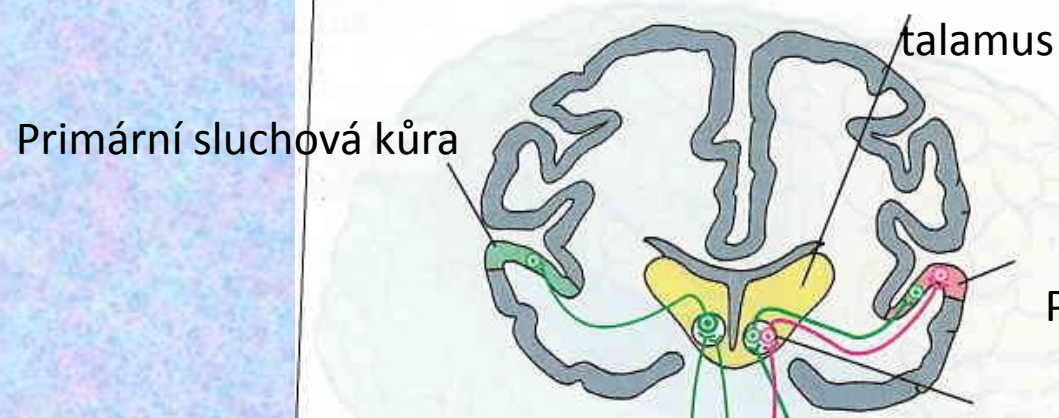
Místa na bazilární membráně  
s maximálními amplitudami vln  
se označují jako rezonanční body



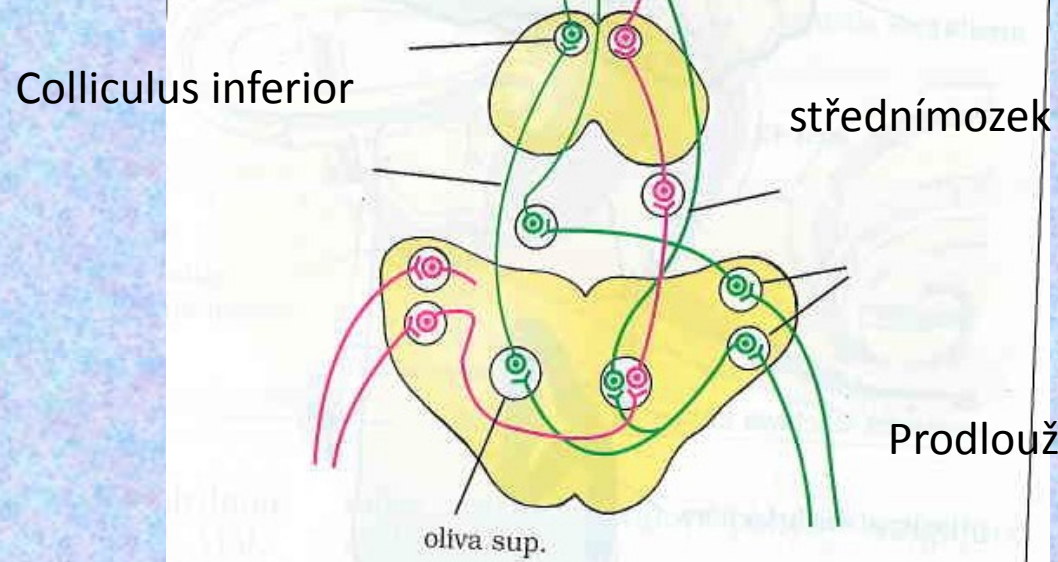
(Javorka a kol. , 2014)

Struktury Cortiho orgánu s umístěním vnitřních a vnějších vláskových buněk



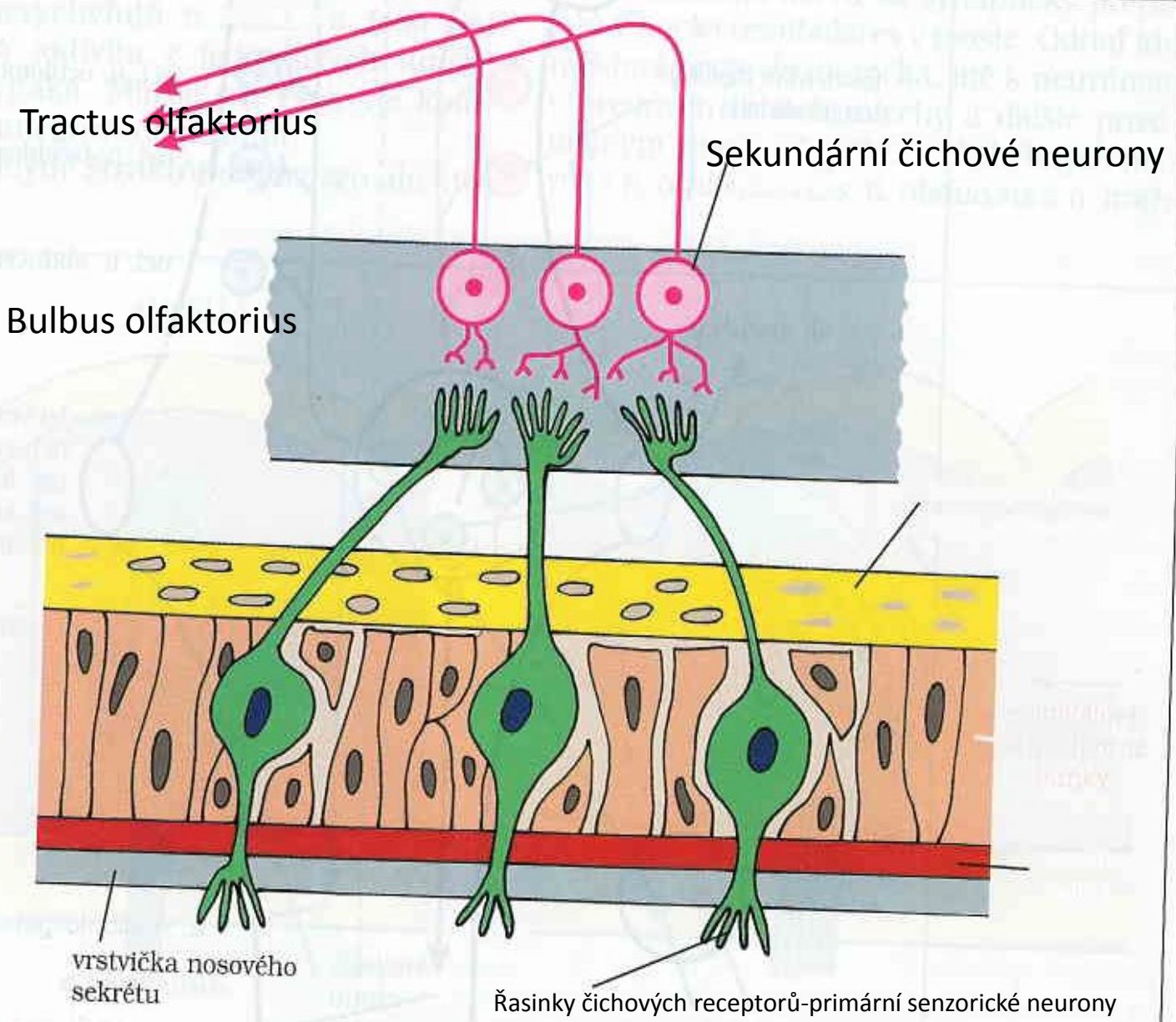


Sluchové dráhy – spojení mezi receptory Cortiho orgánu a primární sluchovou kůrou



vstup z kochleárných receptorov

vstup z kochleárných receptorov



**Chemoreceptory  
čichové sliznice**

- Drážděny látkami, které se rozpustí v nosovém hlenu,
- plocha 5 cm<sup>2</sup>
- Fylogeneticky nejstarší smysl

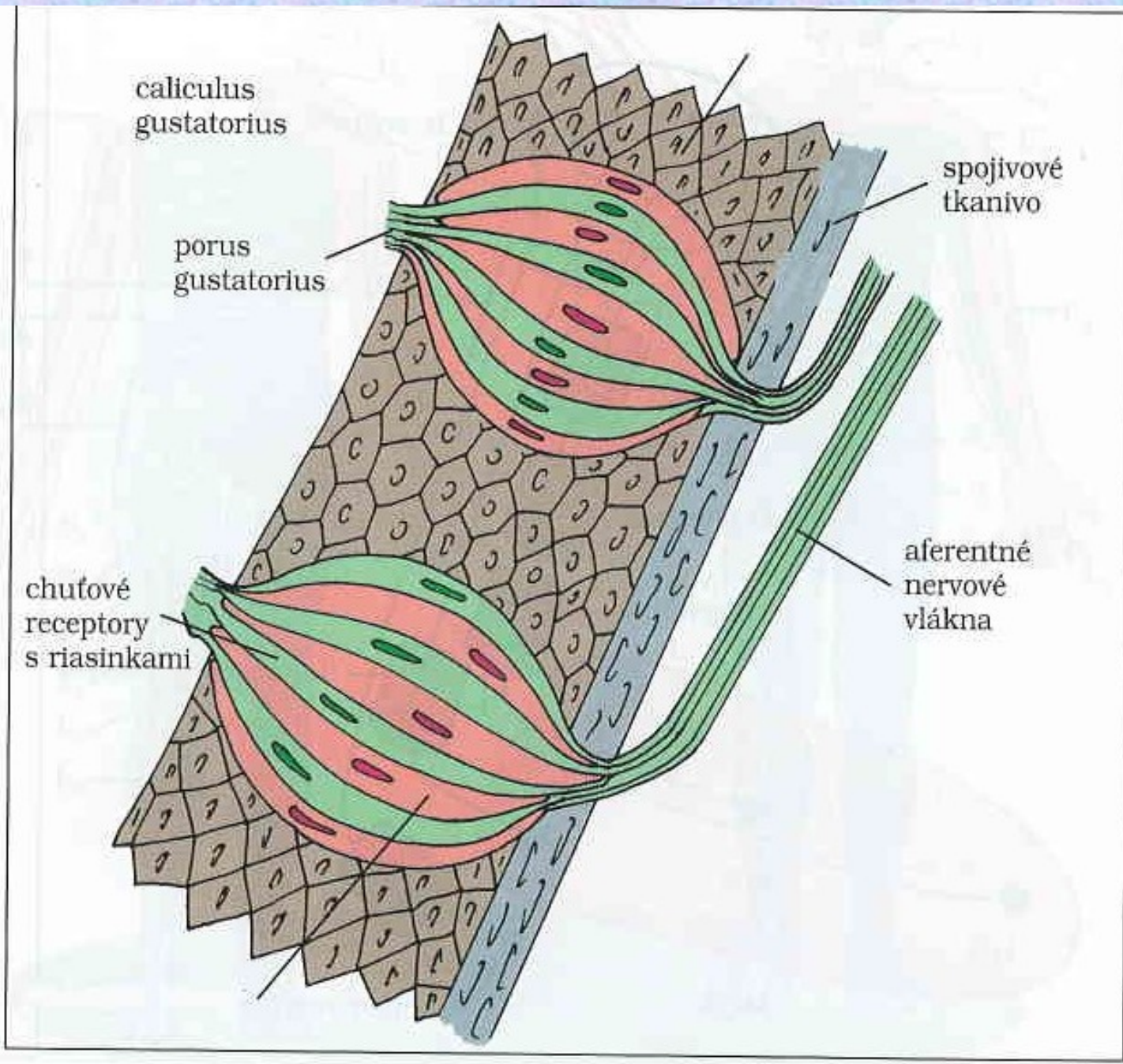
- Henningova klasifikace pachů:
- Květinový, ovocný, živicový,
- Kořenitý, hnilobný, spáleninový

**Citlivý smysl**

(metylmerkaptan=česnek-400pg/1 l vzduchu)

- receptory se rychle adaptují
- Hypoosmie – anosmie -hyperosmie

Poznámka: nervová zakončení vláken n.trigeminus – čpavek, mentol, chlor-spuští se reflexní odpovědi na dráždivé látky – zastavení dýchání, kýchní, slzení



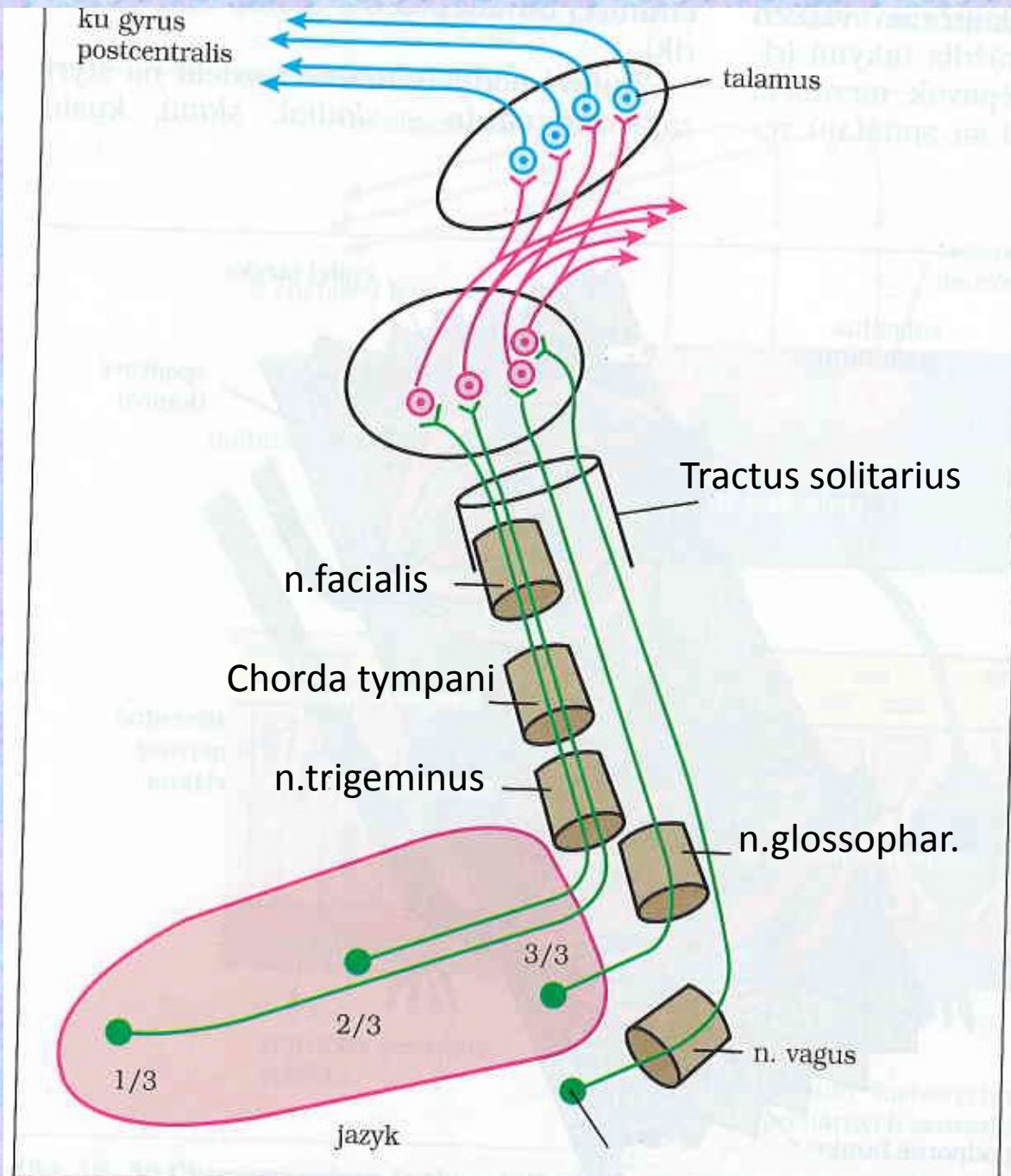
## Chuťové pohárky a chuťové chemoreceptory

drážděny chuťovými látkami rozpuštěnými ve slinách

Chuťové receptory v pohárkách na sliznici jazyka, epiglottis, patře a faryngu

Vejcovitý tvar, 50-60mikrom, 40 vlastních chuťových Receptorů=vláskové buňky přečnávající do ústní dutiny  
Aferentní vlákna přiléhají na spodinu chuťové buňky (50 vláken na 1 pohárek)

Základní chutě: sladká (hrot jazyka)-slaná (zadní okraje)  
-kyselá (přední okraje)-hořká (kořen jazyka)  
Návrh na 5.typ: umami



Chuťové dráhy

Z předních 2/3 jazyka

–chorda tympani – nervus trigeminus

Ze zadní části – nervus glossopharyngeus

Ncl.tractus solitarius v prodl.míše

Receptory jsou také adaptabilní,

Nízká rozlišovací schopnost mezi dvěma látkami

Neustále se obnovují

Hypogeuzia (pokles chuťové aktivity)

Ageuzia - hypergeuzia