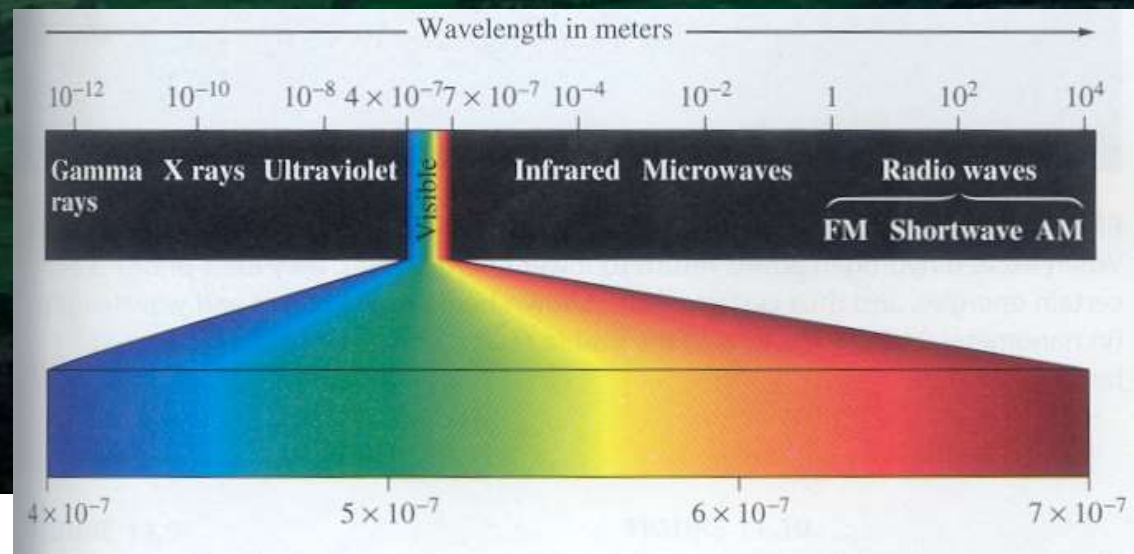


# Fotorecepce



Využití vlastností světla a jeho absorpce při průchodu a odrazu.  
Zrakem až 90% informací.  
Tvar, barva, umístění v prostoru, rychlost a směr pohybu.



Využití vlastností světla a jeho absorpce při průchodu a odrazu.  
Zrakem až 90% informací.  
Tvar, barva, umístění v prostoru, rychlost a směr pohybu.

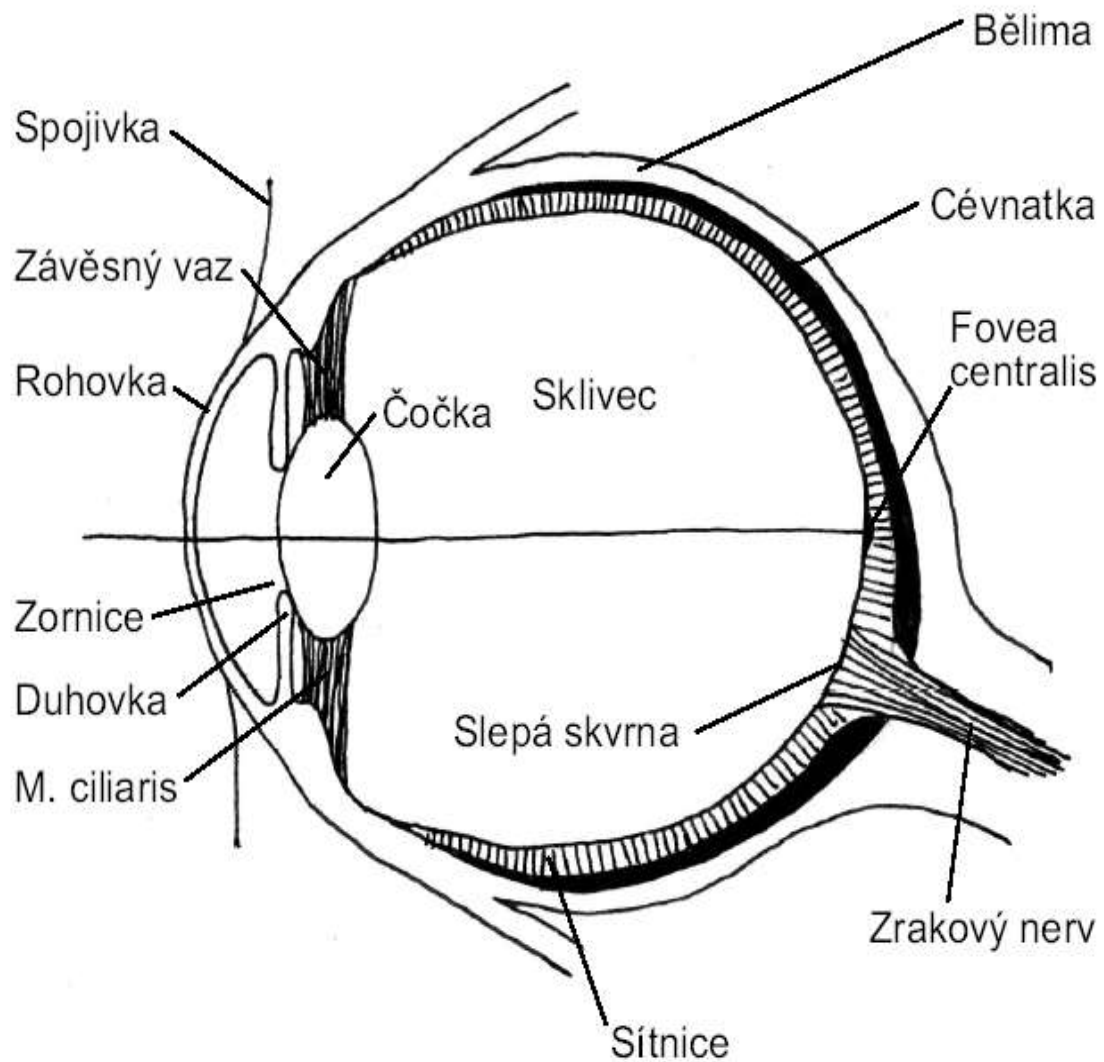


- Optický systém oka
- Fotoreceptory sítnice
- Optická dráha
- Korová zrková oblast

David Hubel's web page

<http://hubel.med.harvard.edu/index.html>

Od bakterií schopnost detekce.  
Komorové oko – dokonalý optický nástroj



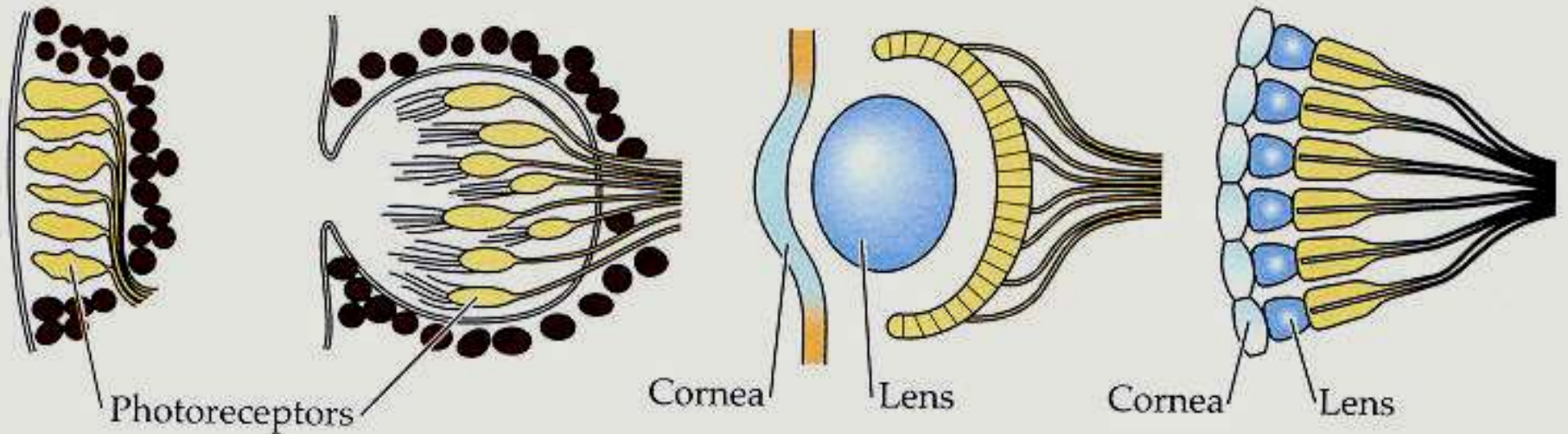
Od bakterií schopnost detekce.  
Evoluce oka  
Komorové oko – dokonalý optický nástroj

(a) Retinal plate

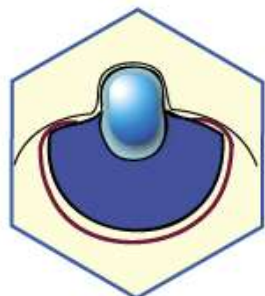
(b) Eyecup

(c) Camera eye

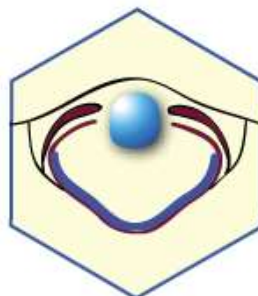
(d) Compound eye



Variace na jedno téma. Nezávisle zřejmě vzniklo několikrát.



čtyřhranka



oliheň



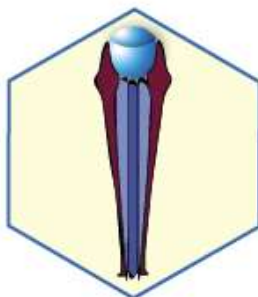
myš



hřebenatka



zebříčka



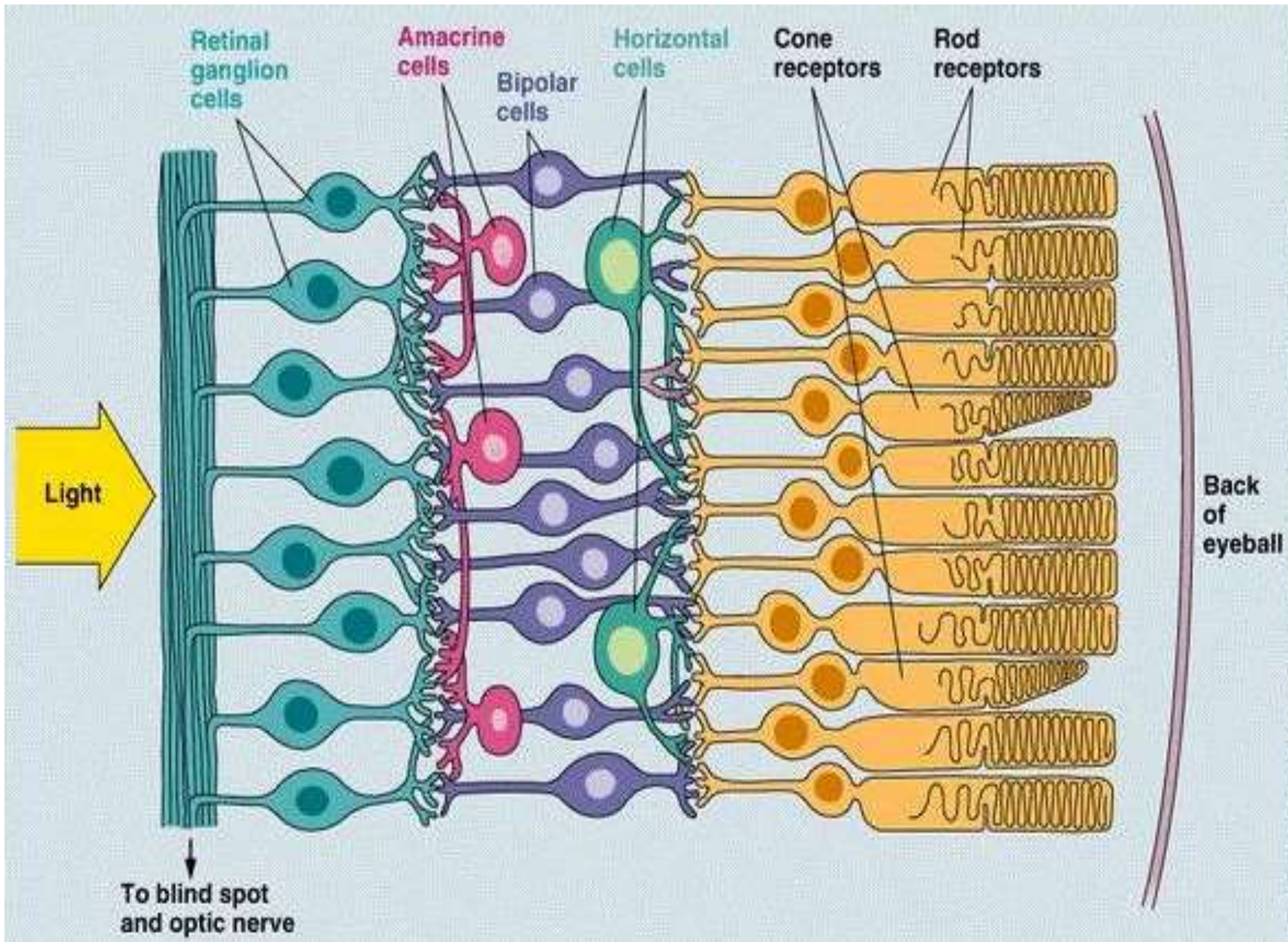
octomilka



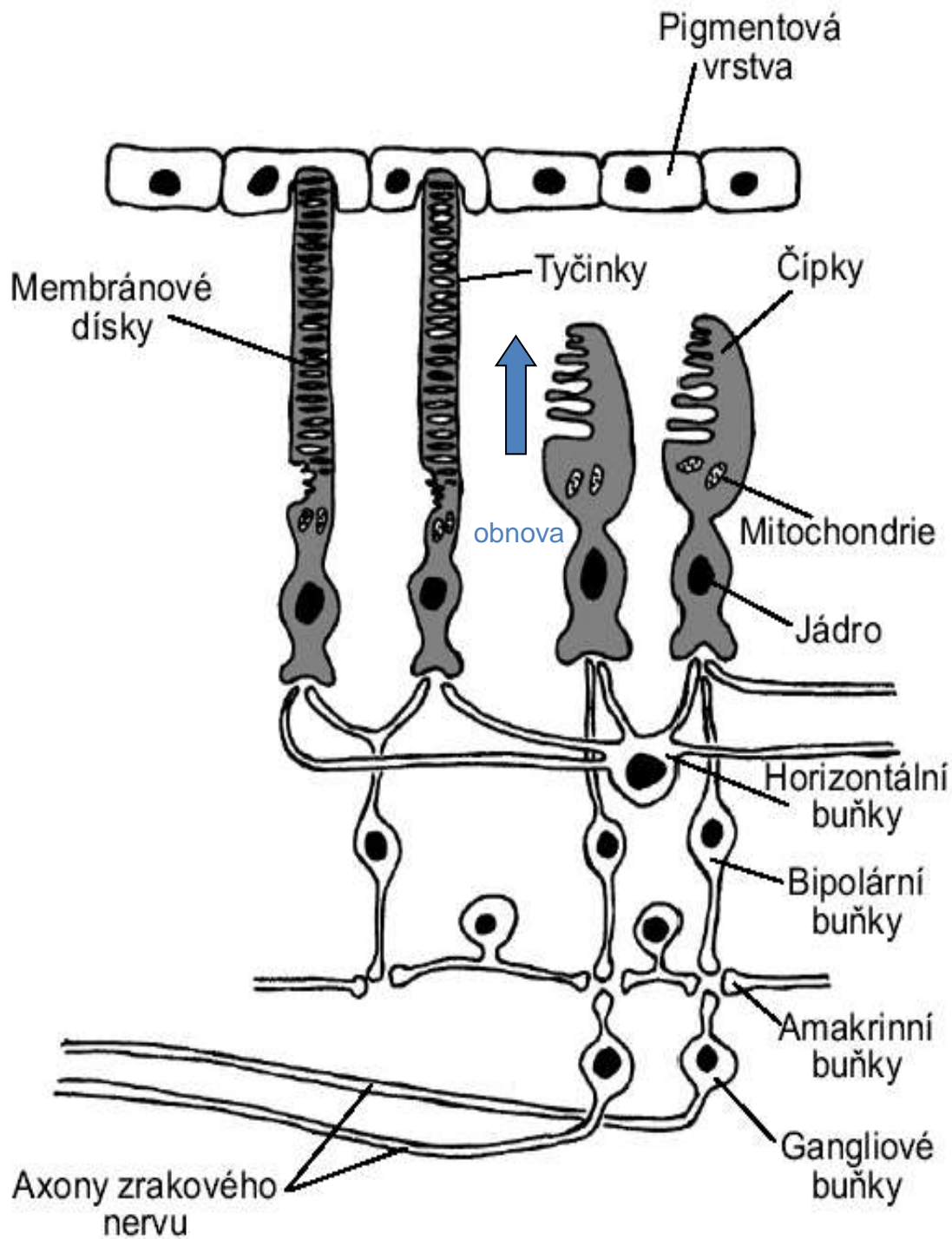
1. Šest modelových organismů a šest různých typů očí. Fotografie živočicha je vždy doplněna o schematizovaný průřez jeho okem. Snímky © Kristýna Marková-Jonášová, Jana Růžičková, Roger Hanlon a Marek Jindra.

# Inverzní sítnice obratlovců.

Lidé: 120 mil. tyčinek, 6 mil. čípků. – jen 1 mil axonů - konvergence

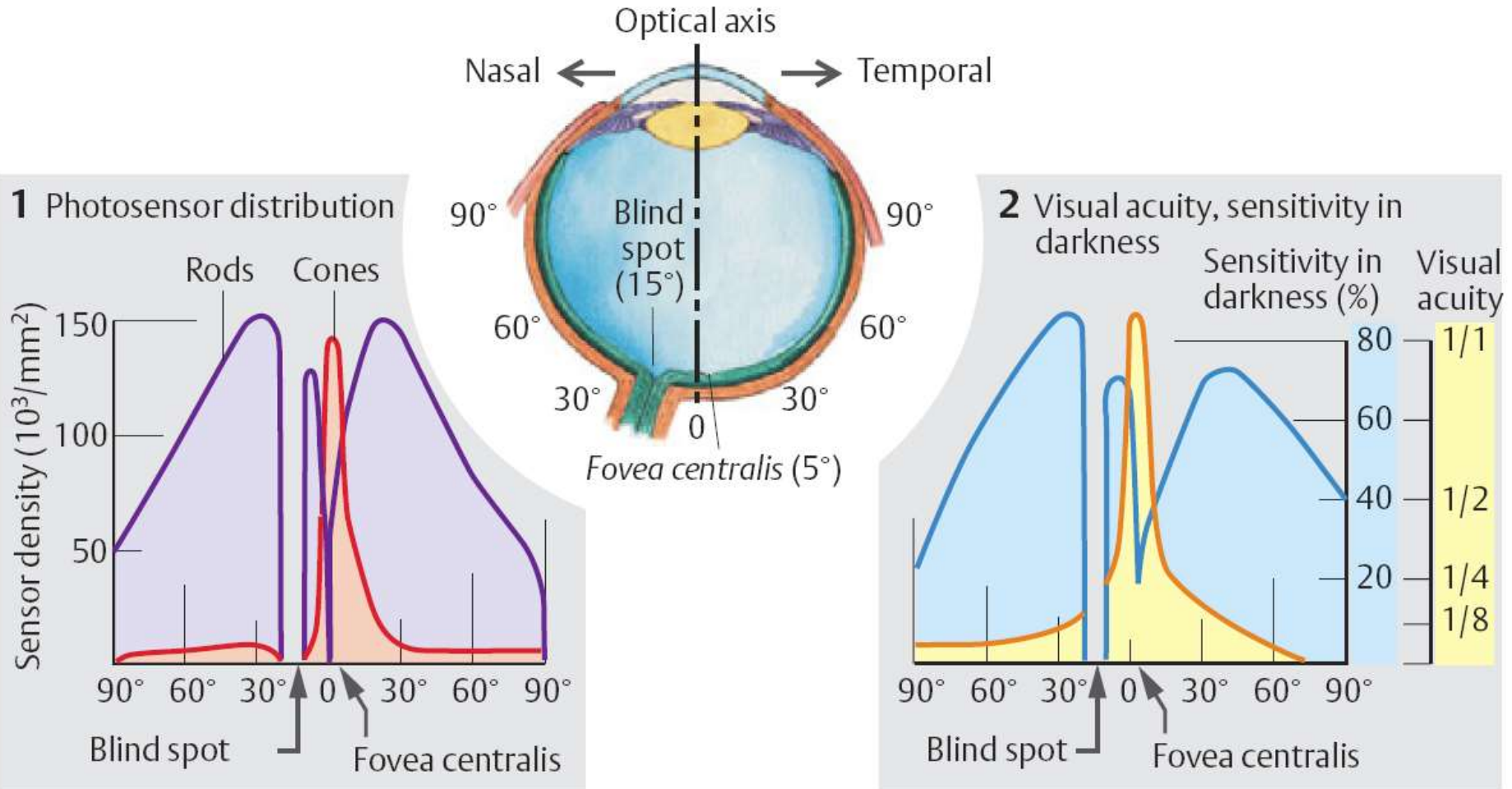






# Nerovnoměrná distribuce recepčních buněk.

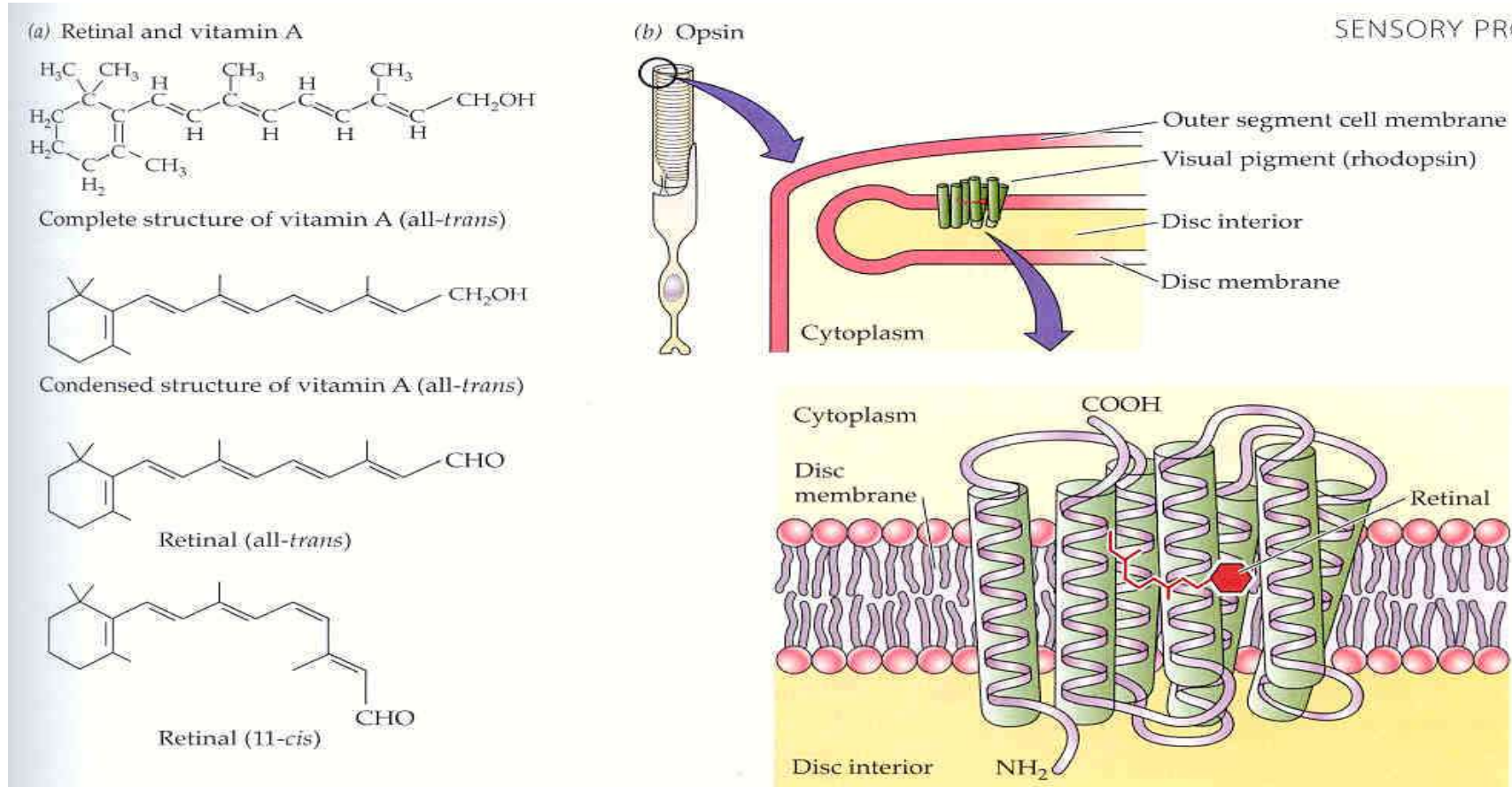
## B. Retina: Photosensor distribution, sensitivity in darkness and visual acuity



RGB čípky, ale jen RG ve fovei. Tyčinky jsou velmi štíhlé 2-5mm, čípky v periférii 5-8 mm, ve fovei ale pouze 1,5 mm.

Proteiny mohou absorbovat viditelné spektrum teprve ve spojení s chromoforem – část molekuly odpovědná za absorpci záření (také zvaná kofaktor nebo prostetická skupina – nebílkovinná sl.)

### -Stereoizometrie Retinalu

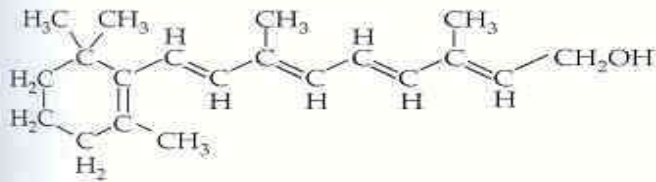


**Figure 13.13 Rhodopsin is a photopigment composed of two parts: retinal and opsin**  
 (a) Chemical structures of vitamin A and of retinal. Vitamin A is shown both as a complete structure (top) and as a skeleton structure (middle). Vitamin A is converted to retinal, which has two isomers (11-cis and all-trans). (b) Three-dimensional structure of the protein (opsin) portion of vertebrate rhodopsin. Seven  $\alpha$ -helical regions of the protein span the membrane; retinal is attached to an amino acid residue within the seventh membrane-spanning region.

# Absorbce světla - Karotenoidy (vit.A)

SENSORY PRO

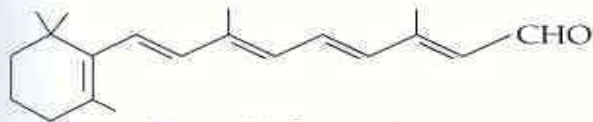
(a) Retinal and vitamin A



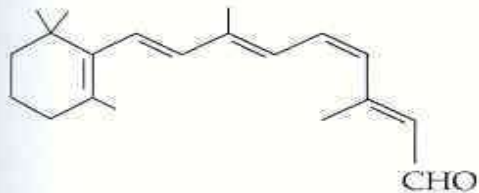
Complete structure of vitamin A (all-trans)



Condensed structure of vitamin A (all-trans)

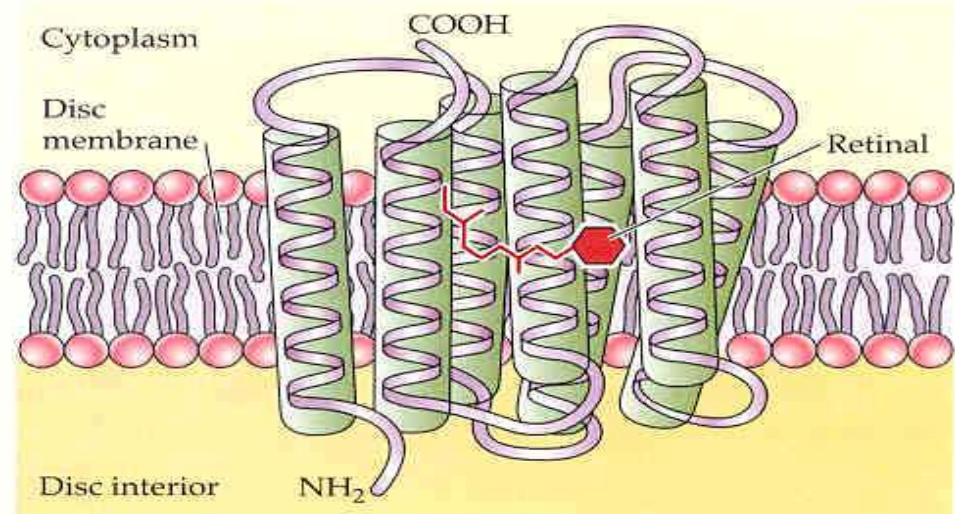
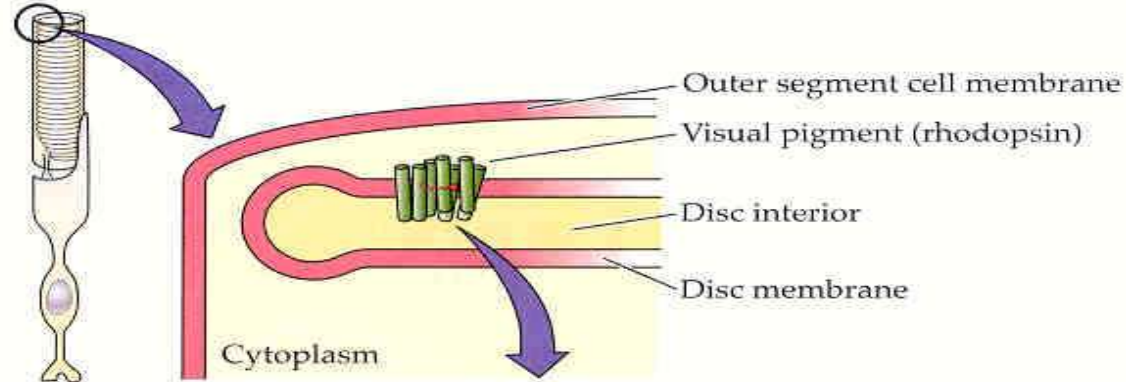


Retinal (all-trans)



Retinal (11-cis)

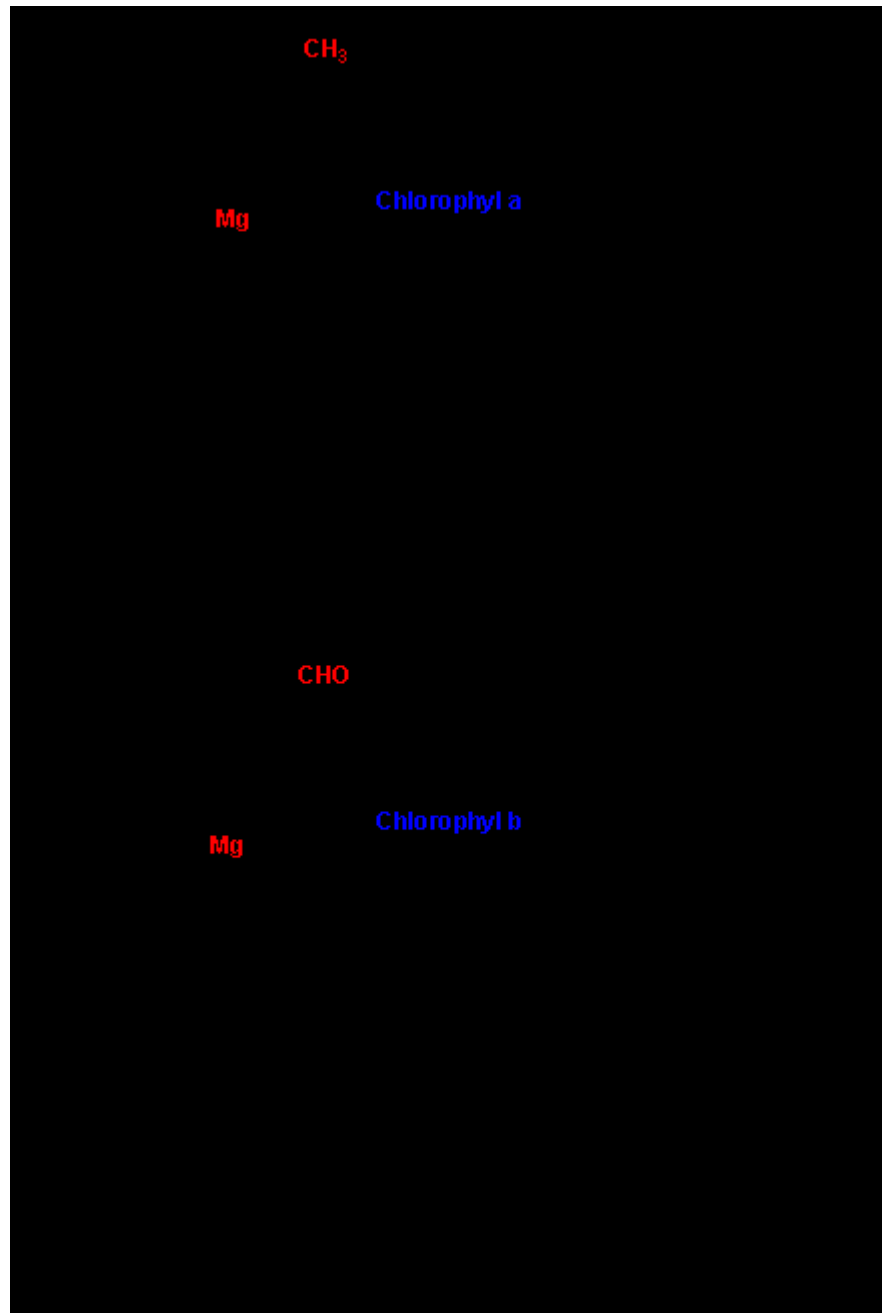
(b) Opsin



**Figure 13.13 Rhodopsin is a photopigment composed of two parts: retinal and opsin**  
 (a) Chemical structures of vitamin A and of retinal. Vitamin A is shown both as a complete structure (top) and as a skeleton structure (middle). Vitamin A is converted to retinal, which has two isomers (11-cis and all-trans). (b) Three-dimensional structure of the protein (opsin) portion of vertebrate rhodopsin. Seven  $\alpha$ -helical regions of the protein span the membrane; retinal is attached to an amino acid residue within the seventh membrane-spanning region.

[Video cis - trans](#)

Absorbce světla - Karotenoidy  
(vit.A) a pyrolové kruhy  
(chlorofyl)

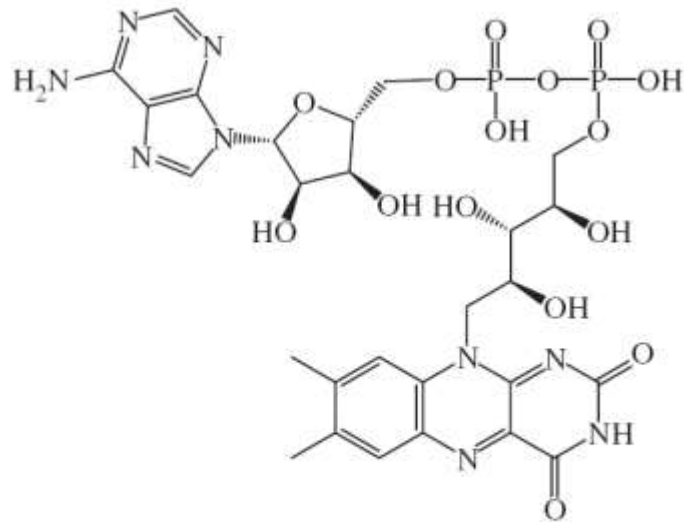


Absorpci světla zajišťují i jiné kofaktory – FAD

Fotosensitivní proteiny: Kryptochromy – rytmy živočichů, magnetorecepce

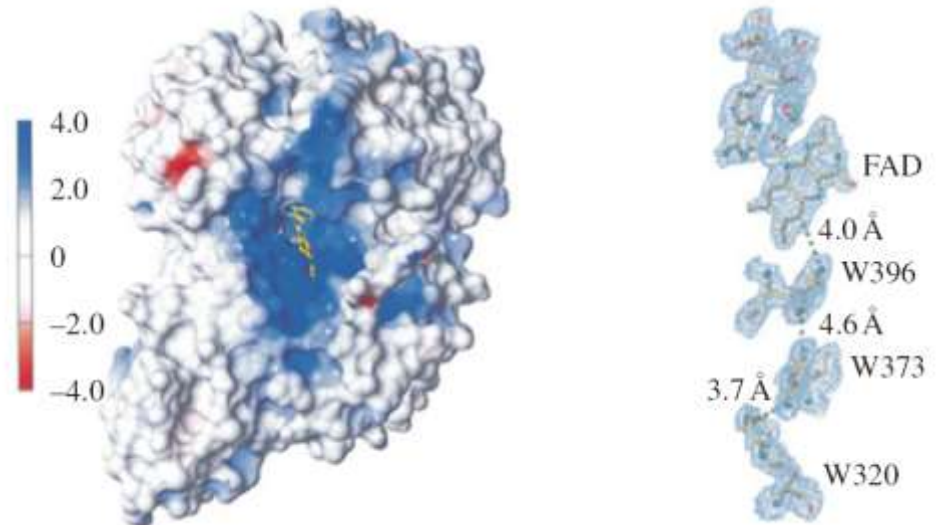
Fotolyázy – opravy DNA

Flavoproteiny – kvetení, opad listů atd.

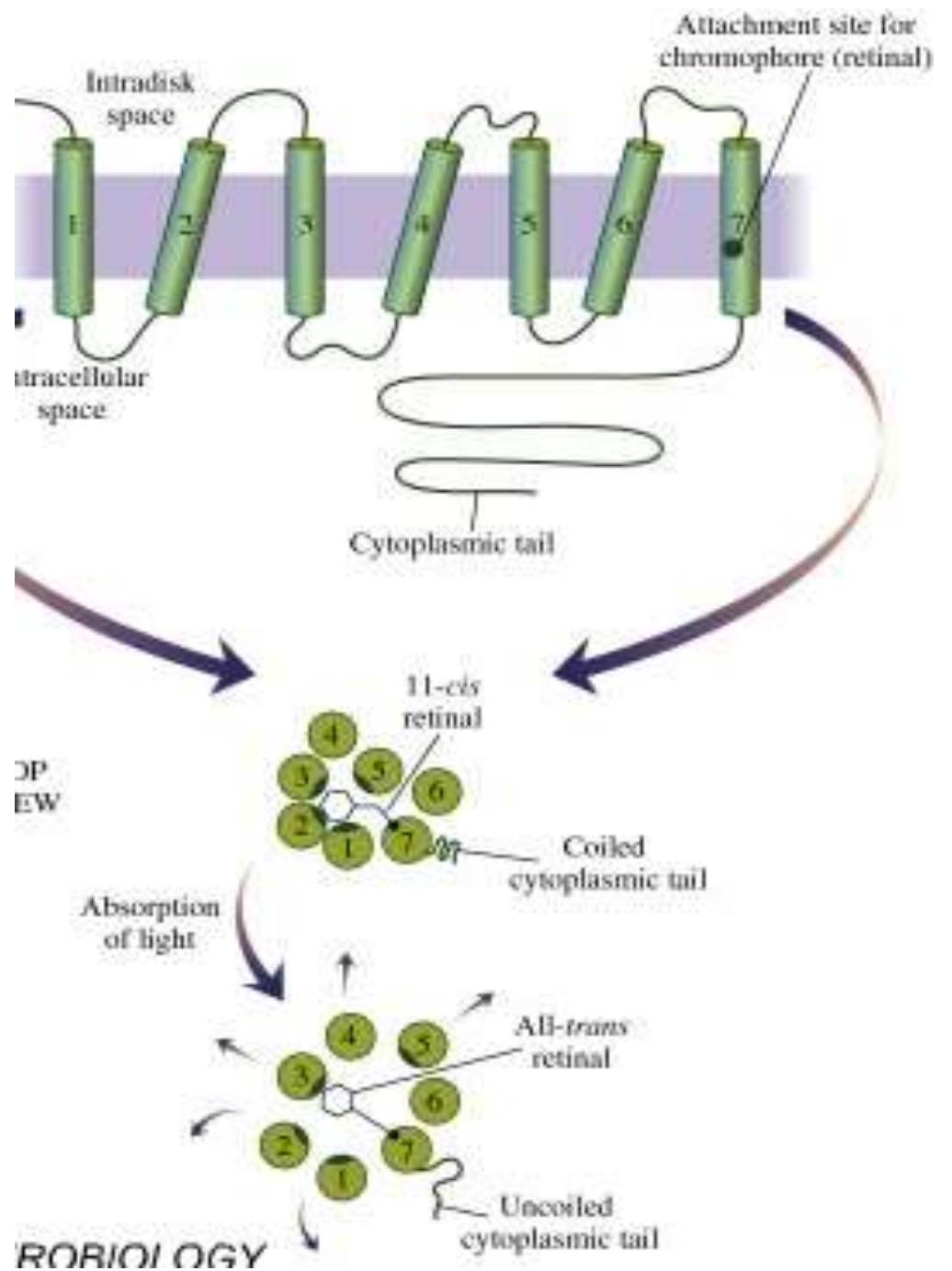


flavin adenine dinucleotide  
(FAD)

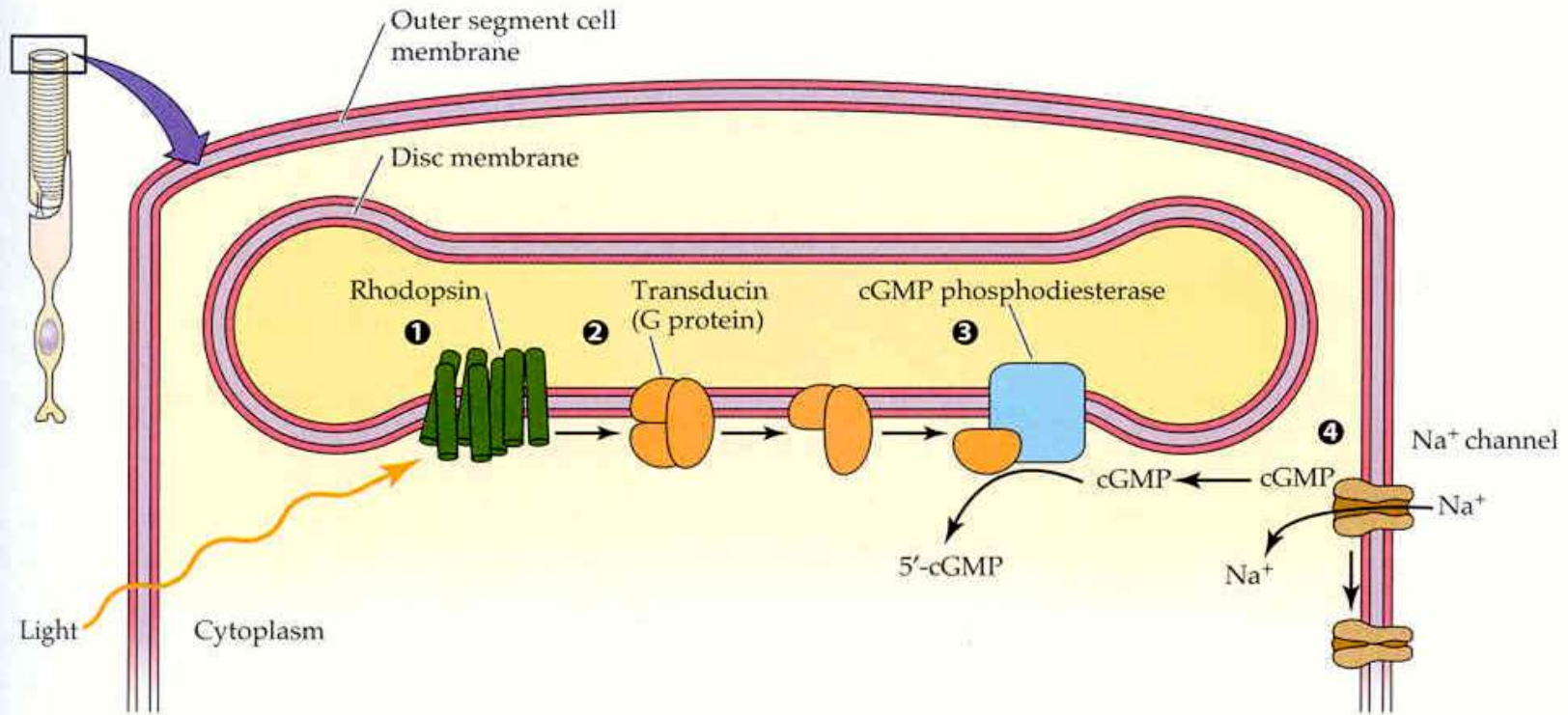
Světlem excitovaný flavin vytrhává e<sup>-</sup> z proteinu (např. kryptochromu – tzv. fotoredukce flavinu) a mění jeho signalizační vlastnosti



Spolupráce chromoforu retinalu a apoproteinu opsinu.



## Video aktivace rhodopsinu

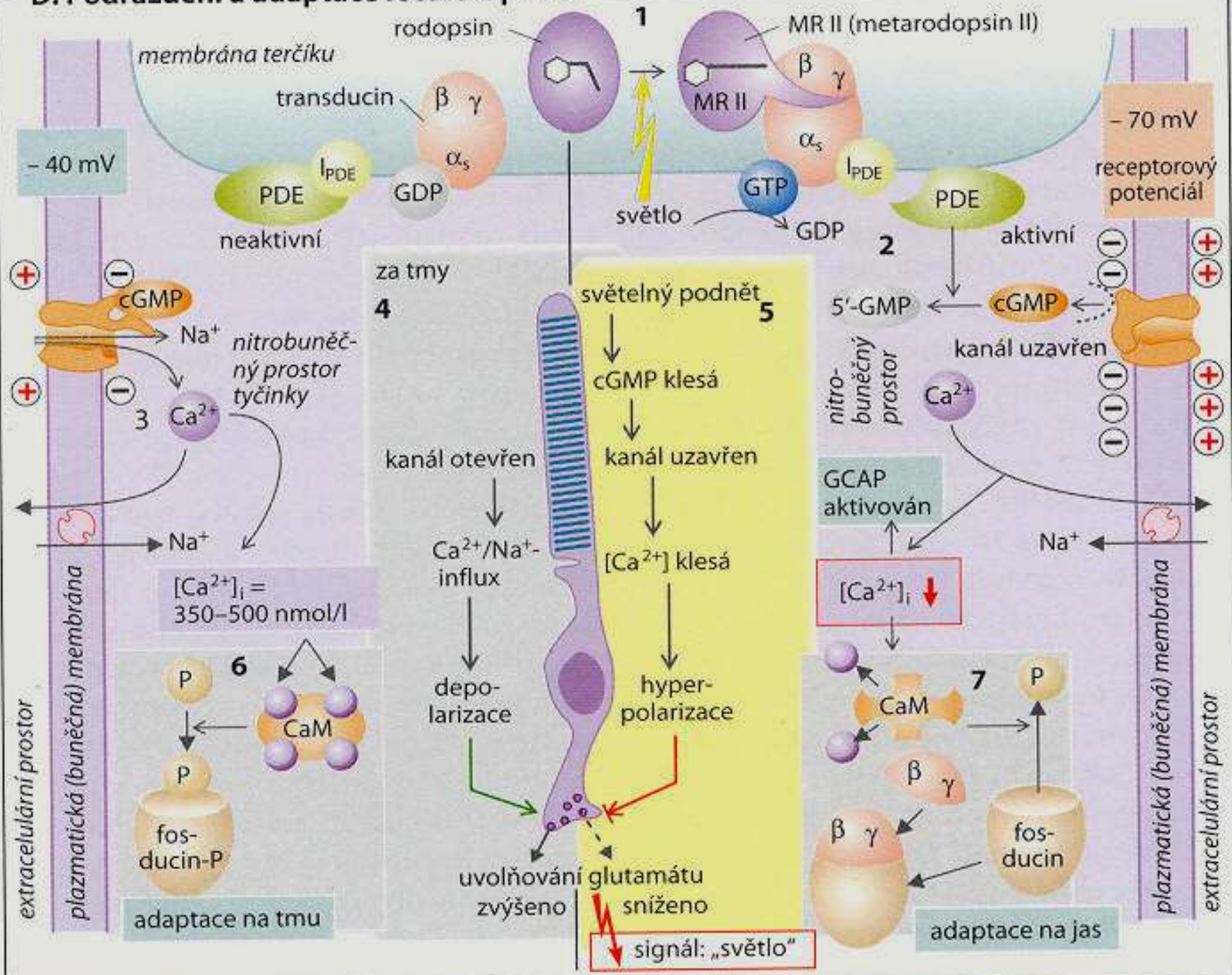


**Figure 13.14 Phototransduction closes cation channels in the outer segment of the photoreceptor membrane** In the dark, the cation channels are kept open by intracellular cGMP and conduct an inward current, carried largely by  $\text{Na}^+$ . When light strikes the photoreceptor, these channels are closed by a G protein-coupled mechanism. **1** Rhodopsin molecules in the disc membrane absorb light and are acti-

vated. **2** The activated rhodopsin stimulates a G protein (transducin in rods), which in turn activates cGMP phosphodiesterase. **3** The phosphodiesterase catalyzes the breakdown of cGMP to 5'-GMP. **4** As the cGMP concentration decreases, cGMP detaches from the cation channels, which close.



# D. Podráždění a adaptace fotoreceptorů



U chemorecepce ligand způsobí změnu konformace membránového 7TM receptoru tak, že alfa podjednotka G proteinu je uvolněna aby aktivovala membránové enzymy.

A stejně je to i s opsinem. V tomto případě je však čichová nebo chuťový molekula v jistém smyslu již přítomna a připojena k 7TM receptoru. Je to chromofor, 11cis retinal. Ten je ve vazbě na lyzinový zbytek uložen do opsinu a je ve své poloze stabilizován slabými interakcemi se dvěma dalšími zbytky aminokyselin. Foton pak pouze změní konformaci retinalu z cis do trans pozice ( $2 \times 10^{-14}$ s, takže se už déle nevejde do vazebné polohy v dutině opsinu.

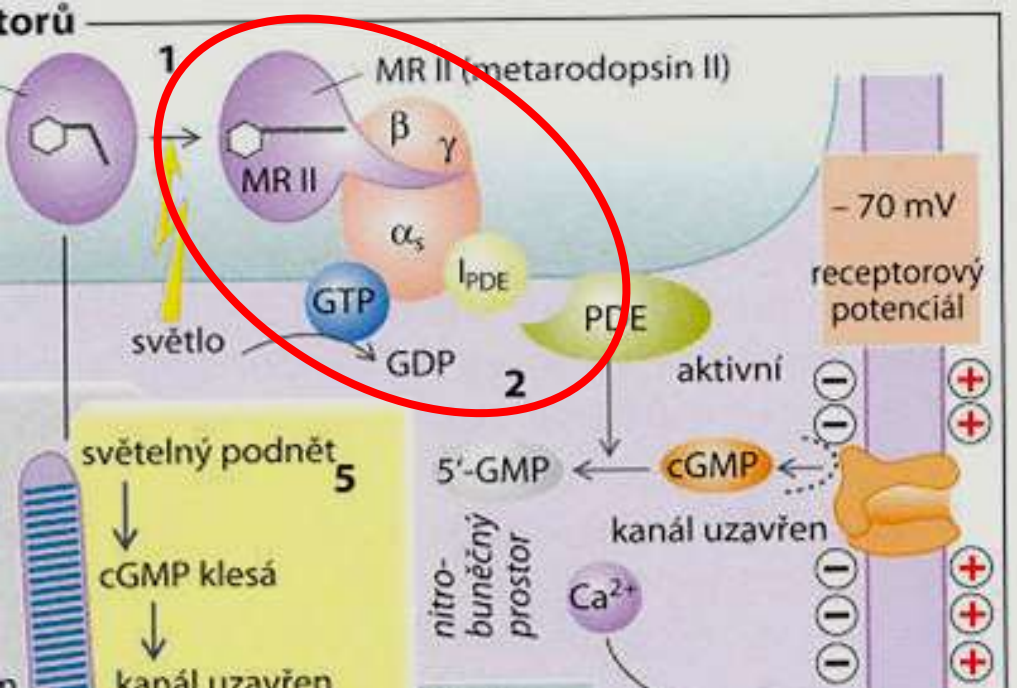
To způsobí, že opsin změní svou konformaci a přes několik meziproductů se přemění na konečný metarodopsin II. Ten reaguje s G-proteinem (**transducinem**), který se následně, po náhradě GDP za GTP, štěpí na alfa a beta gama podjednotky.

Alfa potom, jako u jiných modalit, aktivuje specifické enzymy v membráně, a to takto: na aktivovanou alfa-GTP se nyní naváže inhibiční podjednotka cGMP-fosfodiesterázy, **PDE**. Takto dezinhibovaná PDE pak **snižuje** cytosolovou koncentraci cGMP.

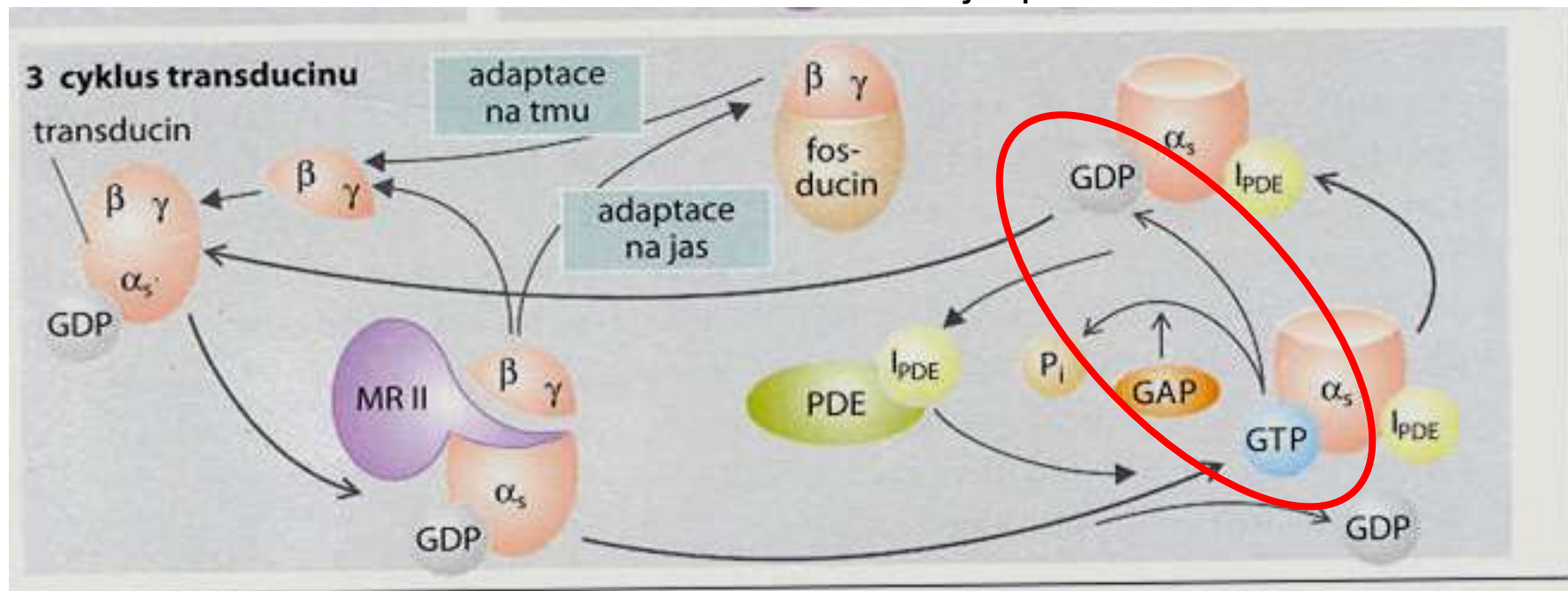


## **Řada zpětných vazeb a cyklů:**

- Vypnutí, inaktivace – příprava na další signál. Arestin v G-prot. signalizaci, Ca
- Adaptace – rozsah od 1 po  $10^6$  fotonů / sec, úloha Ca iontů (podobně i čich, sluch)
- Regenerace pigmentu – umožní přijetí dalšího signálu

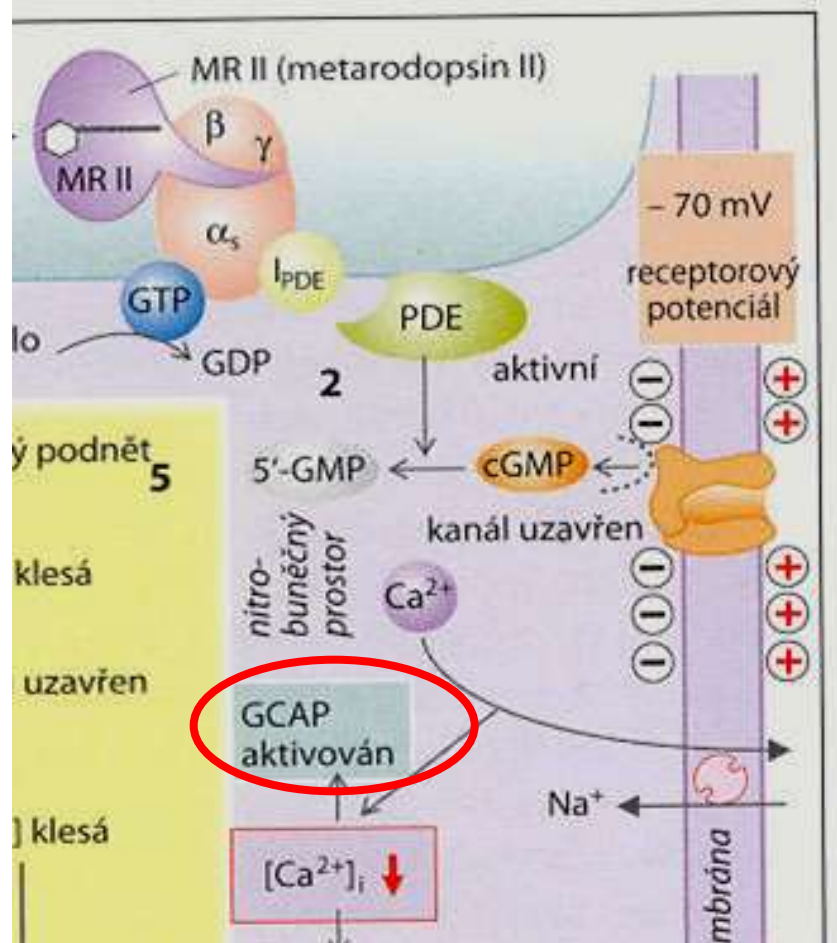


Inaktivace a regenerace:  
 Samozhasnutí alfa Transducinu.  
 Vlastní aktivitou štěpí GTP na GDP a  
 navazuje inhibiční podjednotku Ipde.  
 Katalytická aktivita alfa podjednotky  
 tím končí.  
 GAP (GTPase activating protein)  
 podporuje cyklus a regeneraci.  
 Regenerovaný transducin zase  
 uvolňuje Ipde.

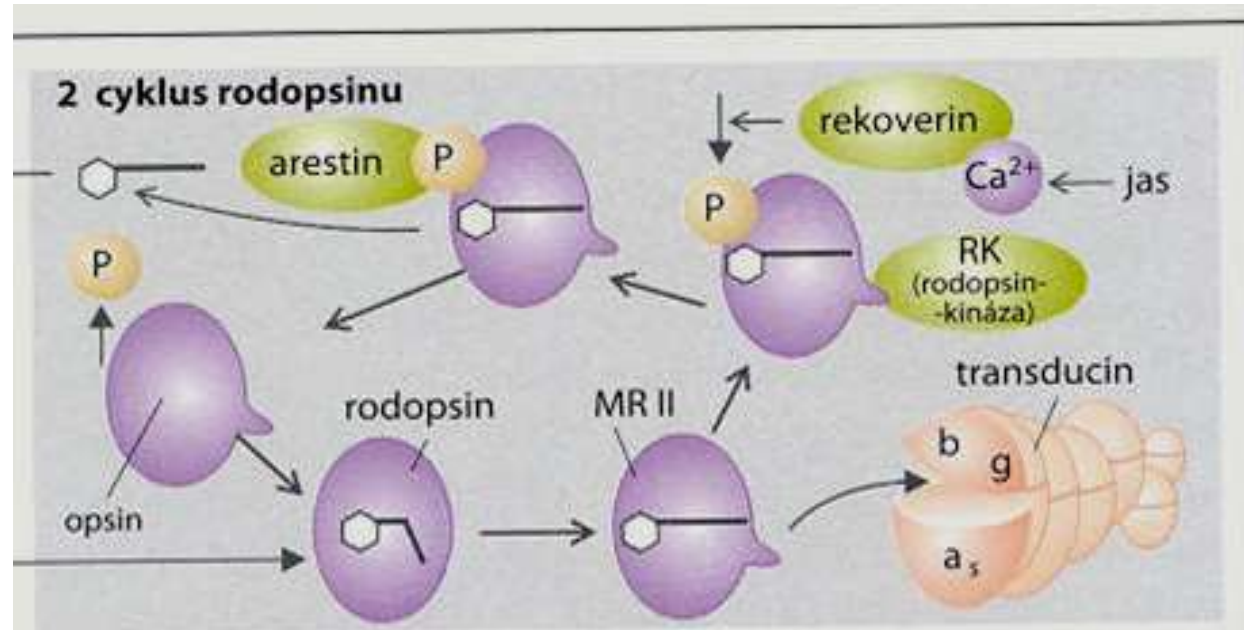


## Terminace:

Při dopadu světla GCAP (guanylyl cyclase activating Protein) ztratí 4 Ca a aktivuje GC. Ta zvýší cGMP a kationtové kanály se zase otevřou a receptor je připraven na další světelný podnět



## Inaktivace a adaptace cestou fosforylace Rodopsinu



Inaktivace rodopsinu:

MR II odhalí vazebné místo pro RK. Fosforyluje se, naváže arestin a dál už nereaguje s transducinem. All-trans-retinal se oddělí. RK kompetuje s transducinem o vazebné místo na MR II.

Ca adaptace:

Ca zrychluje fosforylaci MR II na světle s pomocí jiného Ca-závislého proteinu rekovertinu. Rekovertin citlivý na Ca se tak podílí na redukci životnosti rodopsinu. Méně inhibuje RK je-li méně Ca – za podmínek jasu.

Inaktivace rodopsinu je stejná jako u jiných GPCR

Úloha GPCR kinázy a arestinu v GPCR desenzitizaci  
GPCR g - protein coupled cell surface receptor

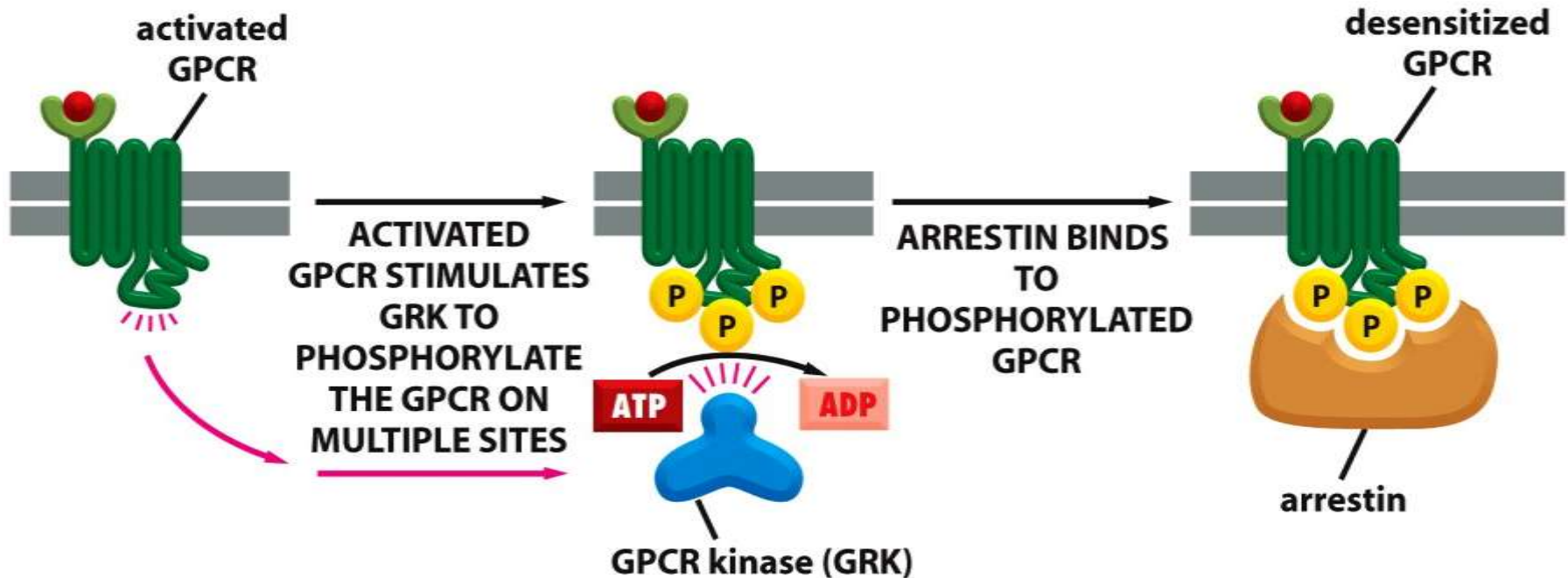


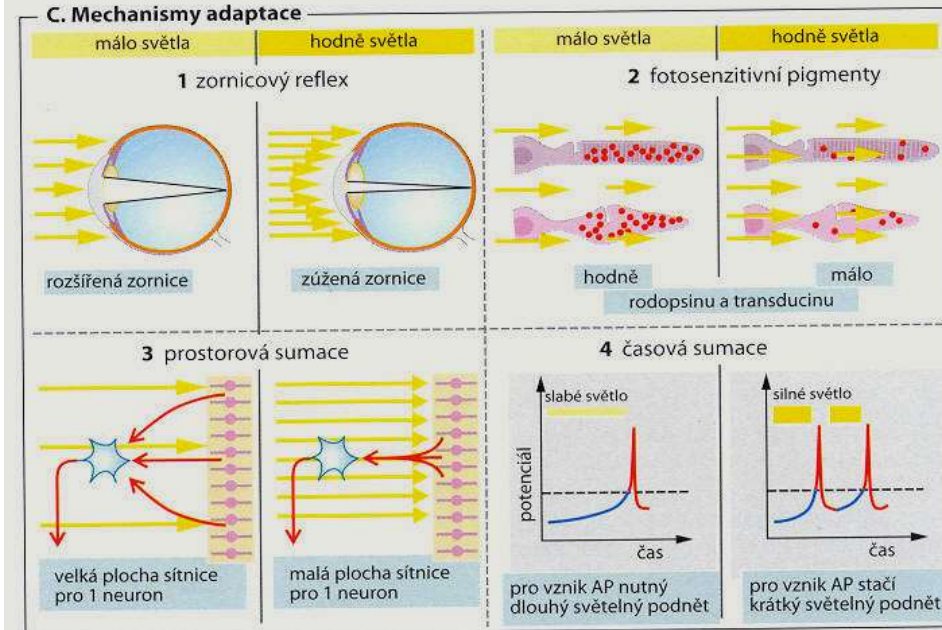
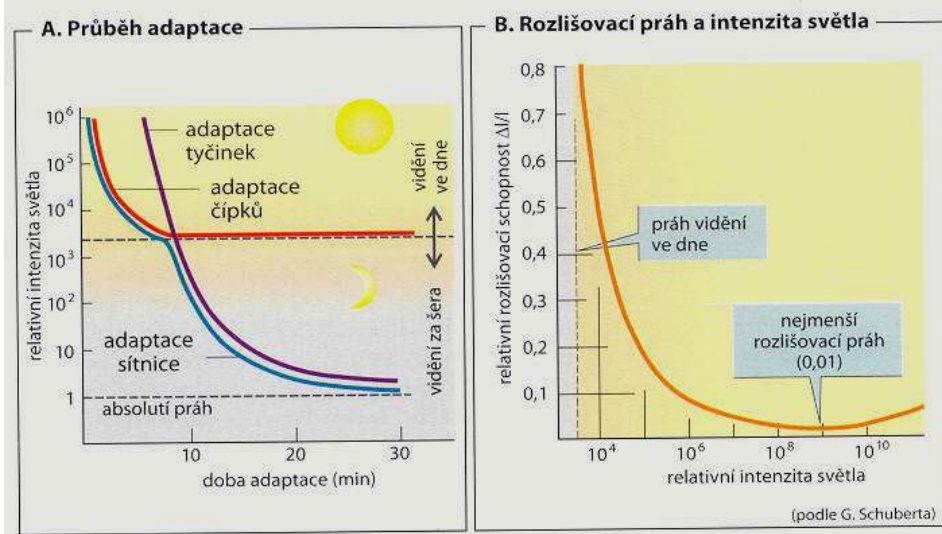
Figure 15-51 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



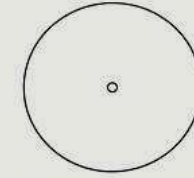
Adaptace:

Prostorová sumace – vyšší citlivost za cenu menšího rozlišení detailů

Časová sumace – vyšší citlivost za cenu menšího rozlišení rychlých dějů

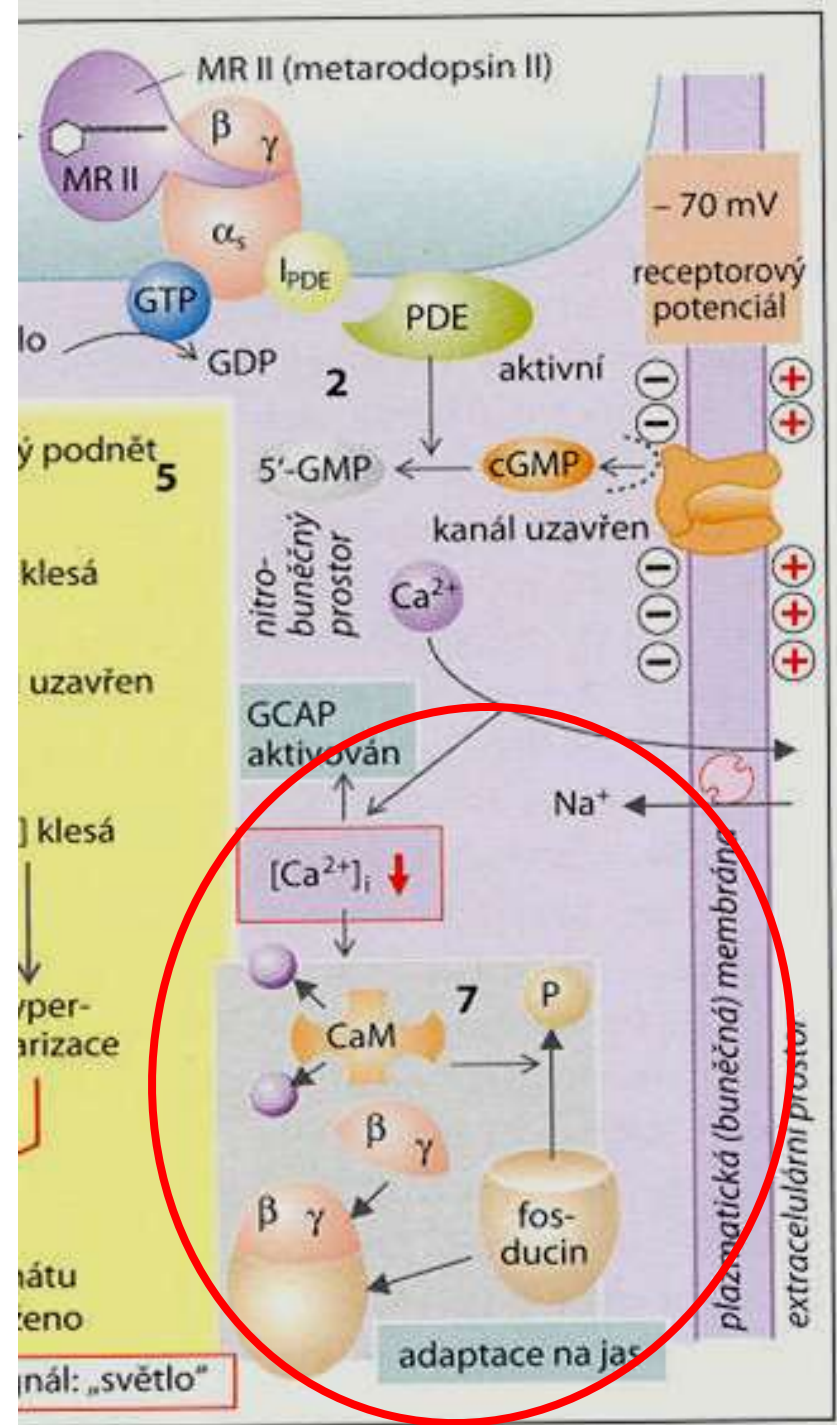
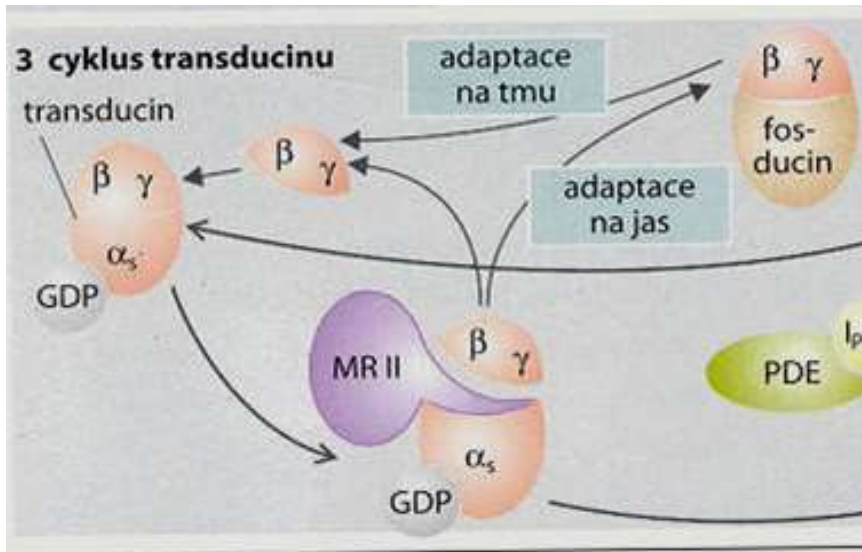


**D. Sukcesivní kontrast („lokální adaptace“)** viz text



Adaptace:

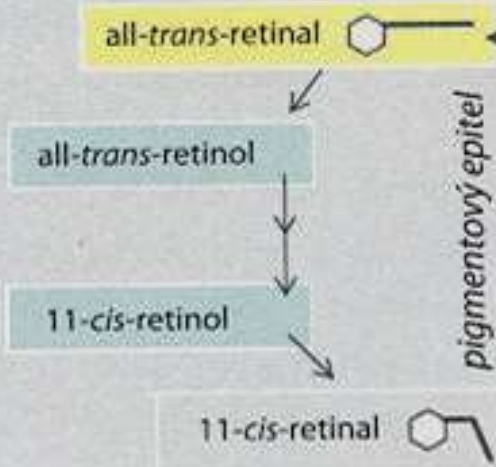
Soutěž mezi fosducinem a alfa podjednotkou o beta a gama podjednotky  
Ve světle je defosforylován, váže je, a tak blokuje regeneraci transducinu



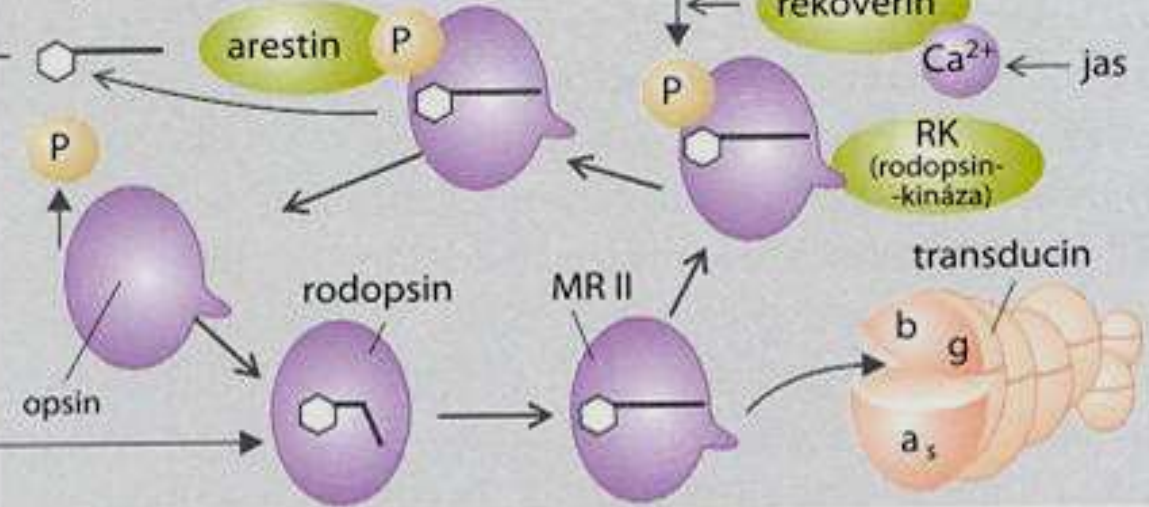
# Regenerace retinalu v pigmentovém epitelu

## E. Regenerační cykly

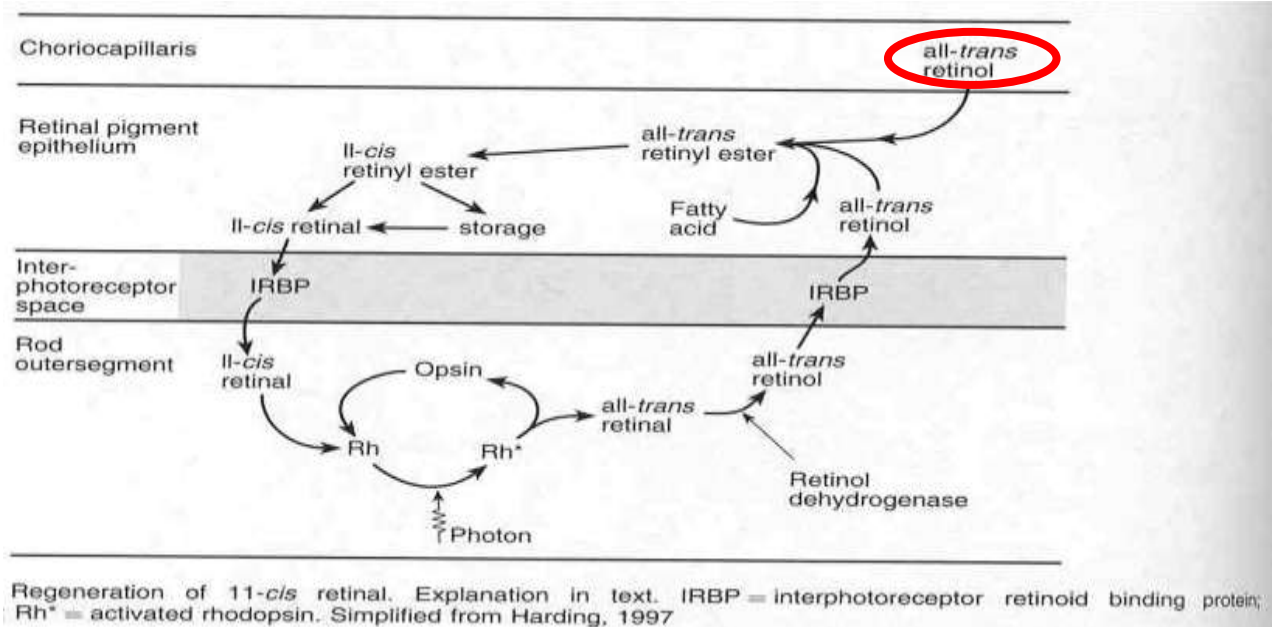
### 1 cyklus retinalu



### 2 cyklus rodopsinu



All-trans-retinol –  
vitamin A. Při  
nedostatku šeroslepost.



Drosophila jako užitečný model zrakové transdukce:

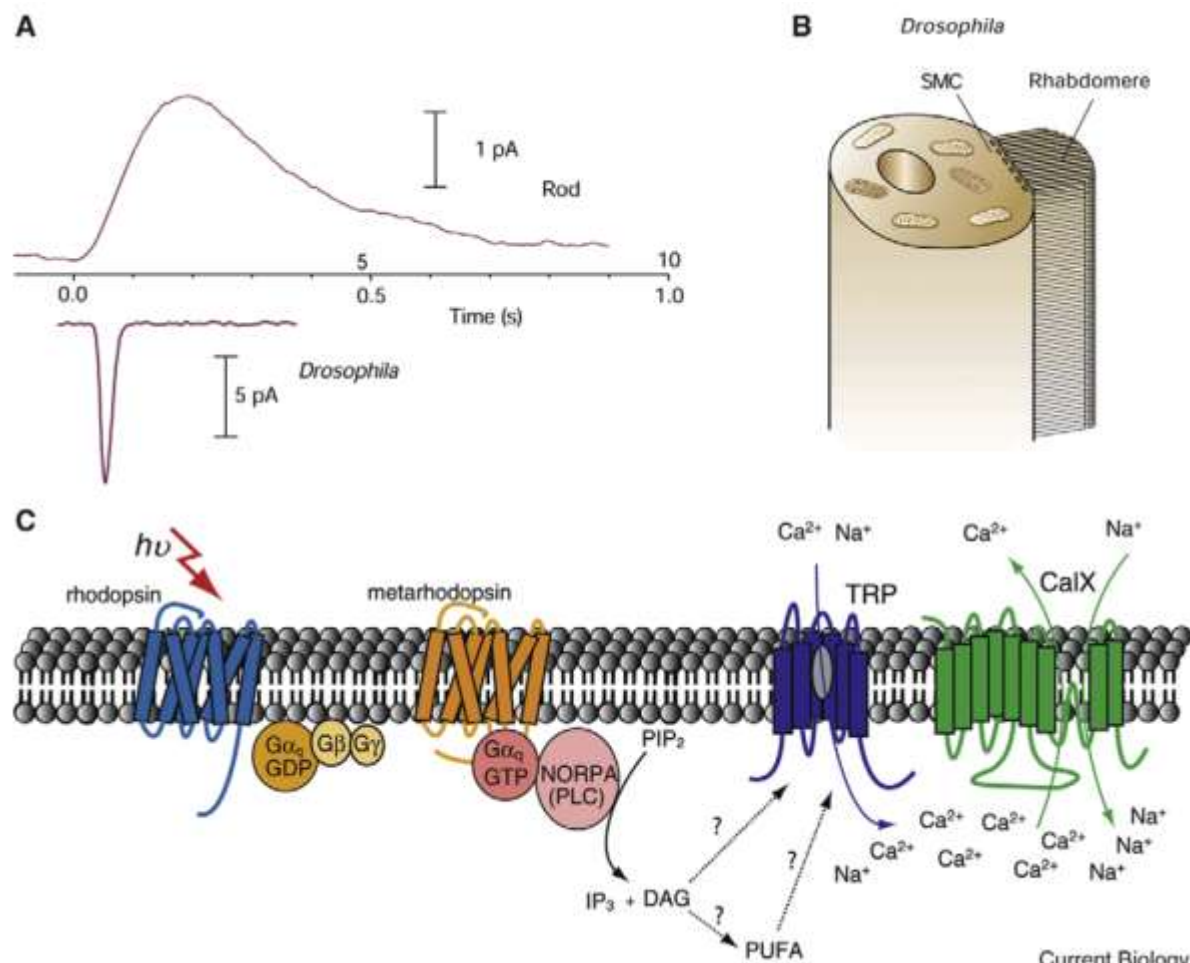
Mimořádné zesílení – reakce na jediný foton

Nízký šum ve tmě (navzdory spontánní termální izomerizaci)

Široká adaptace – rozsah až  $10^6$  (závislá na Ca)

Rychlá terminace odpovědi (arestin)

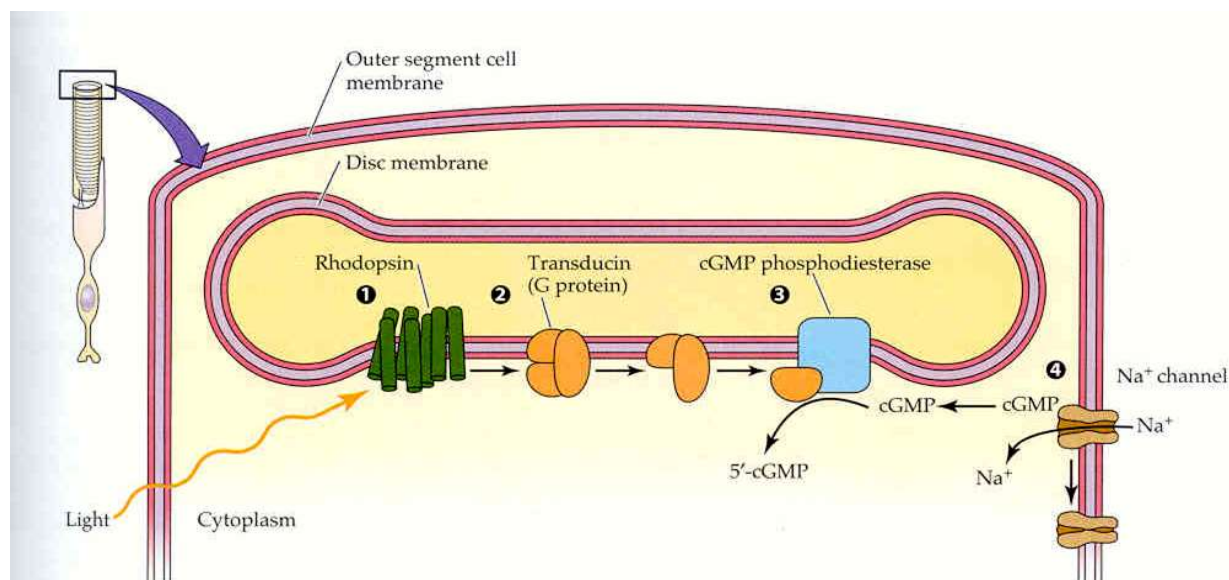
10x rychlejší GPCR signální dráha než obratlovci -



Drosophila jako užitečný model zrakové transdukce:

Taková rychlost? PLC octomilky je jeden z nejvýkonnějších známých enzymů-  
limitem je jen přísun cGMP

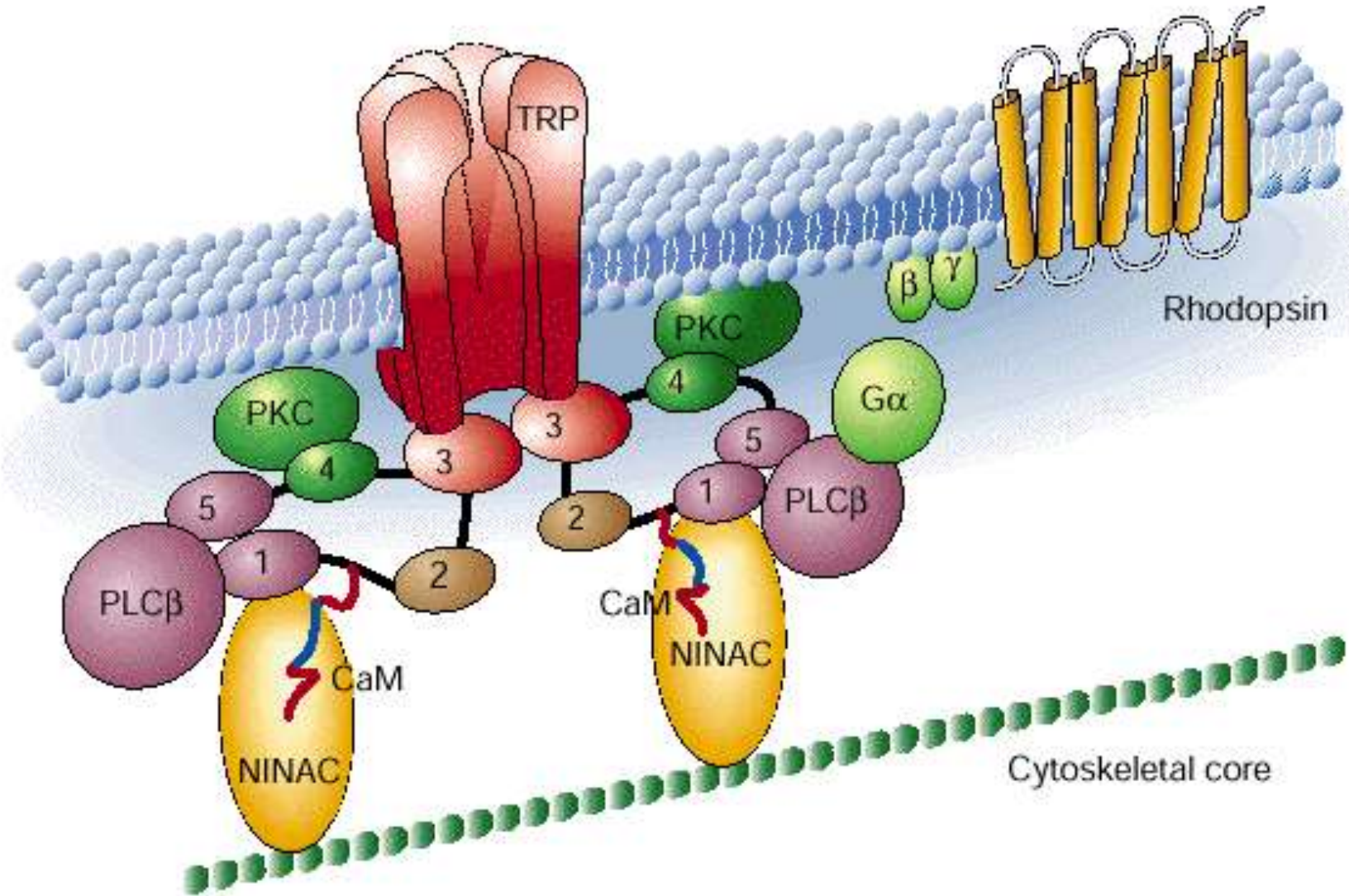
Výkonnost transdukce omezena pouze difuzním pohybem v membráně.



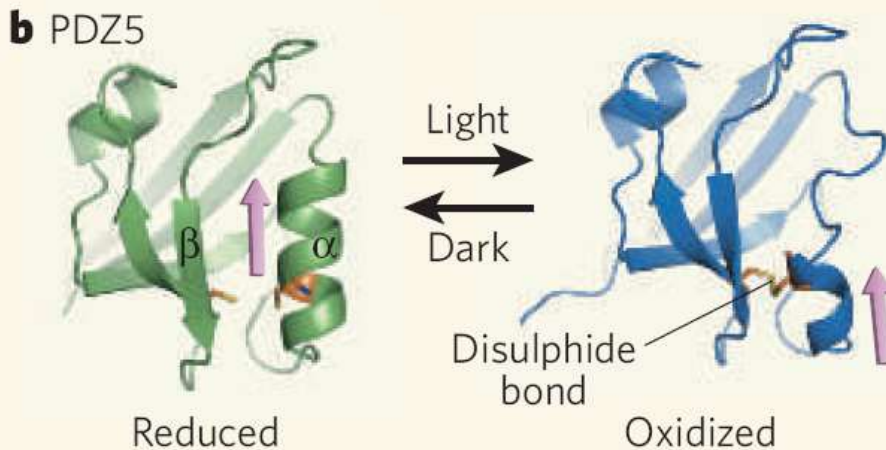
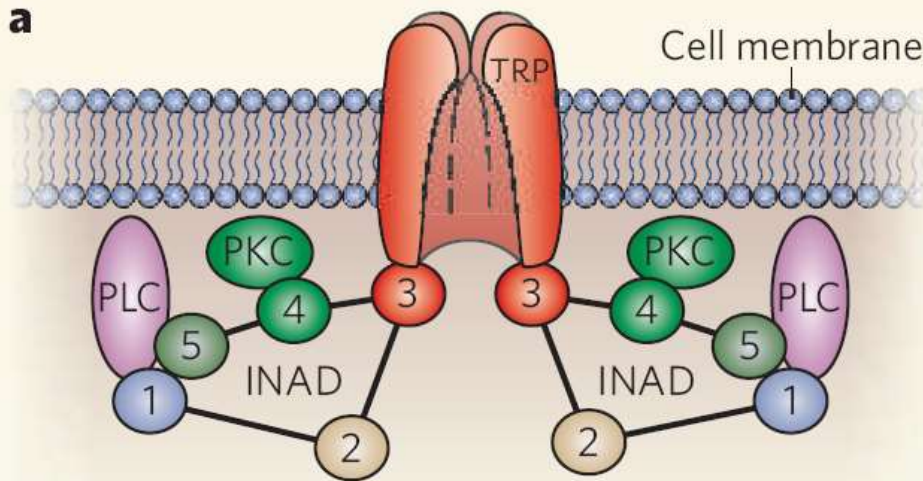
**Figure 13.14 Phototransduction closes cation channels in the outer segment of the photoreceptor membrane** In the dark, the cation channels are kept open by intracellular cGMP and conduct an inward current, carried largely by Na<sup>+</sup>. When light strikes the photoreceptor, these channels are closed by a G protein-coupled mechanism. ❶ Rhodopsin molecules in the disc membrane absorb light and are acti-

vated. ❷ The activated rhodopsin stimulates a G protein (transducin in rods), which in turn activates cGMP phosphodiesterase. ❸ The phosphodiesterase catalyzes the breakdown of cGMP to 5'-GMP. ❹ As the cGMP concentration decreases, cGMP detaches from the cation channels, which close.

Drosophila jako užitečný model zrakové transdukce:  
Difuzní model signálového přenosu x Signalplex, scaffolding proteins  
Multimolekulární signalizační komplex

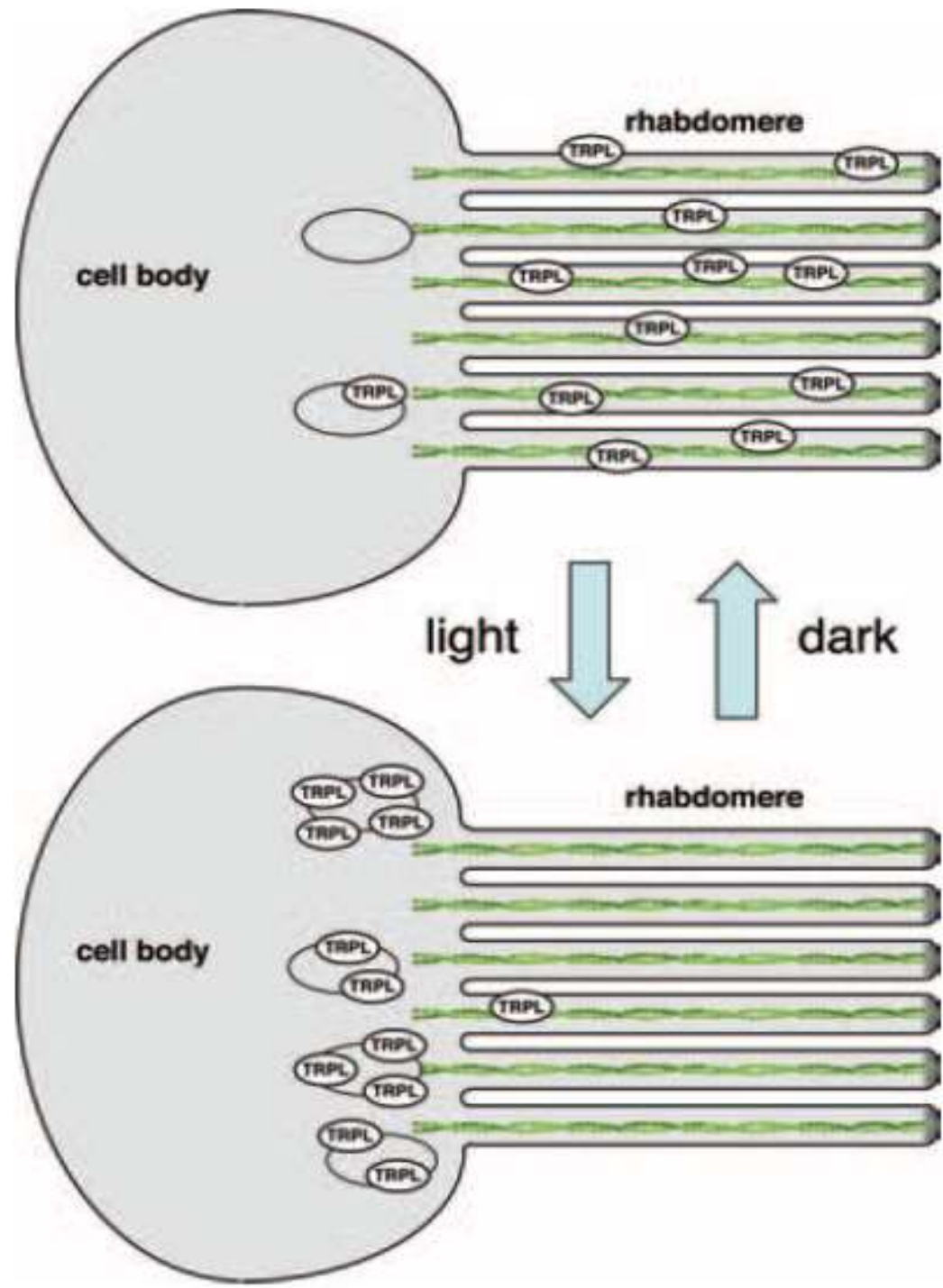


**Drosophila jako užitečný model zrakové transdukce:**  
 Organizace signálních proteinů  
 v čase a prostoru – oddělení, zhášení  
 odpovědi na světlo se účastní i lešení (scaffolding INAD  
 komplex)



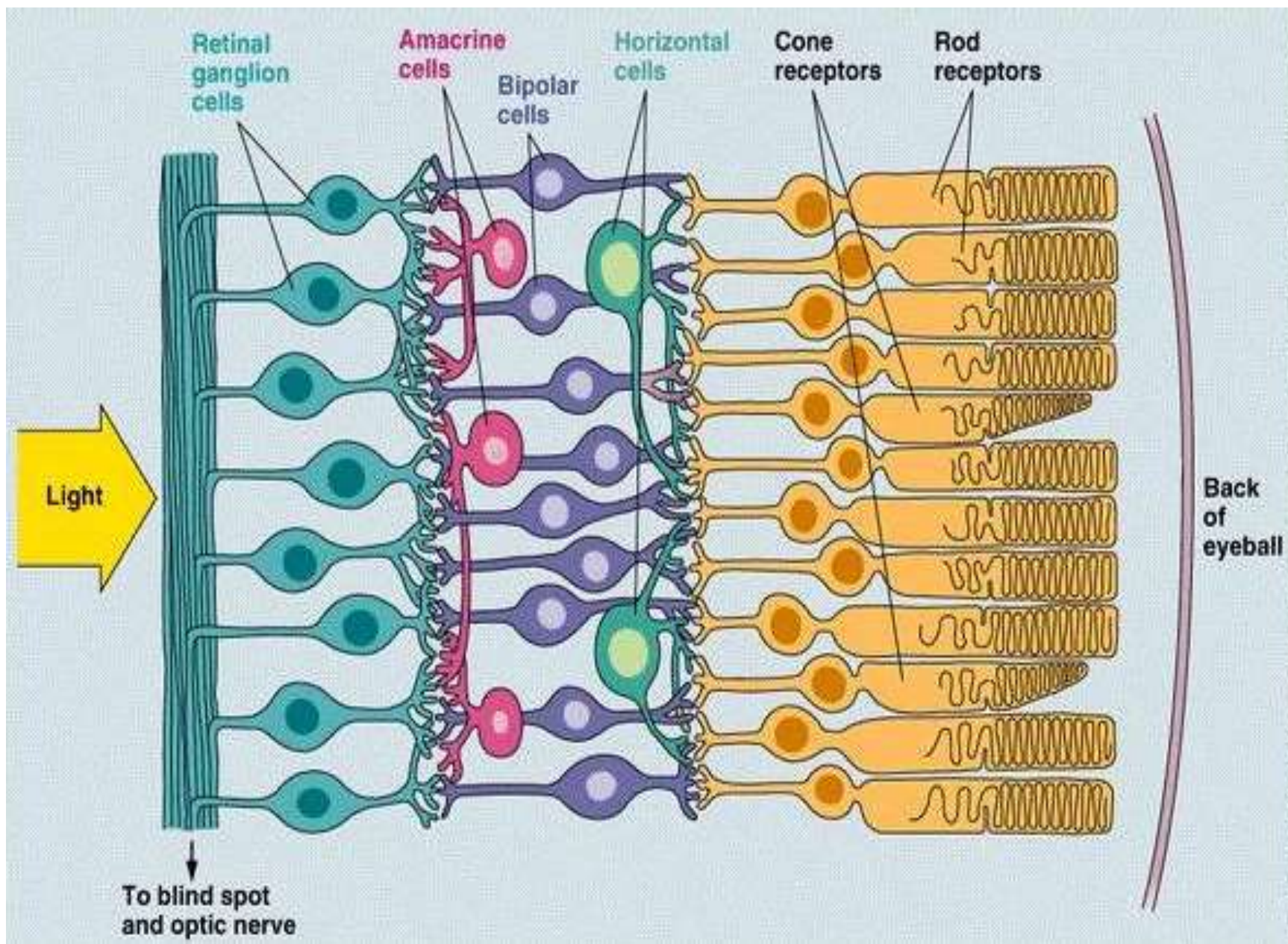
**Figure 1 | Phototransduction in *Drosophila* and the INAD complex.** **a**, The five PDZ domains of INAD (1–5) assemble components of the phototransduction cascade, including PLC, the TRP channel and PKC, into a signalling complex at the cell membrane. **b**, Mishra *et al.*<sup>2</sup> report that, in response to light, the PDZ5 domain of INAD undergoes a conformational change. In the dark, PDZ5 is in its canonical, reduced form, in which a groove between an  $\alpha$ -helix and a  $\beta$ -sheet serves as a ligand-binding site. After stimulation with light, the PDZ5 domain undergoes a conformational change to an oxidized state, whereby the formation of a disulphide bond between two cysteine residues results in the unravelling of the  $\alpha$ -helix and the distortion of the ligand-binding groove. Following this conformational switch, the ligand (arrowed) — putatively part of the PLC enzyme — can no longer bind. (Adapted from ref. 2.)

Drosophila jako užitečný model  
zrakové transdukce:  
Taková adaptace?  
Translokace komplexů s TRP –  
mechanismus adaptace  
na tmu a světlo

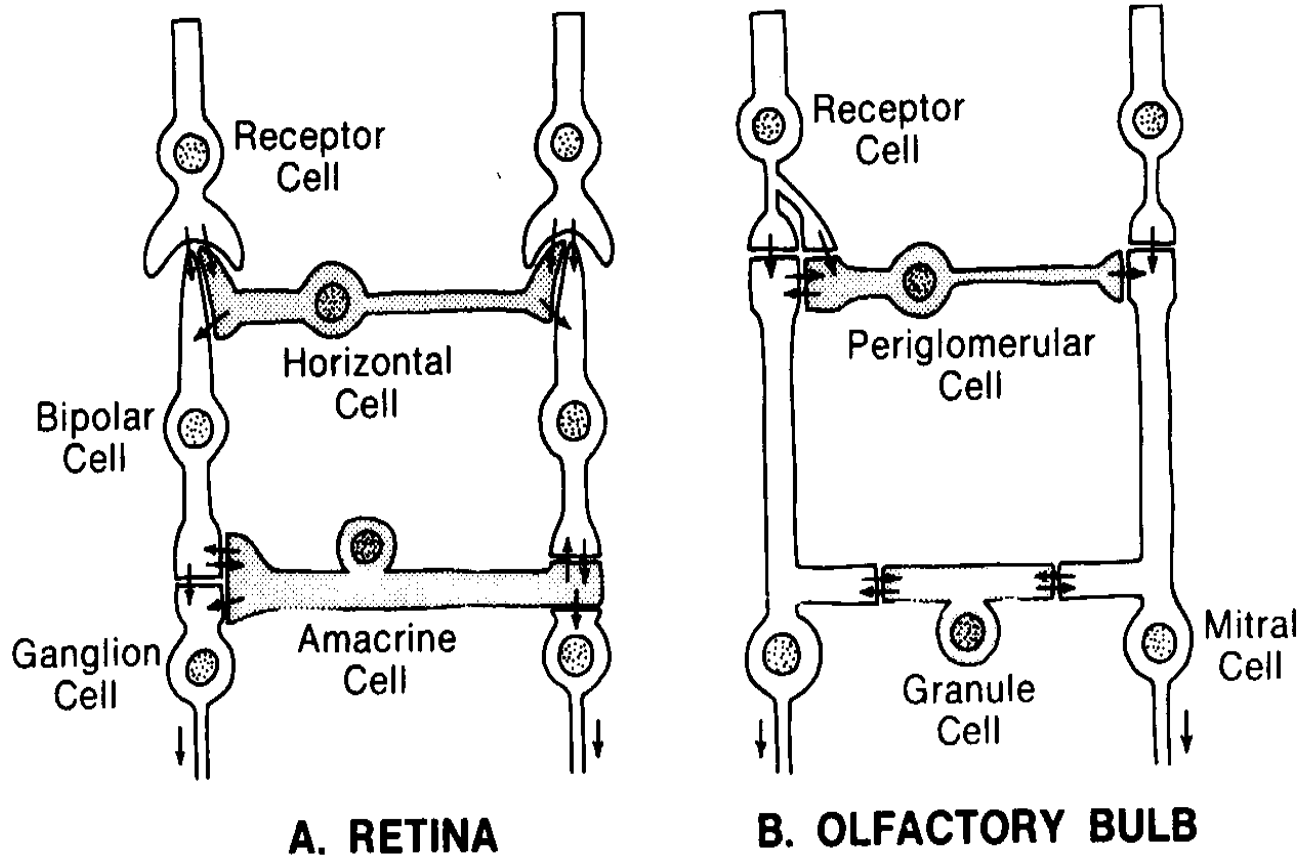




# Zpracování primární informace už na periférii



## Podobnost architektury sensorických obvodů a drah



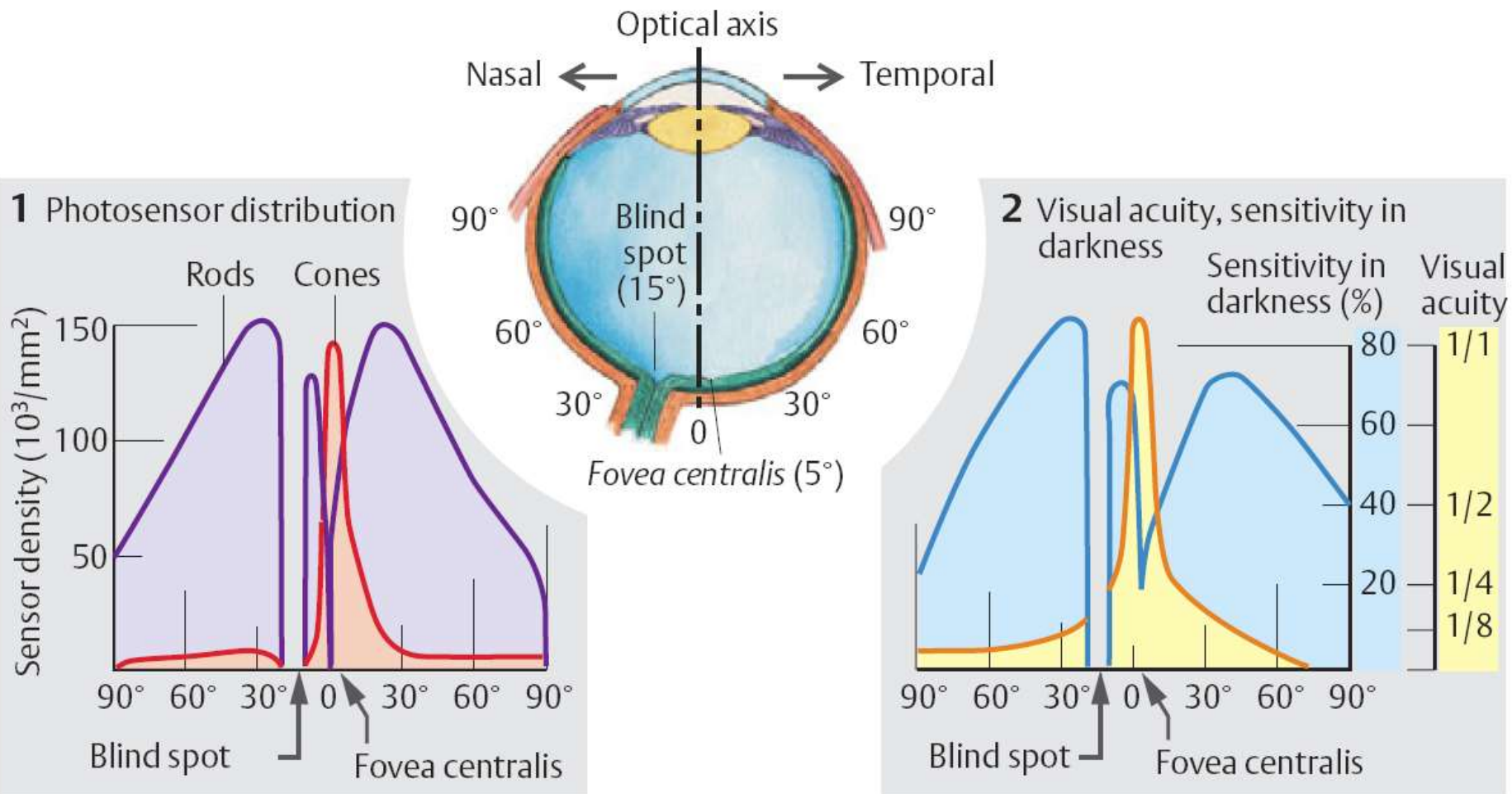
Konvergence – zesílení

Laterální inhibice – zvýšení kontrastu přechodů (viz dále)

<https://wolfe4e.sinauer.com/wa02.04.html>

Tyčinky – vidění za šera  
 Čípky – vidění za denního světla

## B. Retina: Photosensor distribution, sensitivity in darkness and visual acuity



# The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1981



David Hubel's web page

<http://hubel.med.harvard.edu/index.html>

"for his discoveries concerning the functional specialization of the cerebral hemispheres"

"for their discoveries concerning information processing in the visual system"



**Roger W. Sperry**

1/2 of the prize

USA

California Institute of Technology  
Pasadena, CA, USA

b. 1913  
d. 1994



**David H. Hubel**

1/4 of the prize

USA

Harvard Medical School  
Boston, MA, USA

b. 1926  
(in Windsor, ON, Canada)



**Torsten N. Wiesel**

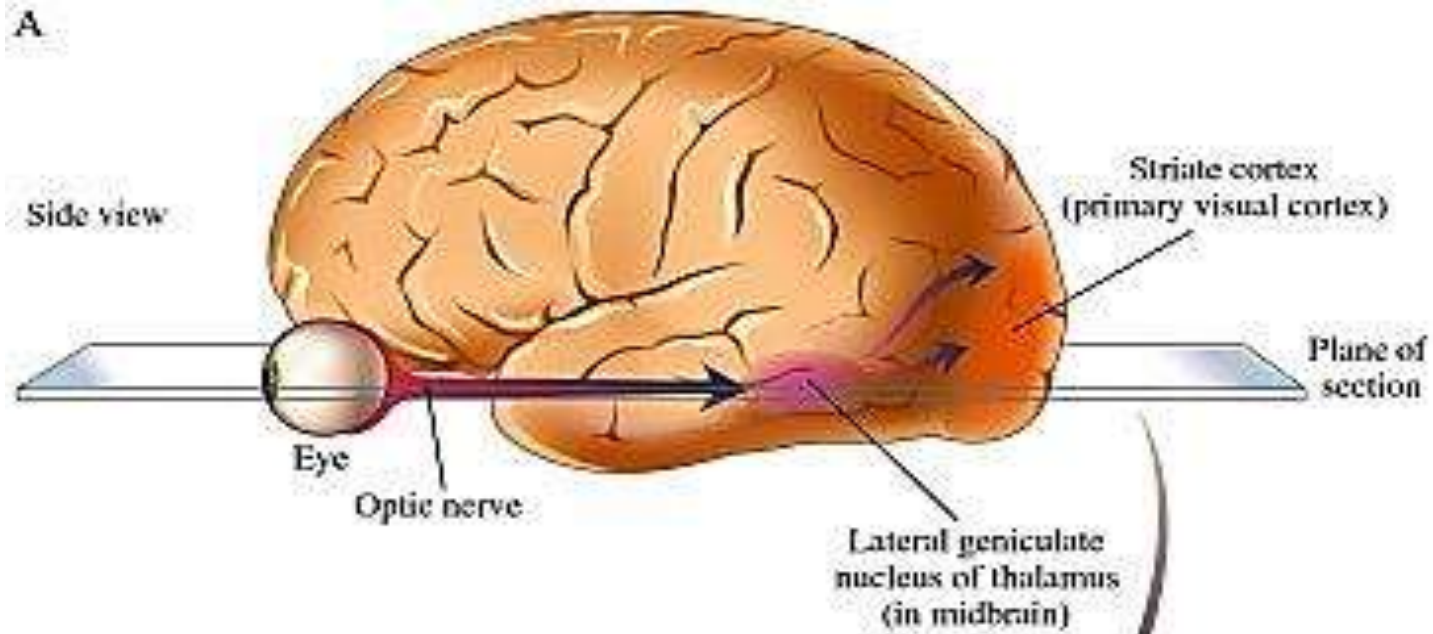
1/4 of the prize

Sweden

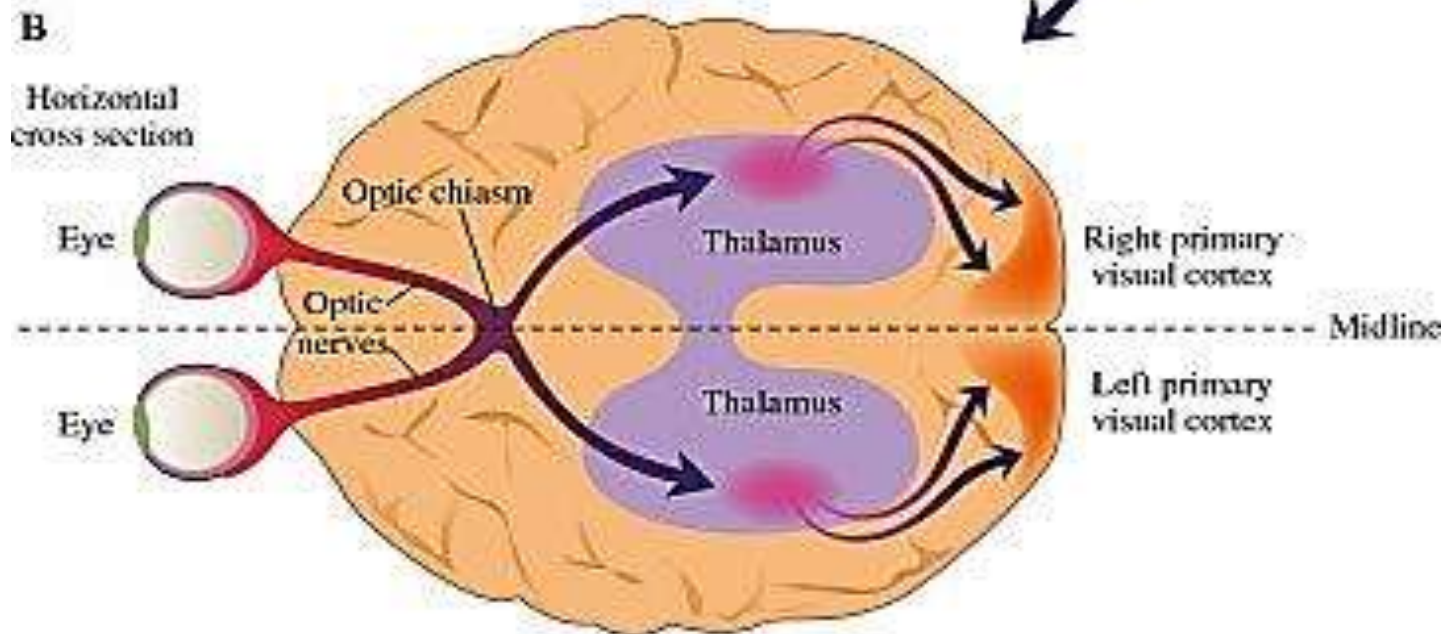
Harvard Medical School  
Boston, MA, USA

b. 1924

# Zraková dráha

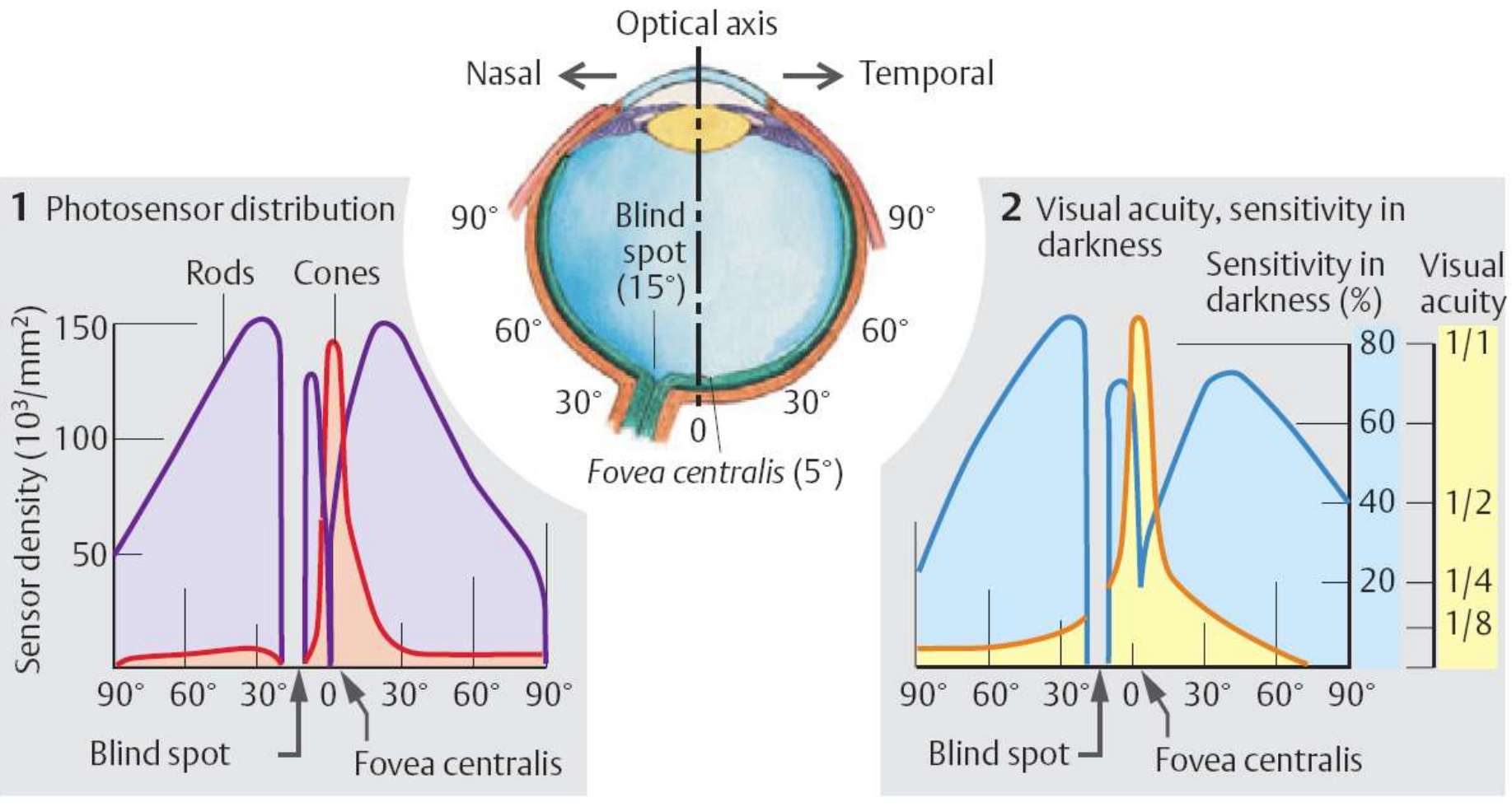


<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa02.01.html>



# Zraková dráha – konvergence na periférii větší než ve fovei

## B. Retina: Photosensor distribution, sensitivity in darkness and visual acuity



RGB čípky, ale jen RG ve fovei. Tyčinky jsou velmi štíhlé 2-5mm, čípky v periférii 5-8 mm, ve fovei ale pouze 1,5 mm.

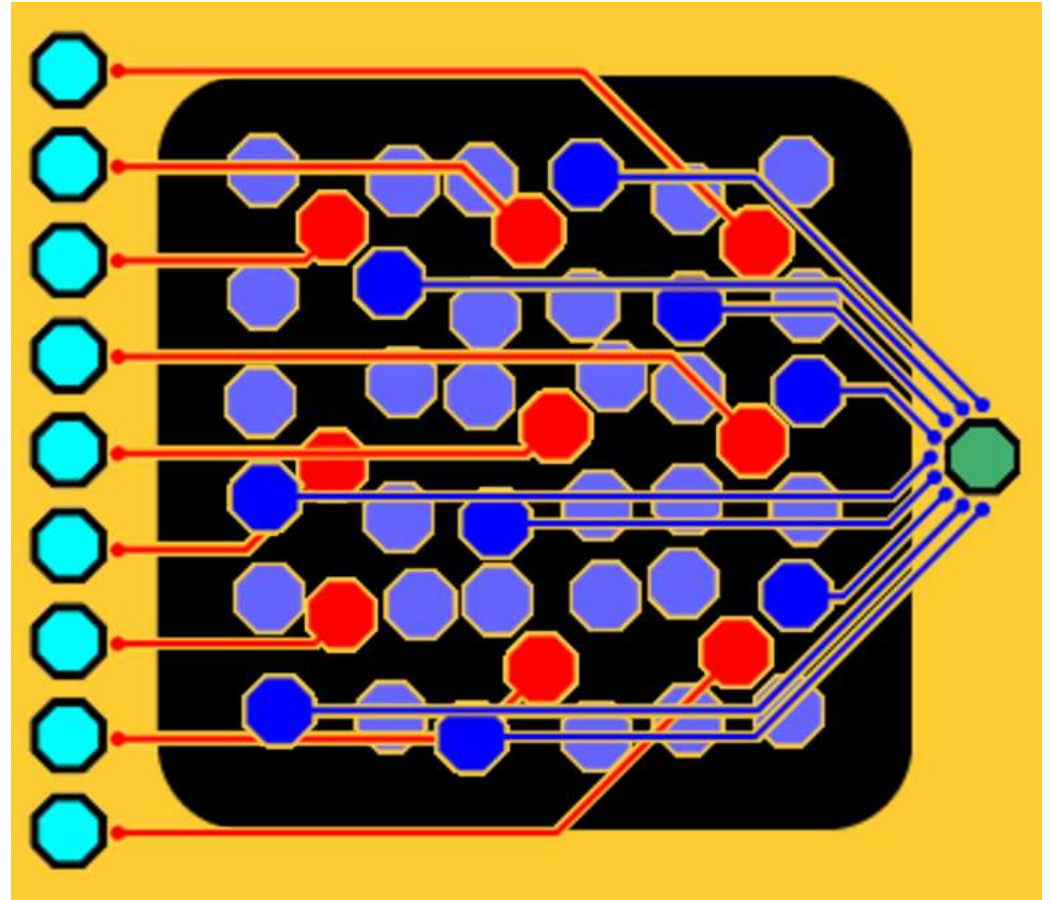
## Rozlišení detailů a barevnost versus citlivost ke světlu

Tyčinky – vidění za šera

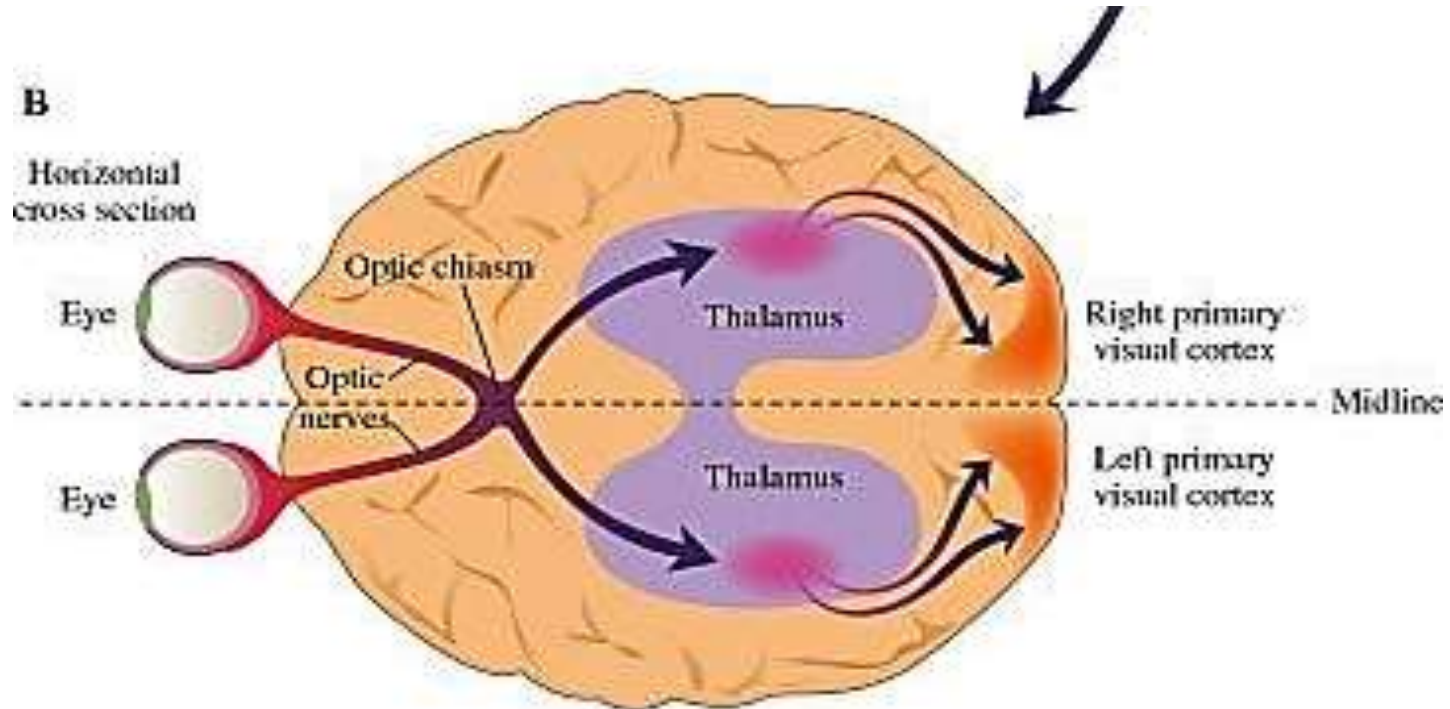
Čípky – vidění za denního světla

Tyčinky výrazně konvergují na M gangliové buňky (zelená).

Čípky konvergují mnohem méně na P gangliové buňky (tyrkysová).



Většina vláken zrakového nervu končí v **corpus geniculatum laterale** (CGL) v talamu, ostatní ve středním mozku (tektum, čtverohrbolí, *superior colliculus*). CGL je po sítnici dalším místem, kde nastává zpracování vizuálních informací před jejich vstupem do primární zrakové kůry v týlním laloku. U ptáků a ryb se s.c. nazývá optické tektum a hraje roli hlavní zrakové oblasti. U savců z CGL vstupují nervové signály do primární zrakové kůry v týlním (okcipitálním laloku). K nejsložitější abstrakci vizuálních informací dochází v tzv. Vizuální asociační oblasti - sekundární a terciární zraková kůře ve spánkovém (temporálním) a temenním (parietálním) laloku.





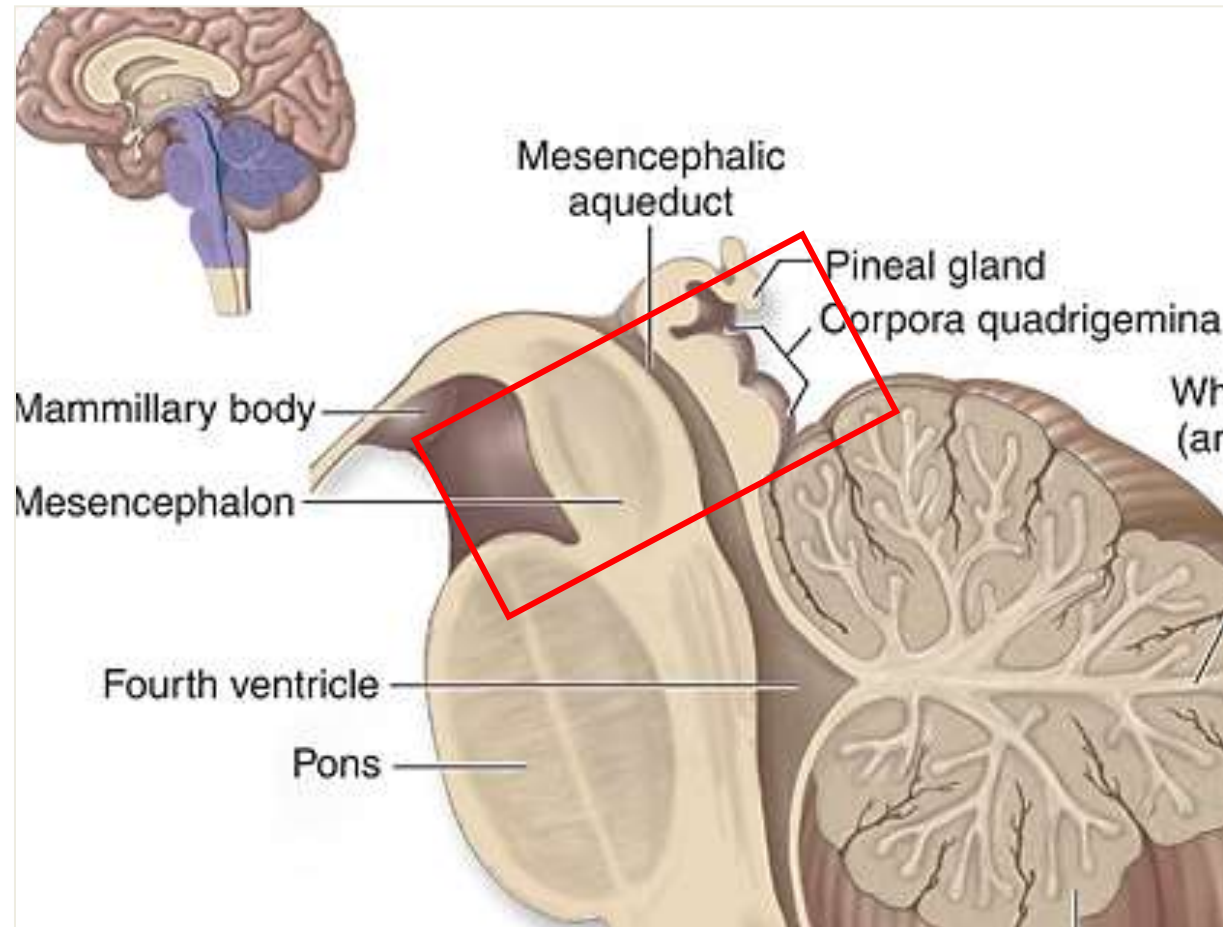
Mezencefalon -  
Střední mozek:  
Původně sensorické,  
asociační  
a motorické centrum

Savci: Tegmentum, Tectum  
- střecha (čtverohrbolí)

Tectum:  
Superior colliculus -  
dříve zrakový nerv, pak  
zrakové prostorové reflexy

Inferior colliculus –  
sluchové reflexy

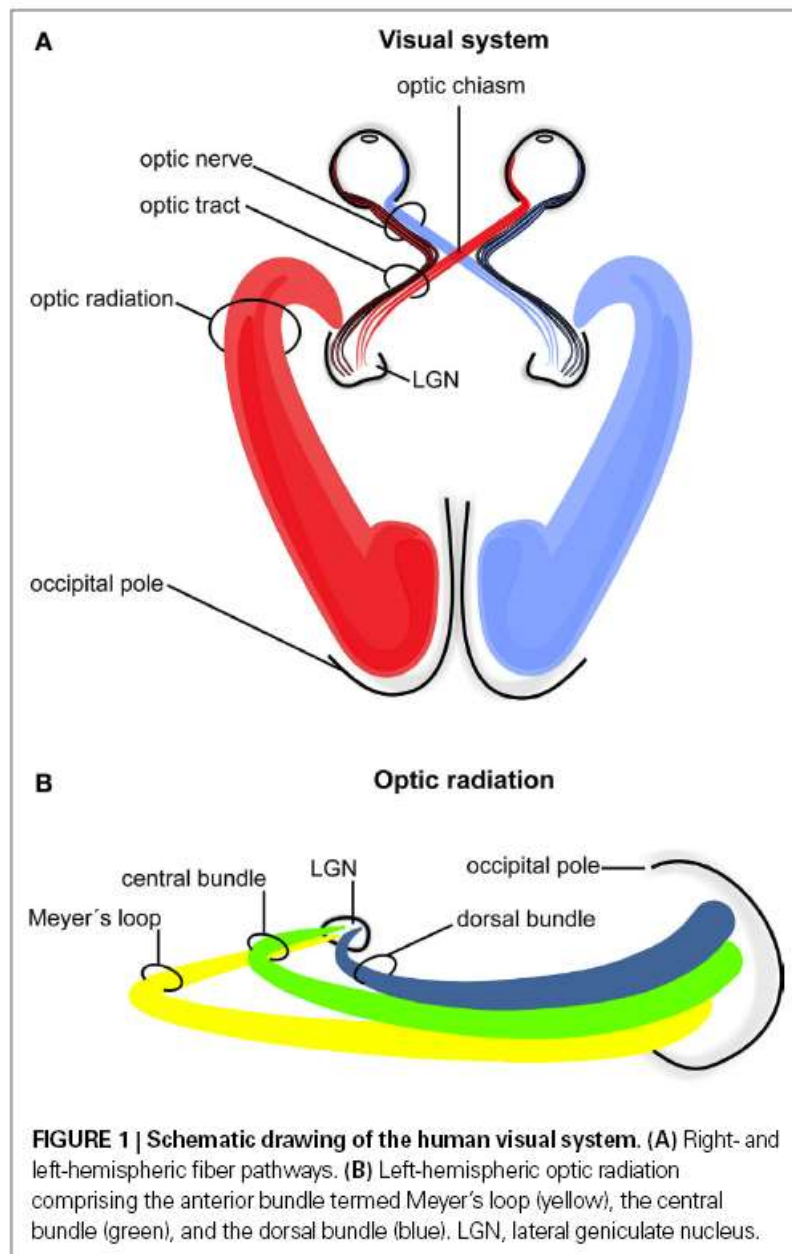
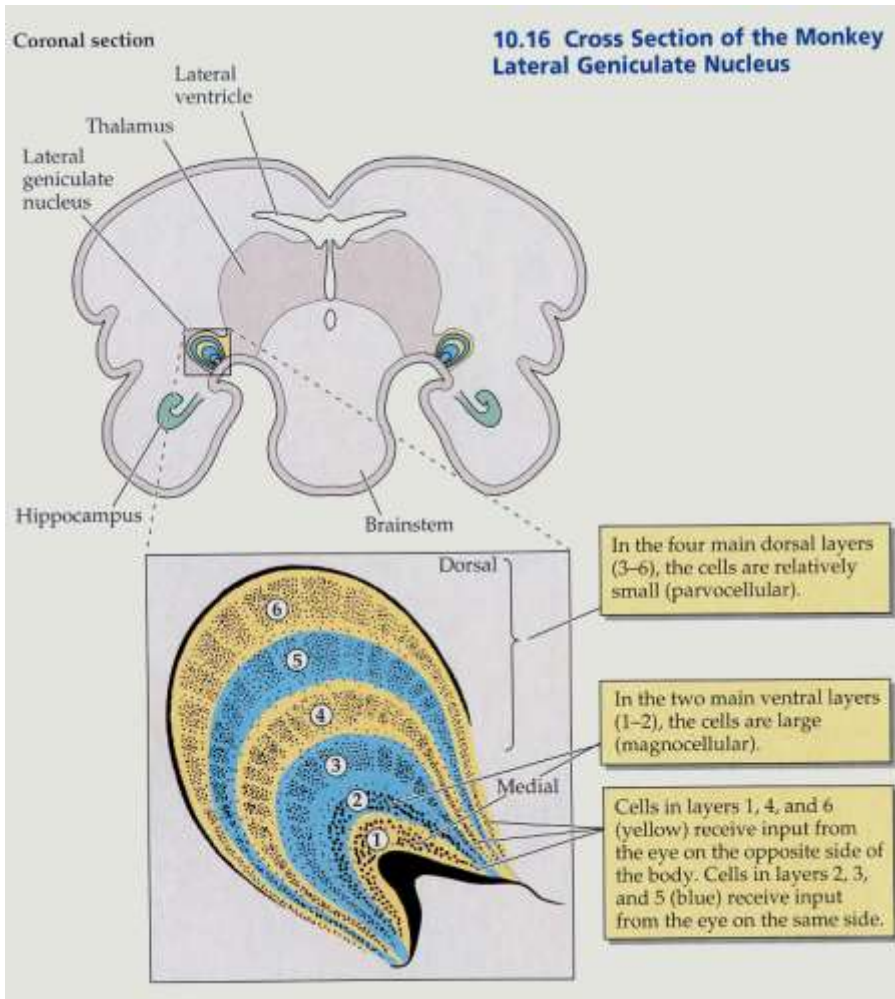
n.okohybný  
n.kladkový

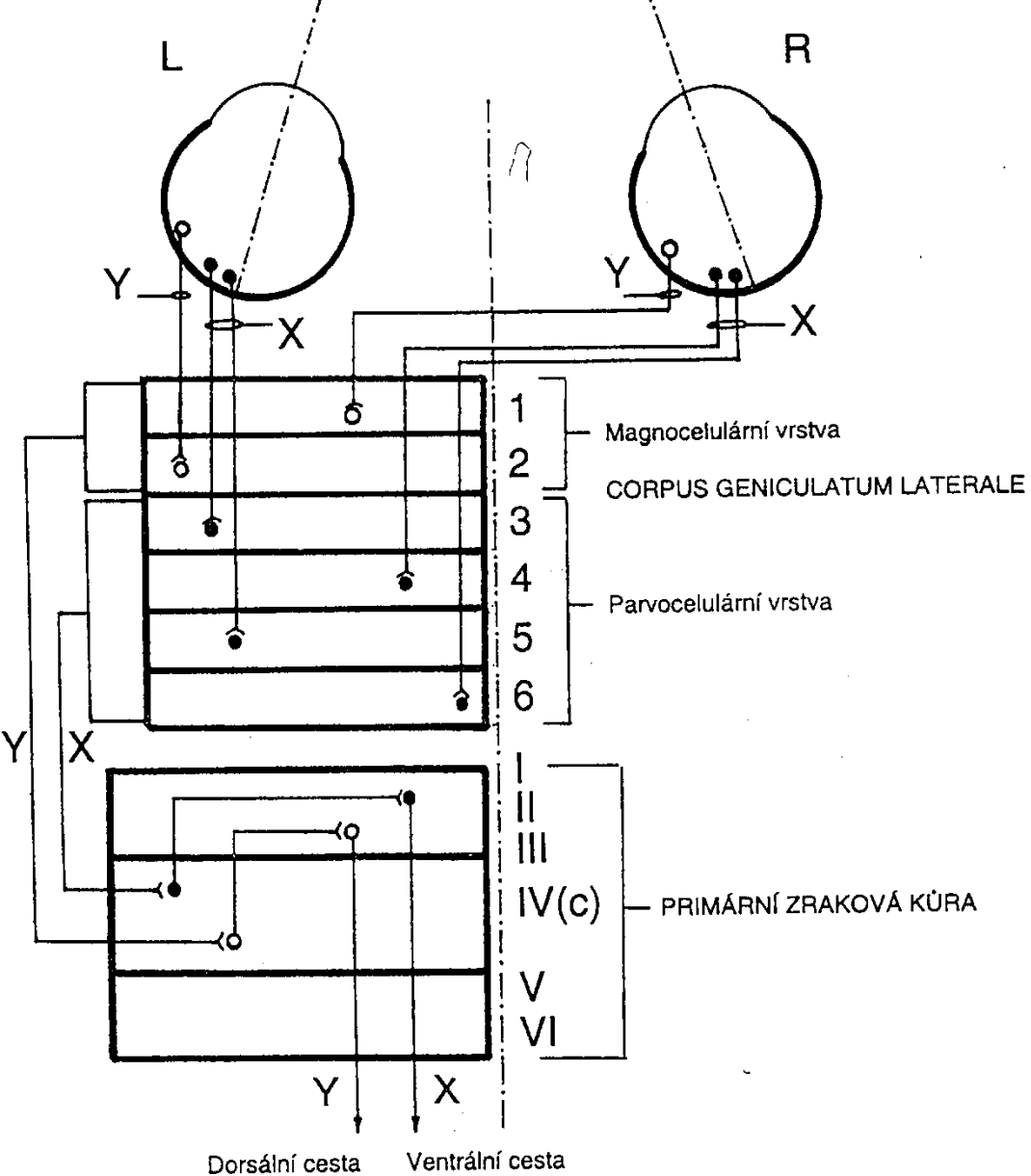


# Zraková dráha

LGN – laterální genikulární jádro

6 vrstev, po sítnici další zpracování  
zrakové radiace





LGN = Corpus gen. lat.

Kromě oddělení ipsi- a kontralaterálního vstupu, také dvě samostatné sub-dráhy od sítnice až po kůru.

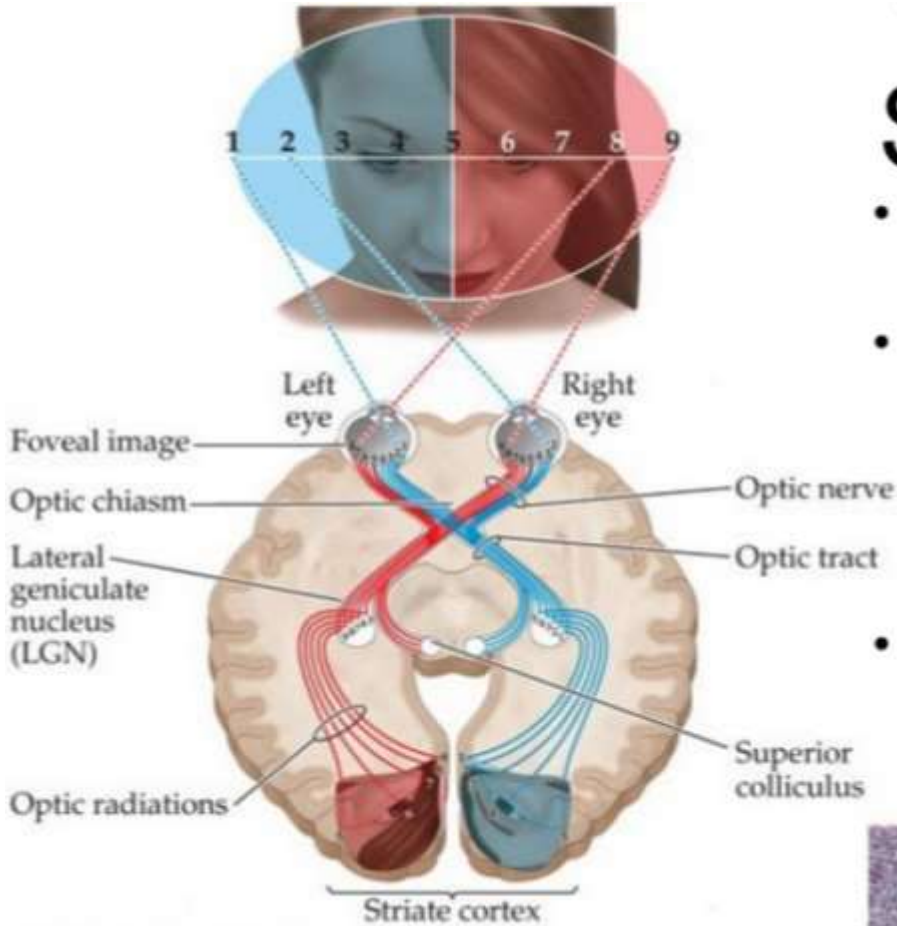
Parvocelulární – jemné rozlišování tvaru a barev  
Magnocelulární – pohyb a orientace

Identifikace x lokalizace  
X - 80% gangliových bb  
Y – 10% g.b.

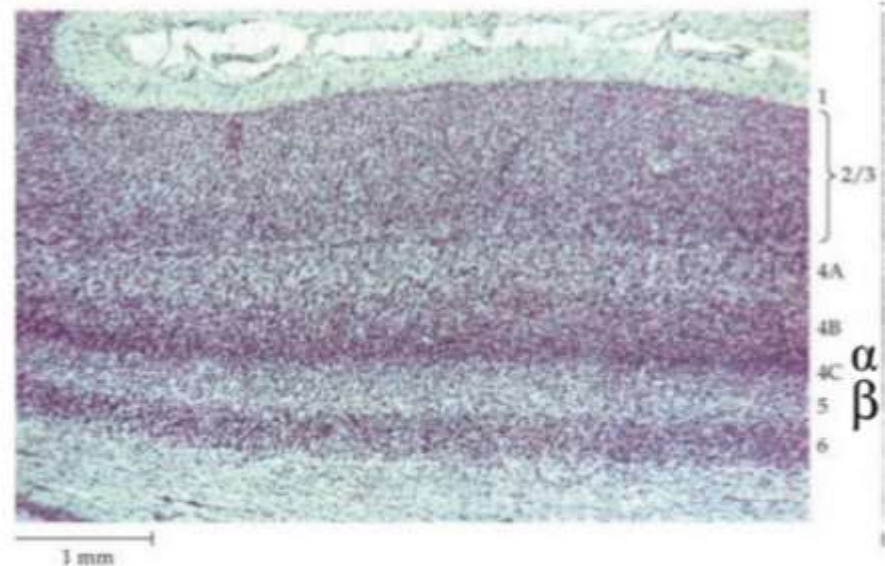
W - 10% g.b. – pohyby očí  
Některé se kříží, jiné ne.

# Striate Cortex

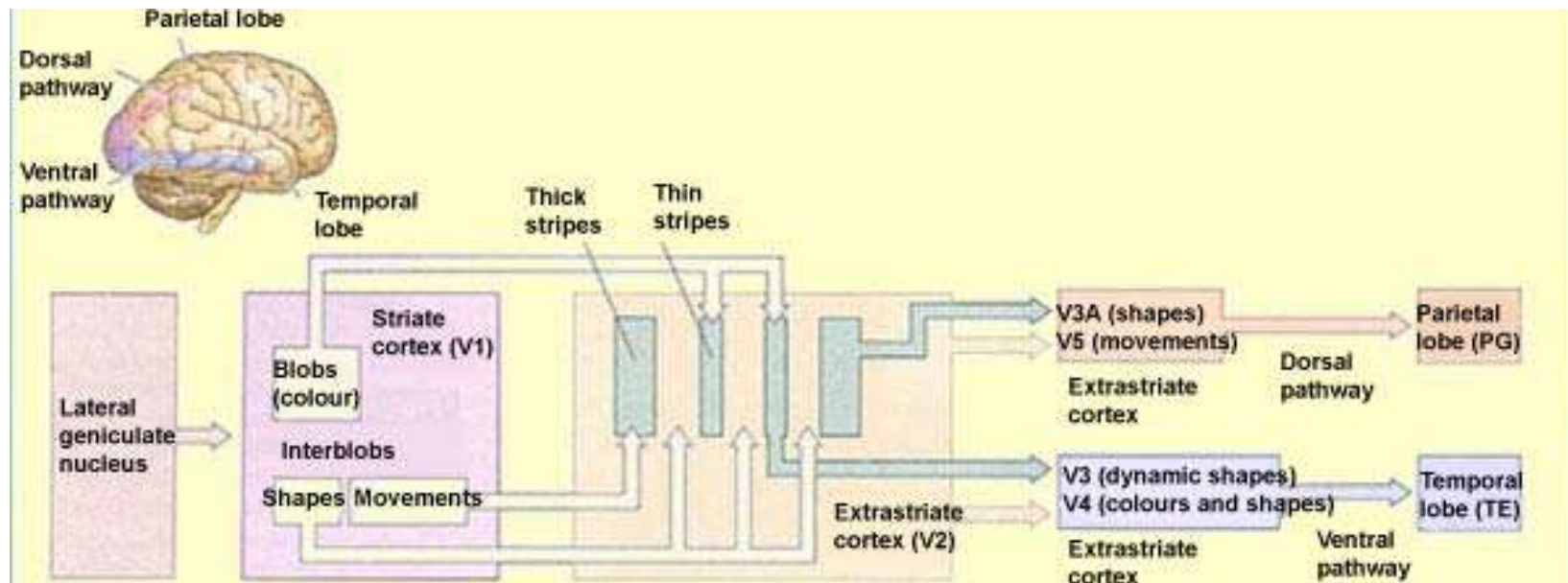
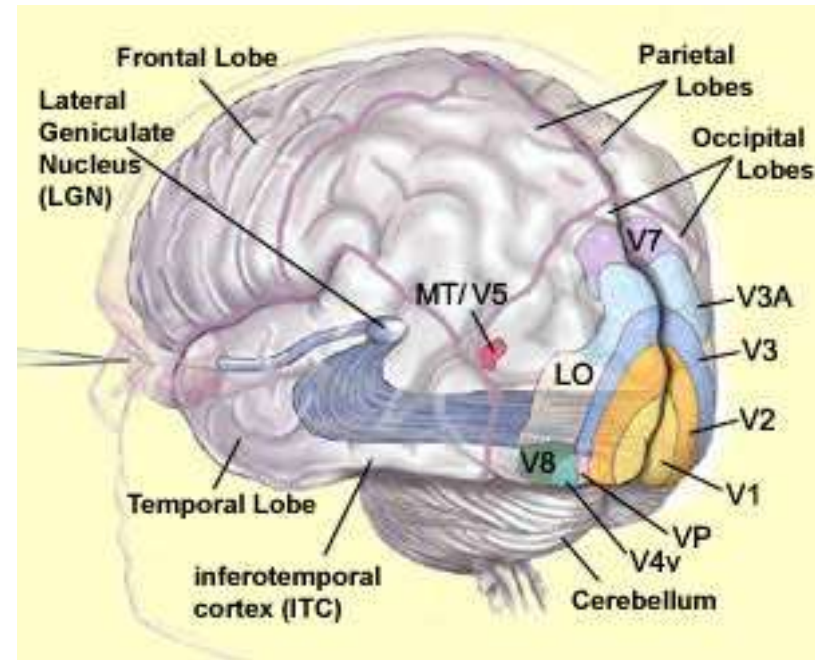
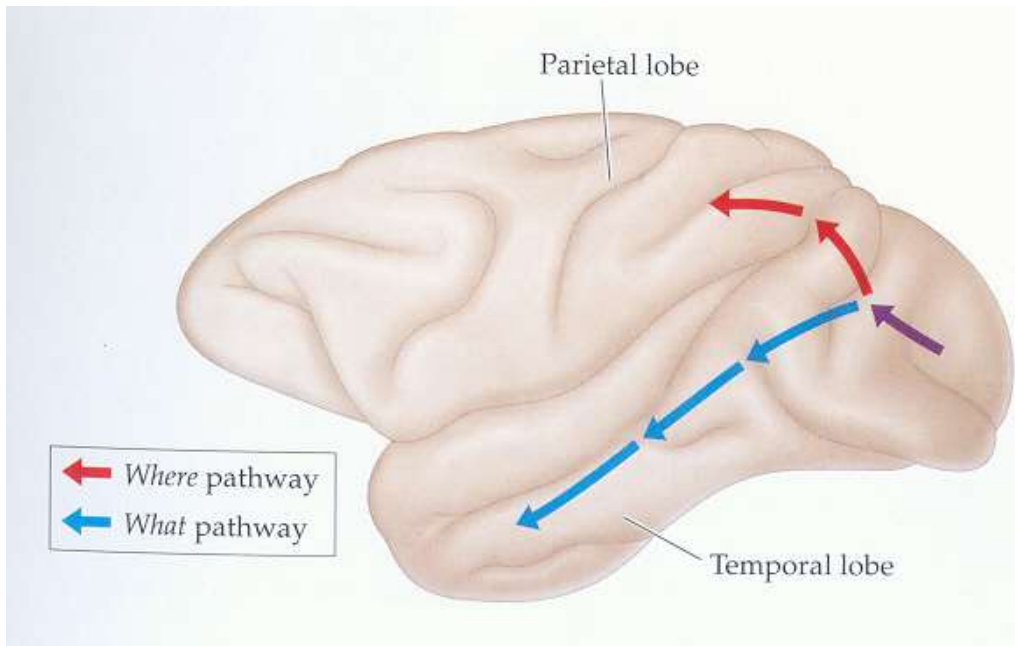
- The very rear of the occipital lobe is where the LGN projects.
- The area has several different names: primary visual cortex, V1, area 17, or striate cortex (because of the striped pattern it takes on after staining).
- It consists of 6 major layers, some having sublayers.



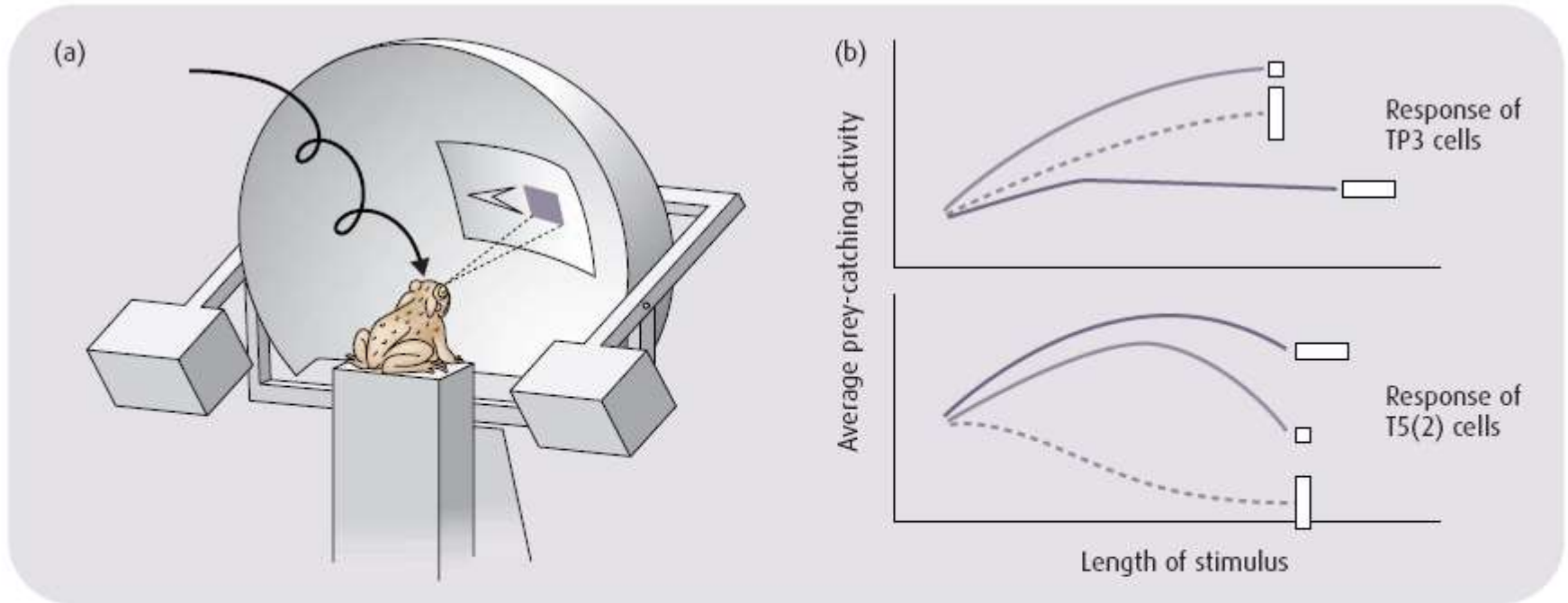
Fibers from the LGN project mainly into layer 4, with magnocellular neurons (2 ventral LGN layers) coming into layer 4C $\alpha$  and parvocellular neurons (4 dorsal layers) coming into layer 4C $\beta$ .



Z primární zrakové kůry dvě cesty: *Kde* dráha (X) a *Co* dráha (Y)



Koncept rysových analyzátorů – narůstající komplexnost obrazců od sítnice po sek. kůru. Od bodů po tváře v X dráze.  
Podobně i rysy pohybových vlastností v Y dráze.



**Fig. 2.9** (a) Measuring the response of TP3 and T5(2) cells. (b) Comparison of the behavioral response of a toad to varying moving stimuli with the activity of the animal's TP3 and T5(2) cells. Refer back to Fig. 2.6 to compare these patterns to the behavior of the toad. (From Ewart J-P. & von Wietershein, A. (1974) Pattern analysis by tectal and thalamus/pretectal nerve nets in the visual system of the toad *Bufo bufo* (L.). *Journal of Comparative Physiology*, 92, 131–48. Reproduced with permission of Springer-Verlag.)

# Recording From Units in V1

- The first recordings in Area 17 were made by Jung in Germany in the mid 1950's from cats.
  - At the time, little was known about the responses of the earlier cells in the pathway, and the study was a dismal failure.
  - Jung presented flashes of light and concluded that 90-95% of the cells in the visual cortex simply did not respond to light.
  - This was most likely due to the size of his flashes, which produced a balance of inhibition and excitation from the center-surround fields.

# Recording From Units in V1

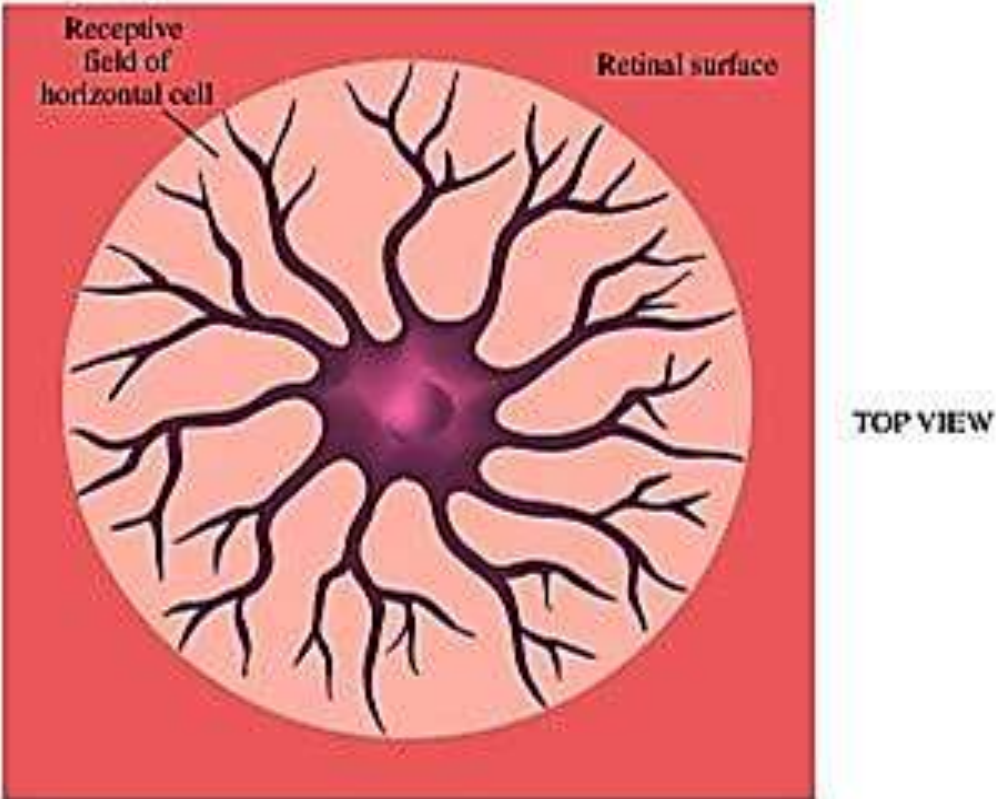
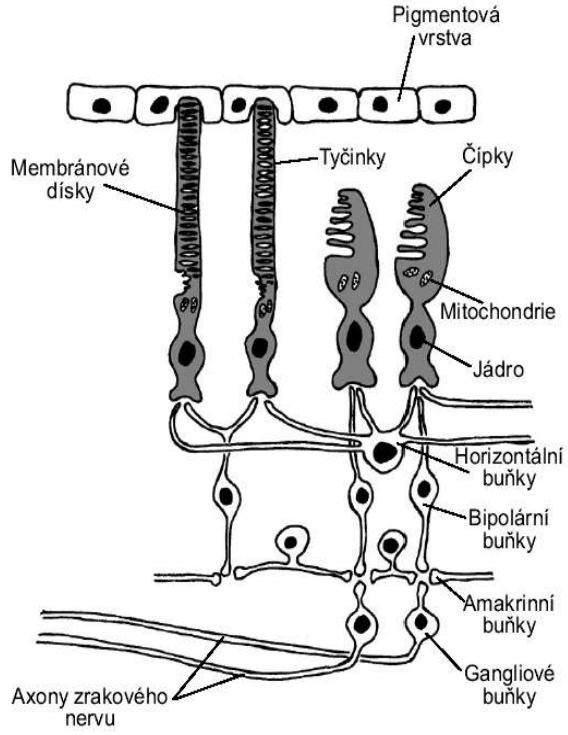
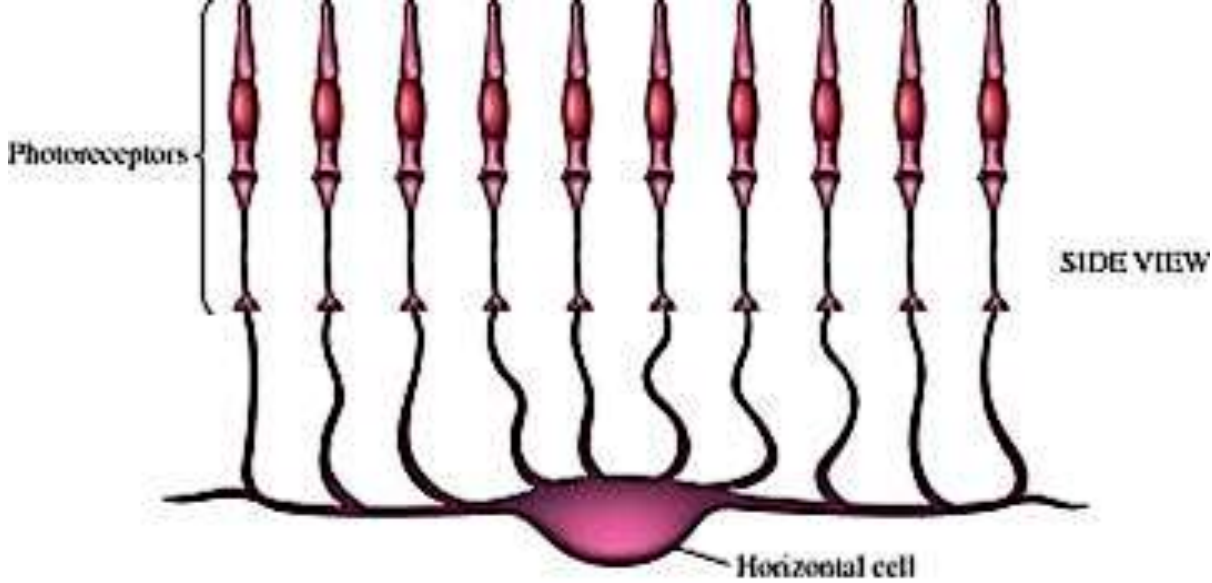
- All that changed in the late 1950's with the pioneering work of David Hubel and Torsten Wiesel.



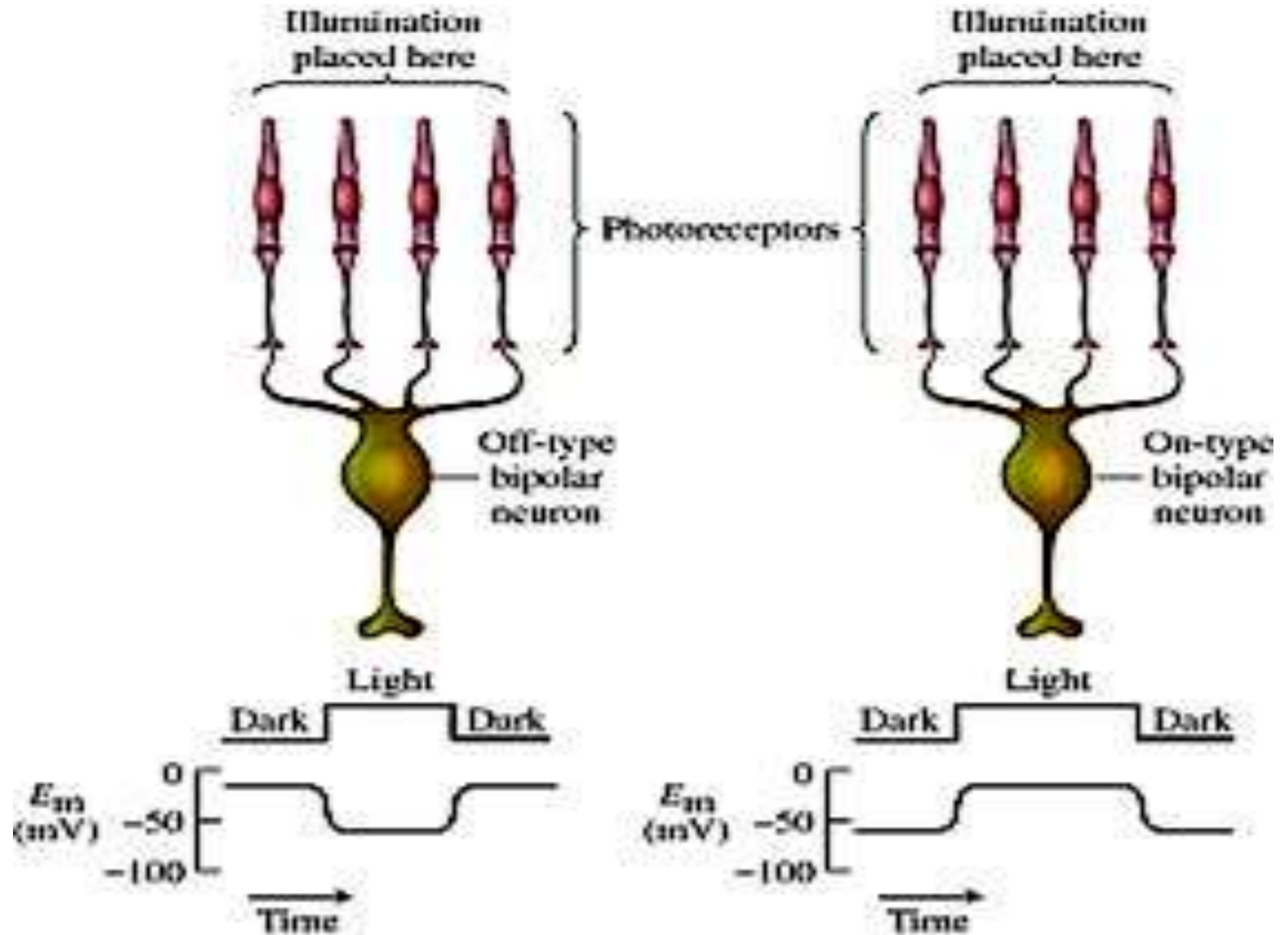
# Recording From Units in V1

- David Hubel and Torsten Wiesel knew what types of information were passed along from lower levels of the system, since Torsten Wiesel had worked in Stephen Kuffler's lab at Johns Hopkins in 1955.
  - Kuffler had carried out measurements of receptive fields of cat ganglion cells, and this knowledge of center-surround antagonism meant that Hubel and Wiesel stood a much better chance of asking intelligent questions of the cortex.
  - Because they knew of surround inhibition, they used patterned stimuli that could maximize the probability of evoking responses.
  - Their major contribution was that they found cells whose receptive fields were elongated, orientationally specific, and more spatially selective than LGN cells.
  - Even with this knowledge, they still had difficulty getting cells to respond to light.
- As they gained a better understanding of what sorts of information were being processed, a greater percentage of cells could be driven.
  - In 1959 they claimed that 50% could be driven, but by 1962 the percentage was around 90 (once they found the length specificity).
- They were awarded the Nobel Prize in Physiology or Medicine in 1981.

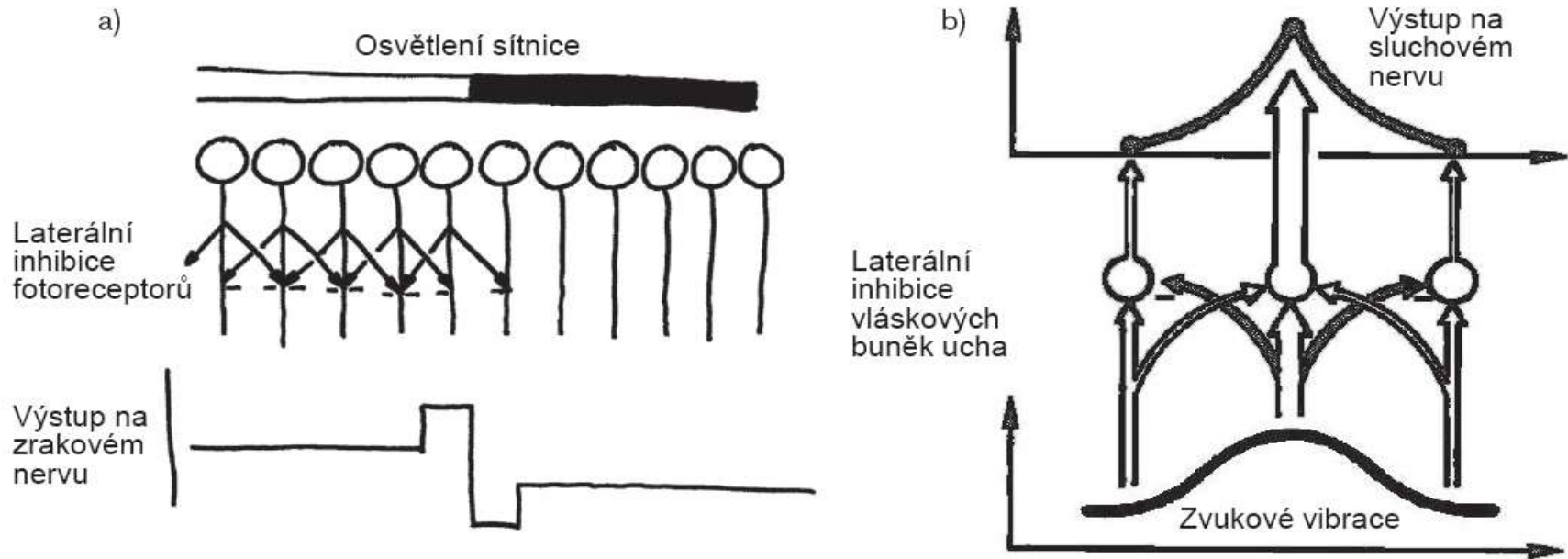
# Receptivní pole ve zrakovém systému – primární rysový analyzátor



# ON a OFF typy bipolárních neuronů.

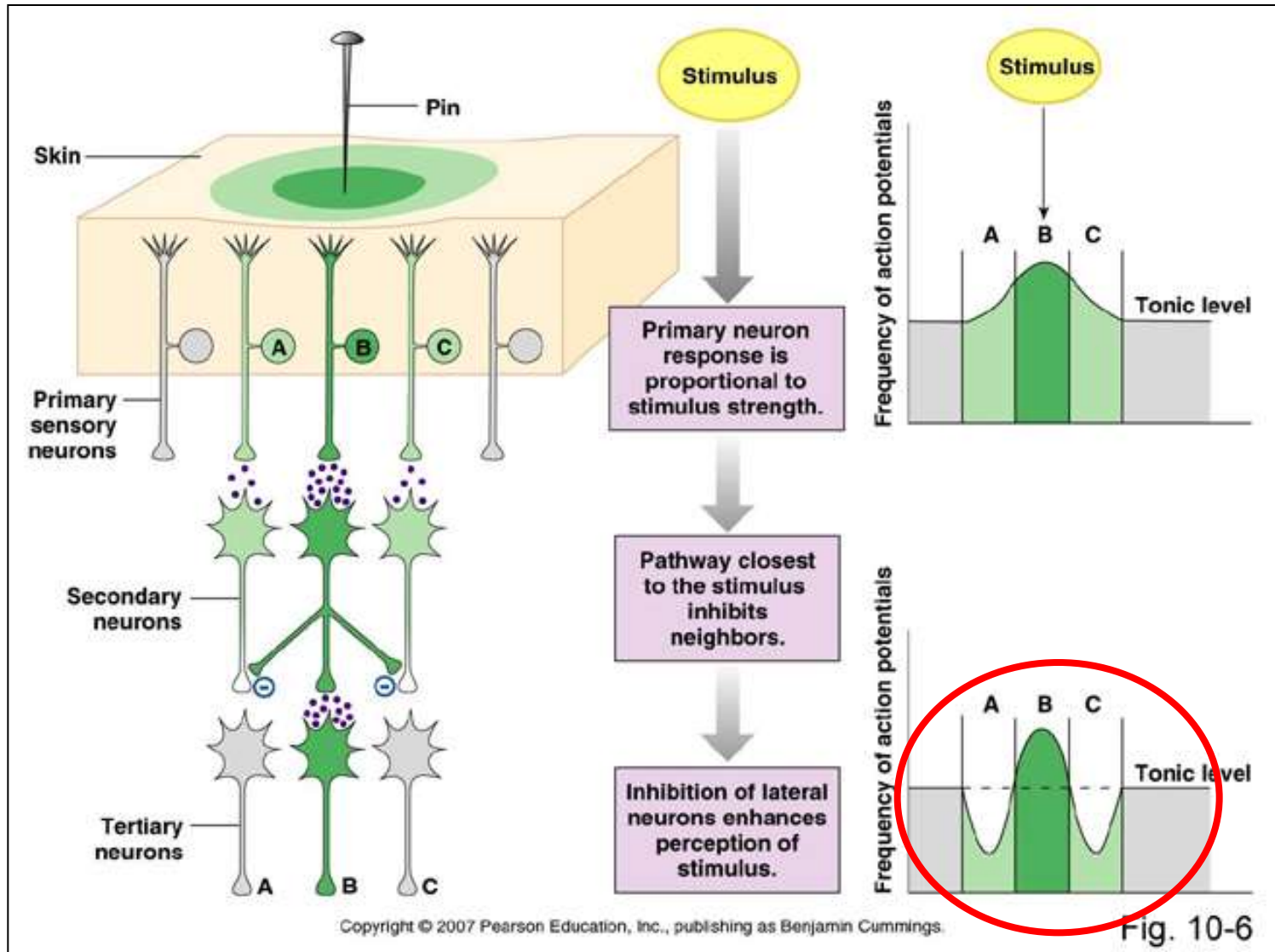


# Laterální inhibice

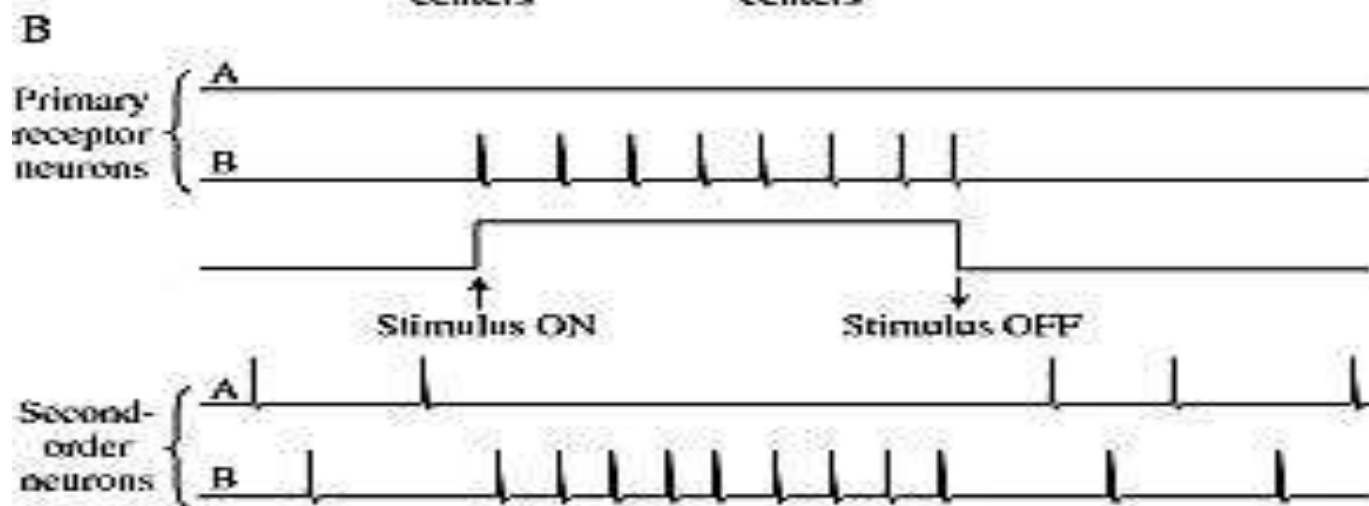
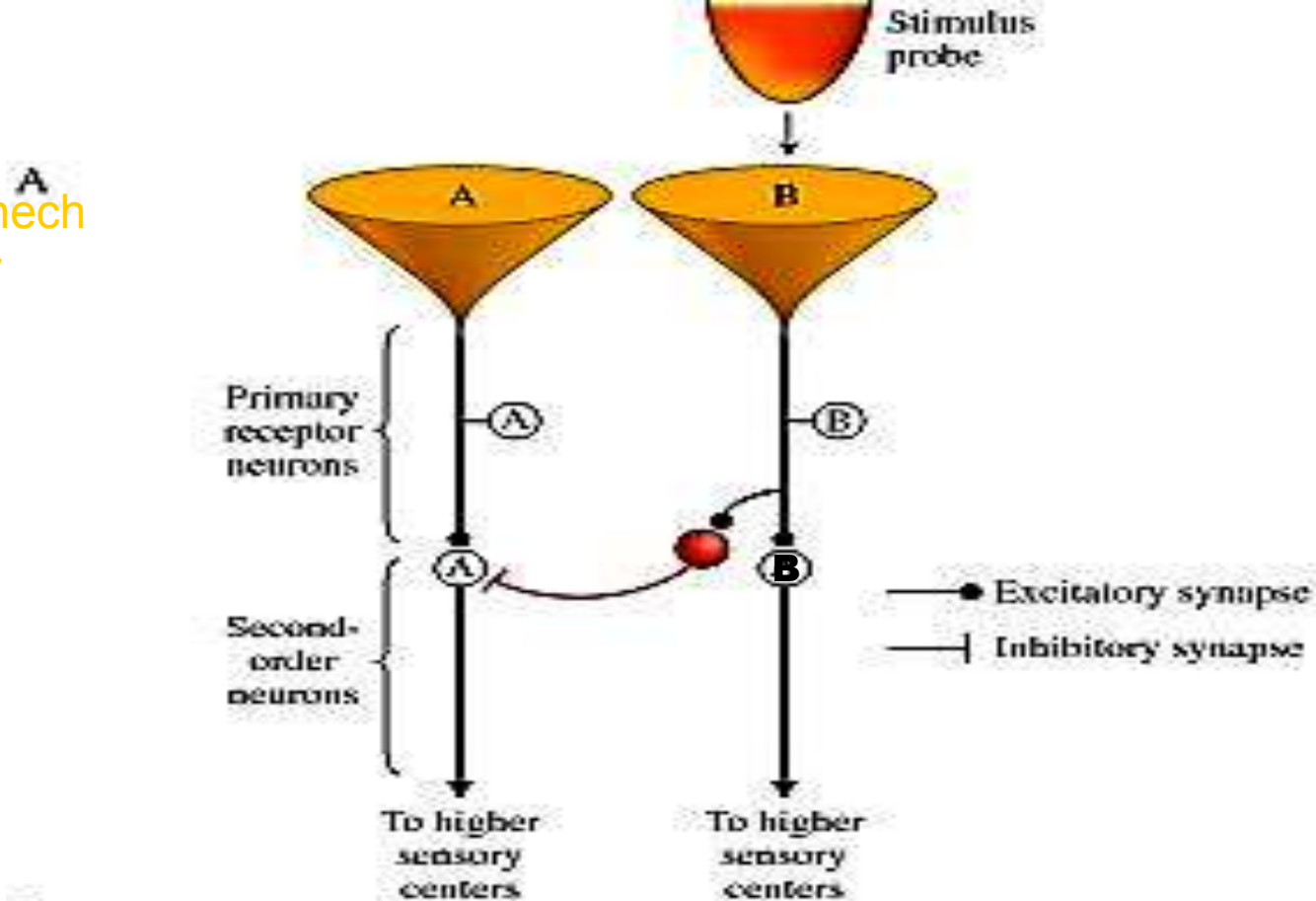


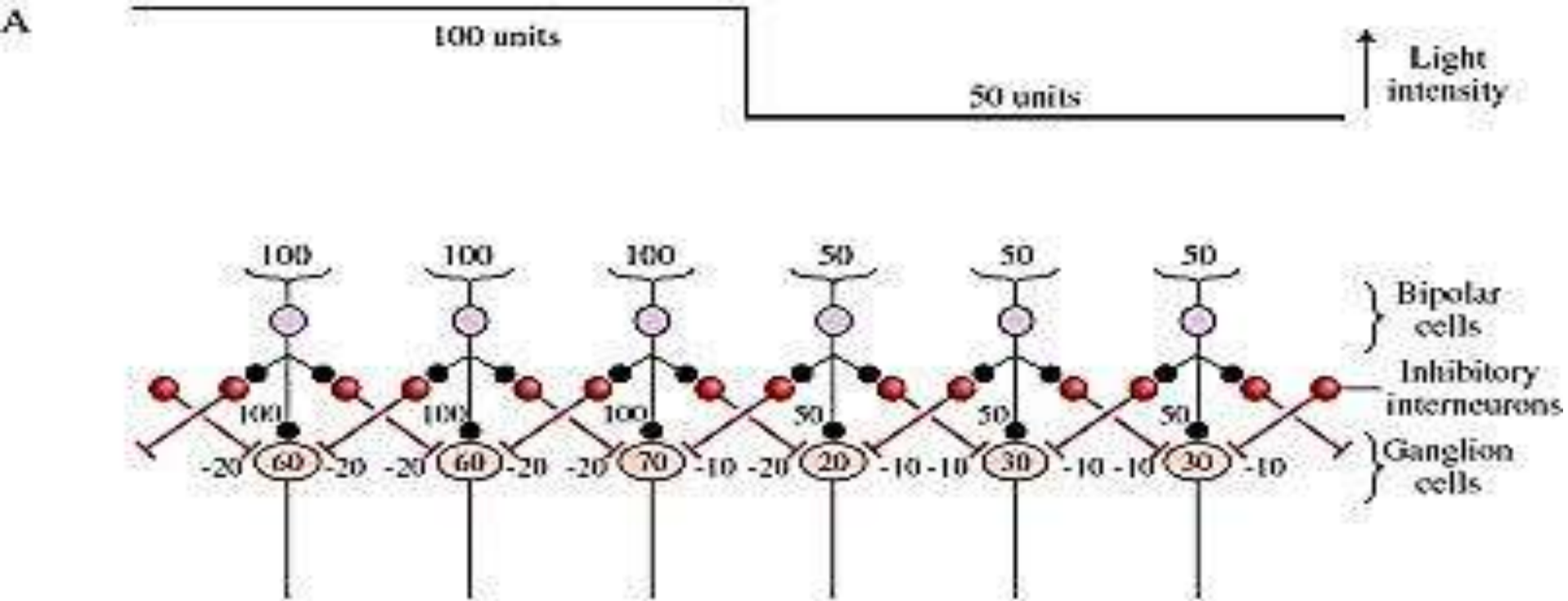
Obr. 4.17. Význam laterální inhibice při zpracování smyslových vstupů. a) Kontrastní přechod mezi osvětlenou a neosvětlenou sítnicí je ještě více zvýrazněn. b) Místo sluchového aparátu (hlemýžďe), kde jsou zvukové vibrace maximální, je zvýrazněno proti méně vibrujícímu okolí – kontrast je ještě ostřejší.

# Laterální inhibice

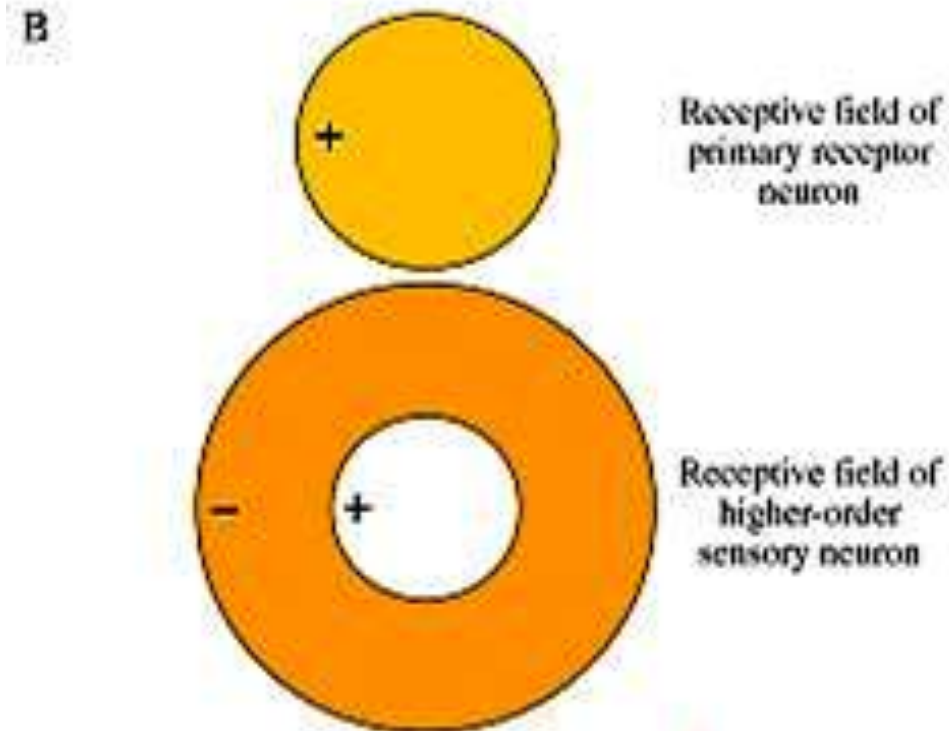
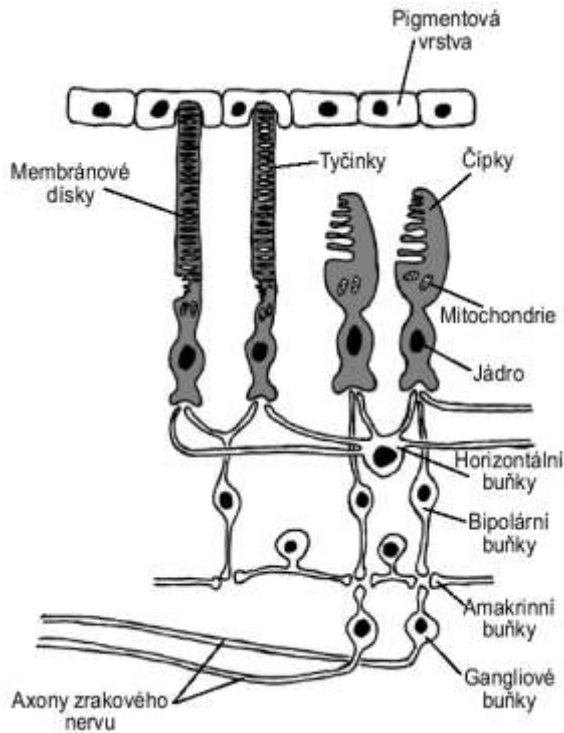
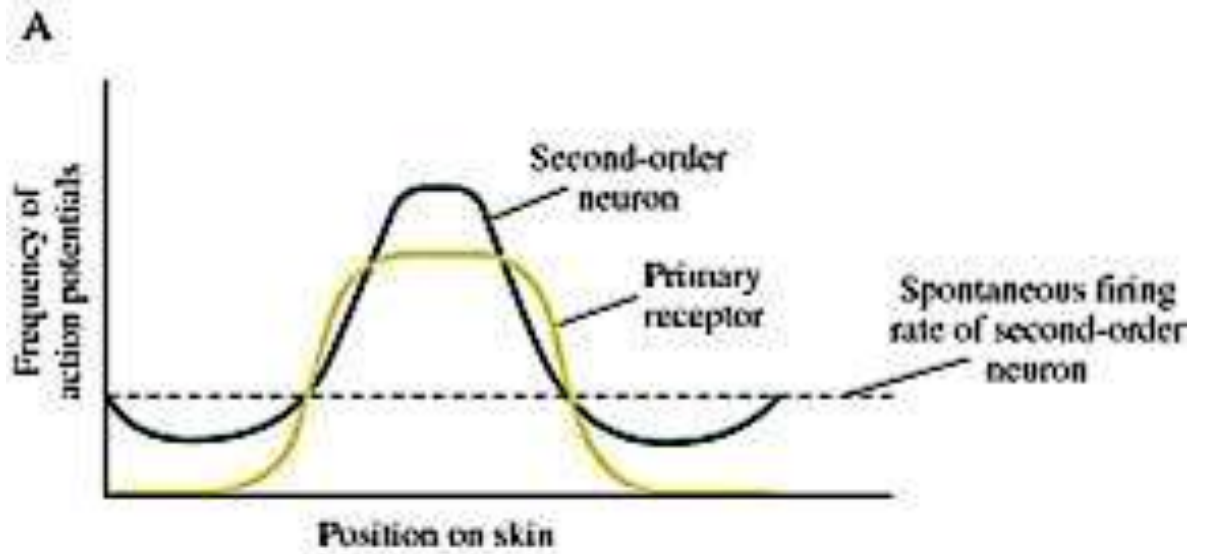


Laterální inhibice:  
Na sekundárních neuronech  
je zesílen kontrast. Silný  
posílí, slabý oslabí





Laterální inhibice:  
 Na sekundárních neuronech  
 je zesílen kontrast.  
 Změna velikosti a struktury  
 receptivního pole. Bipolární  
 (gangliové) buňky jsou první  
 rysové analyzátoři

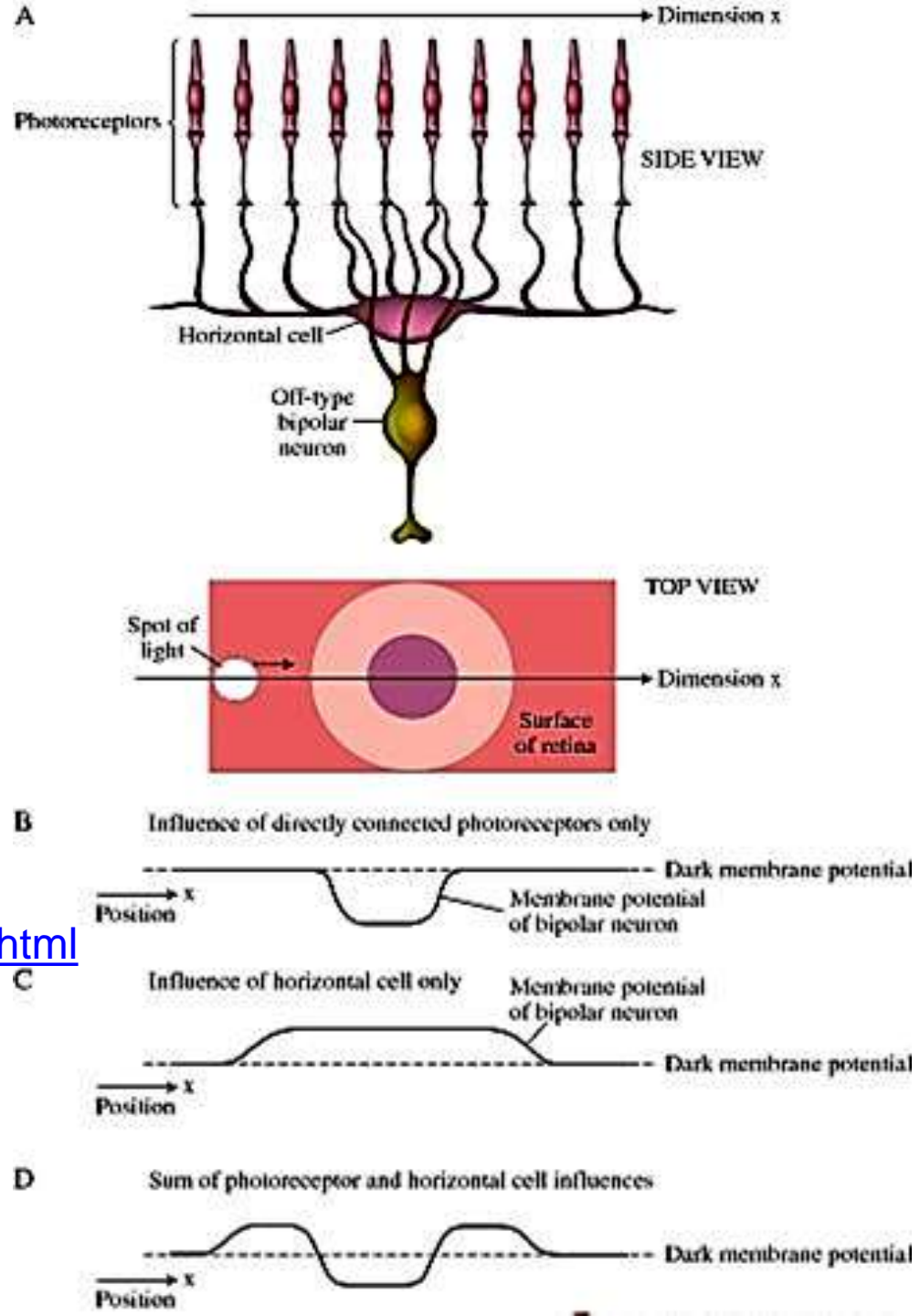


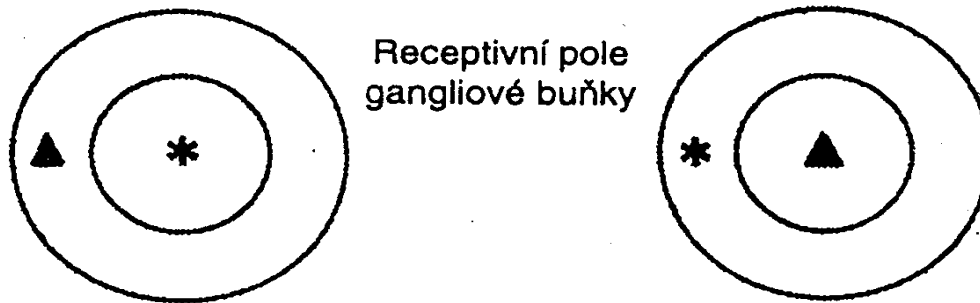


Laterální inhibice:  
 Na sekundárních neuronech  
 je zesílen kontrast.  
 Změna velikosti a struktury  
 receptivního pole.  
 Bipolární (resp. gangliové) buňky jsou  
 první rysově analyzátoři.  
 Gangliové bb reagují na koncentricky  
 osvětlenou plošku, a to buď s ON nebo  
 OFF středem a kontrastní periferií.

## Video receptivní pole

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa02.06.html>

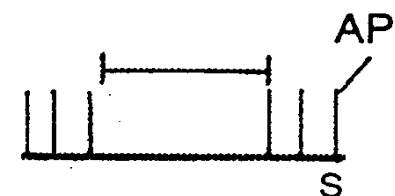
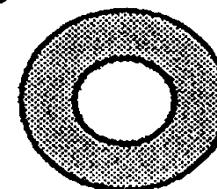
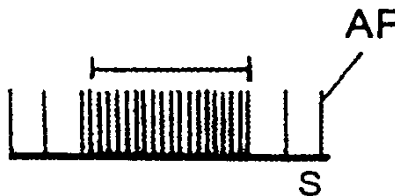
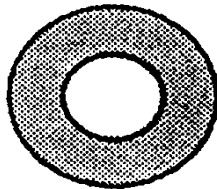




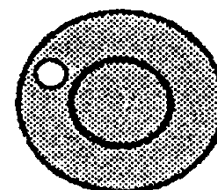
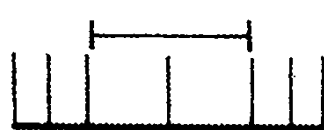
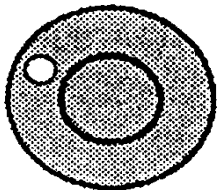
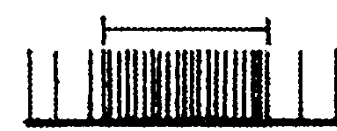
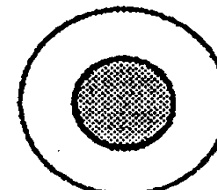
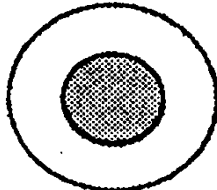
ON-centrum

OFF-centrum

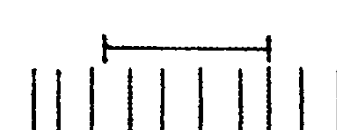
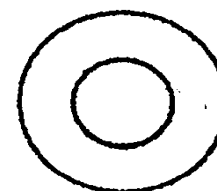
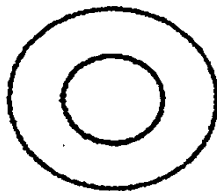
osvětlení  
centra  
světelnou  
skvrnou



osvětlení  
periferie  
světelným  
prstencem  
nebo  
skvrnou

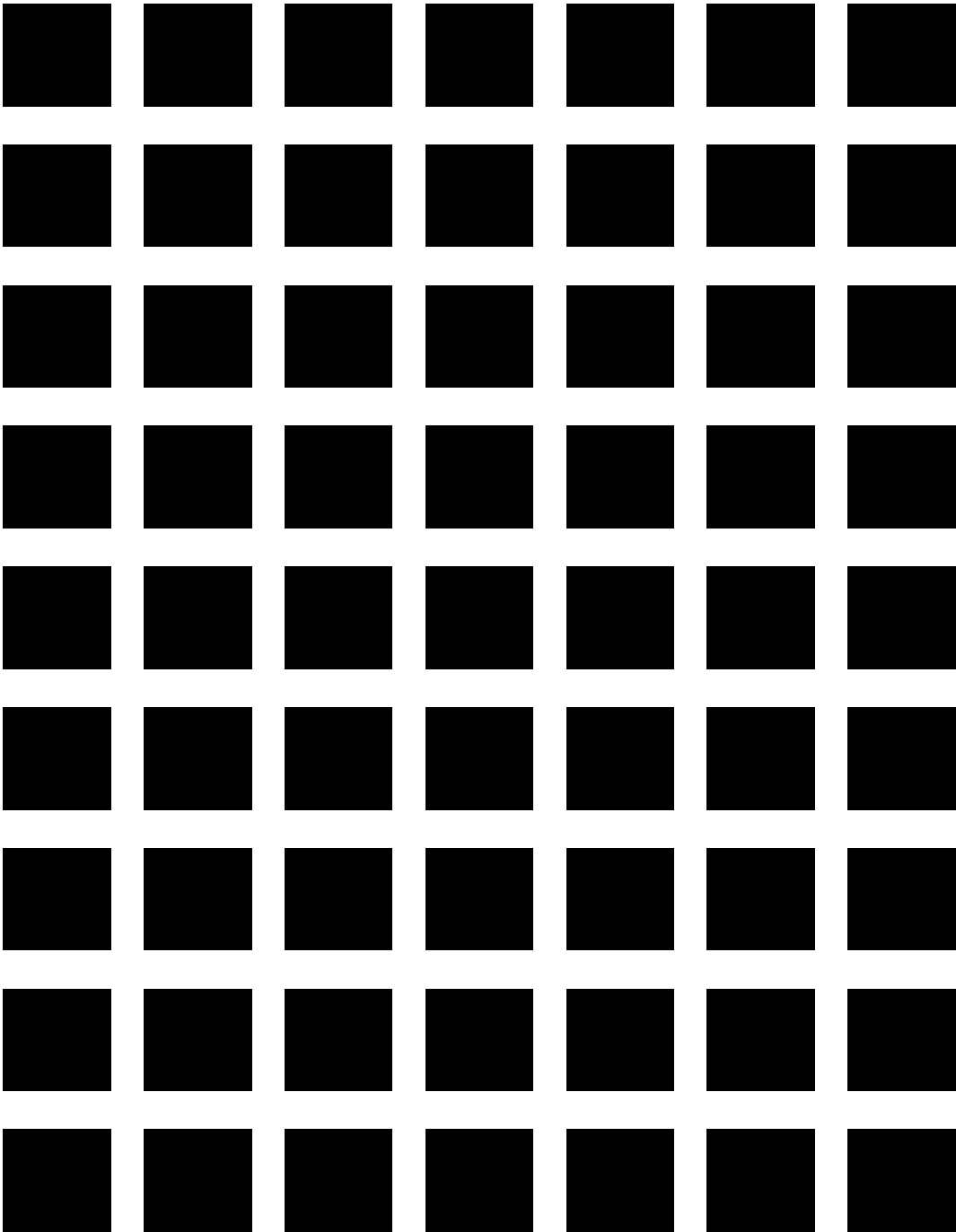


difusní  
osvětlení



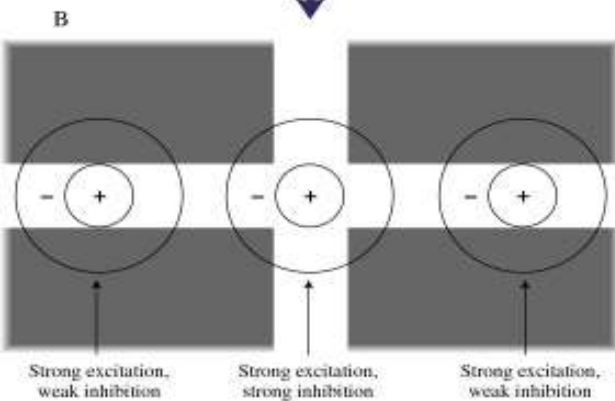
Záznam elektrické aktivity gangliových buněk sítnice s ON a OFF centrem při osvětlení jednotlivých částí jejich receptivního pole. Úsečka nad záznamem elektrické aktivity značí trvání osvětlení v sekundách. AP – potenciál. \* – excitační zóna ▲ – inhibiční zóna

Proč ty šedé flíčky?

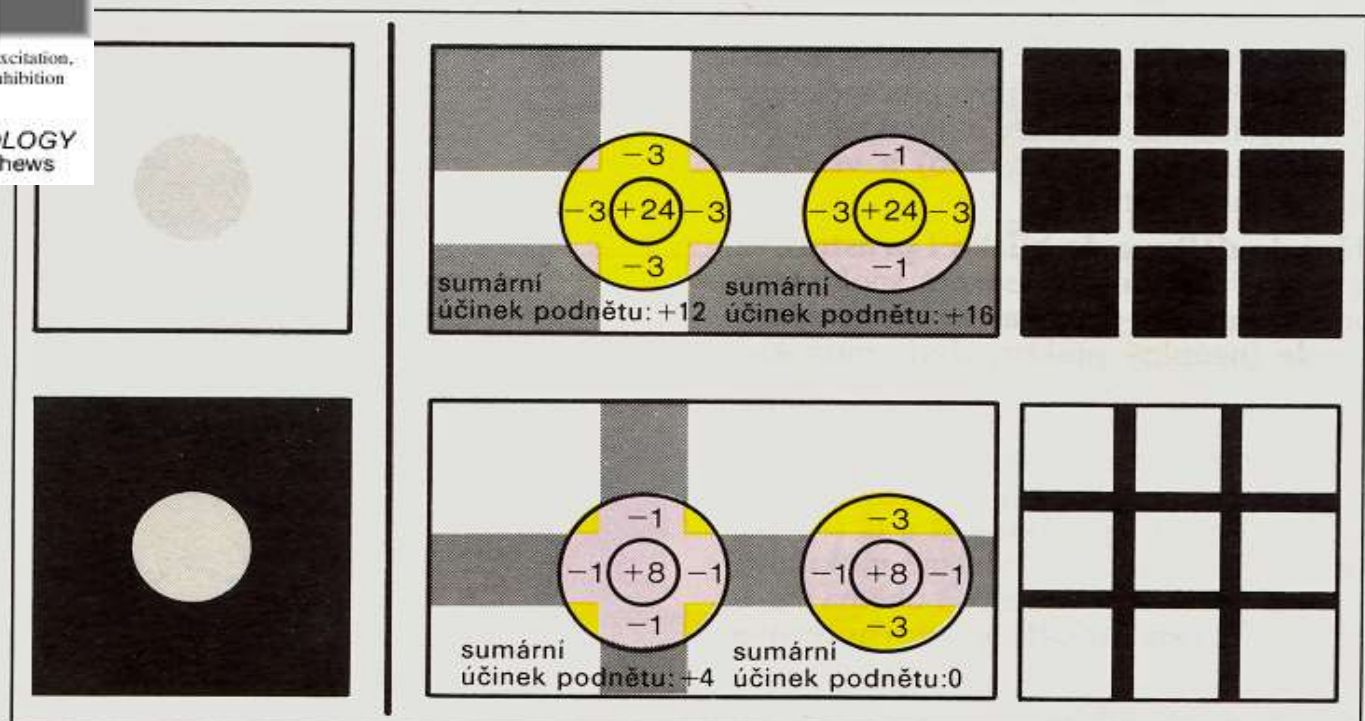




Proč ty šedé flíčky?  
Vysvětlení přes recepční pole gangliových buněk.

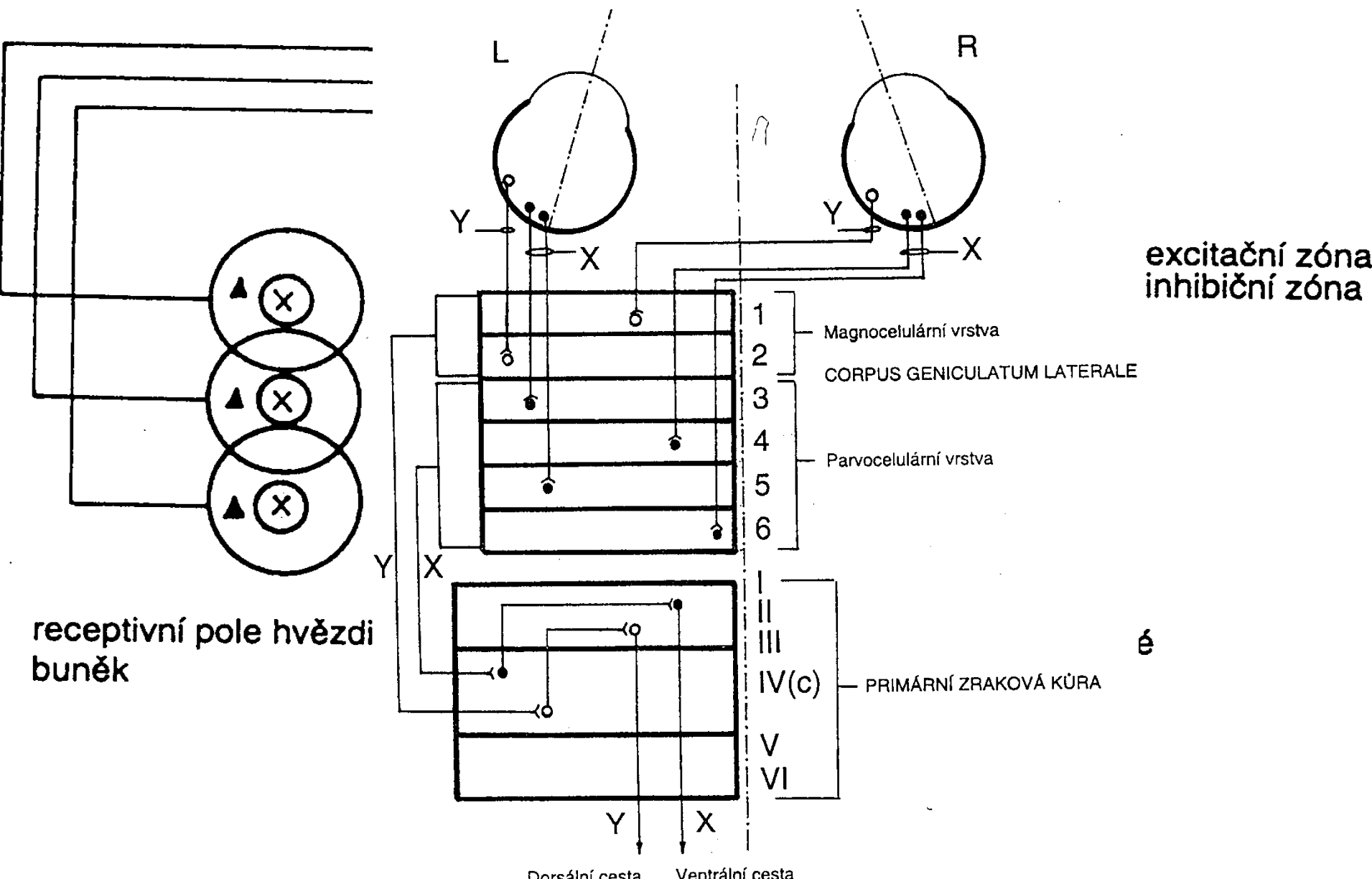


*b* NEUROBIOLOGY  
Gary G. Matthews



C. Kontrast pomocí recepčního pole (on-centrum)

Skládání recepčních polí. Hvězdicové neurony v CGL aktivují jednoduché buňky IV. korové vrstvy primární zrakové oblasti směrově specifickým způsobem.



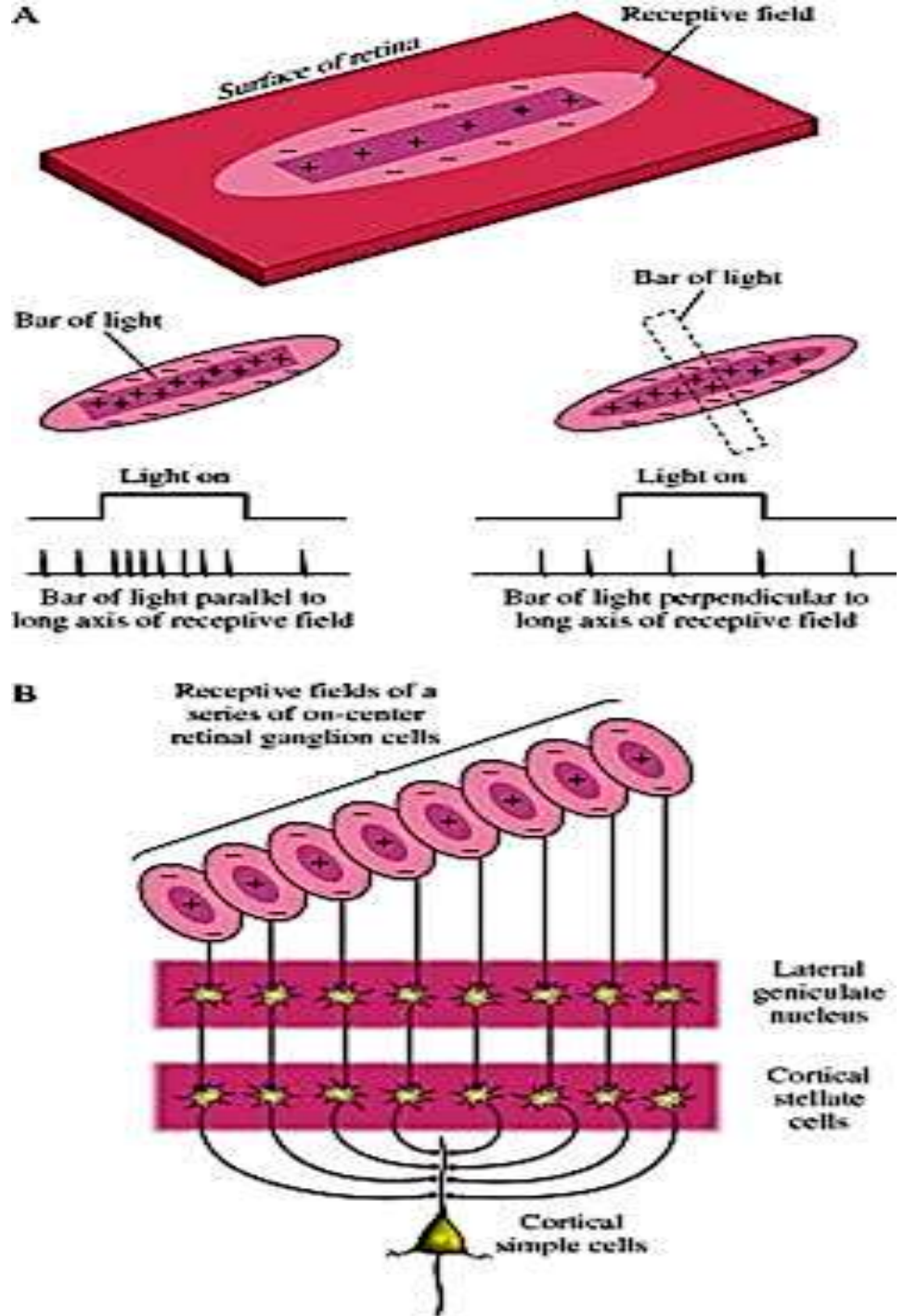
receptivní pole hvězdičkových buněk

excitační zóna  
inhibiční zóna

- 1 — Magnocelulární vrstva
- 2 — CORPUS GENICULATUM LATERALE
- 3 — CORPUS GENICULATUM LATERALE
- 4 — Parvocelulární vrstva
- 5 — Parvocelulární vrstva
- 6 — Parvocelulární vrstva
- I — PRIMÁRNÍ ZRAKOVÁ KŮRA
- II — PRIMÁRNÍ ZRAKOVÁ KŮRA
- III — PRIMÁRNÍ ZRAKOVÁ KŮRA
- IV(c) — PRIMÁRNÍ ZRAKOVÁ KŮRA
- V — PRIMÁRNÍ ZRAKOVÁ KŮRA
- VI — PRIMÁRNÍ ZRAKOVÁ KŮRA

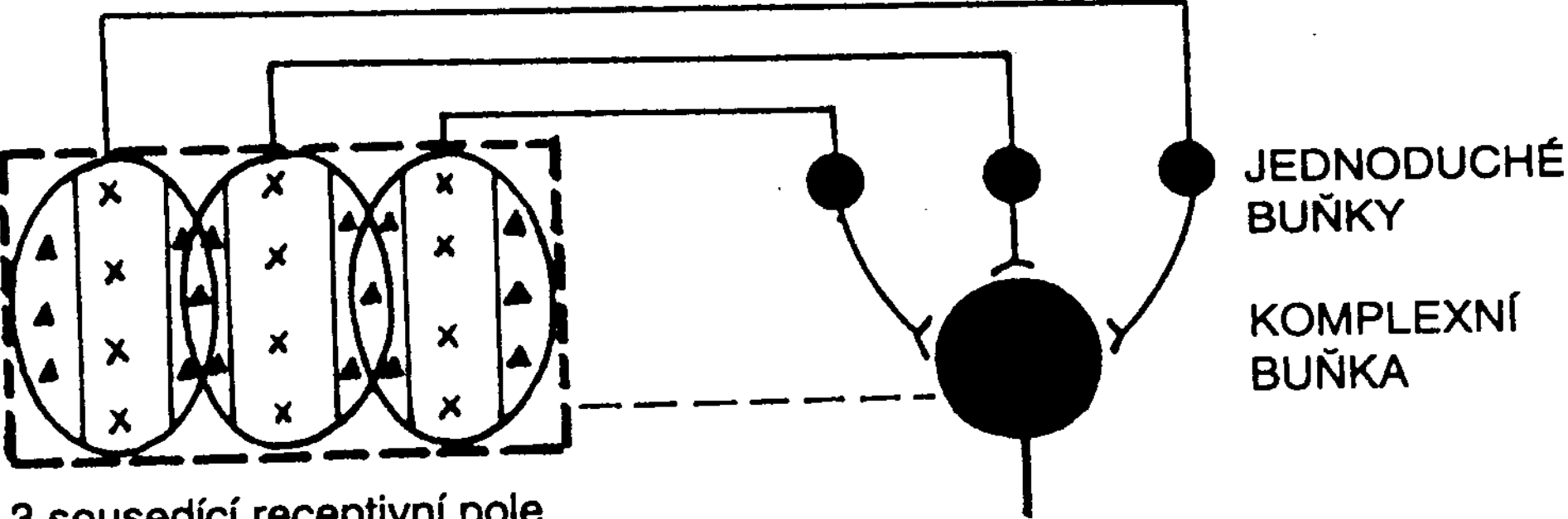
Dorsální cesta      Ventrální cesta

Jednoduchá buňka „měří“  
sklon svého kontrastního pruhu



Jednoduché bb konvergují na komplexní b.  
Komplexní buňka nemá jasně vyhraněnou excitační a inhibiční oblast - „měří“ pouze sklon kontrastního pruhu bez ohledu na pozici na sítnici.

<https://wolfe4e.sinauer.com/wa03.04.html>



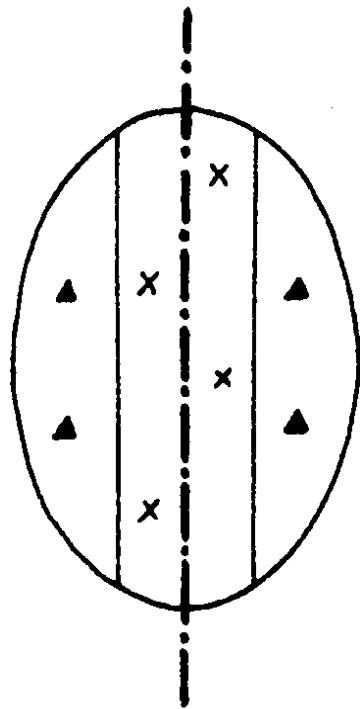
3 sousedící receptivní pole jednoduchých buněk. V rámečku zformované receptivní pole komplexní buňky.

⊗ – excitační zóna      ⊕ – inhibiční zóna

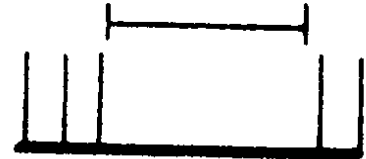
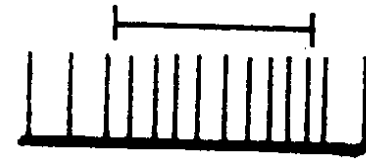
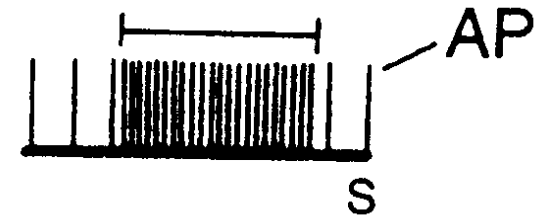
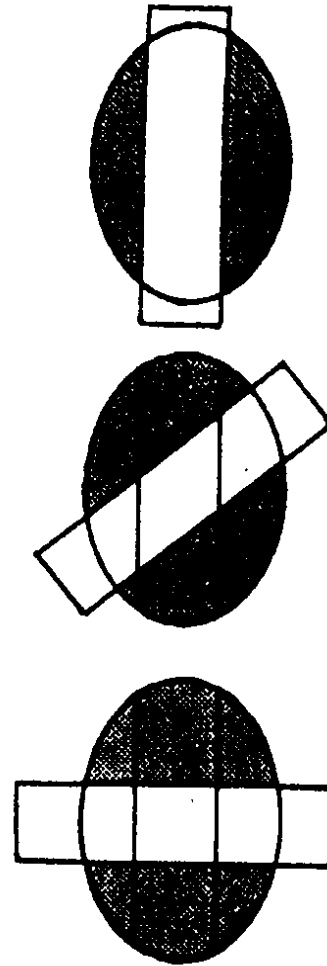
<https://www.youtube.com/watch?v=8VdFf3egwfg>

# Jednoduchá buňka „měří“ pozici a sklon svého kontrastního pruhu

Receptivní pole  
jednoduché buňky



světelný  
pruh



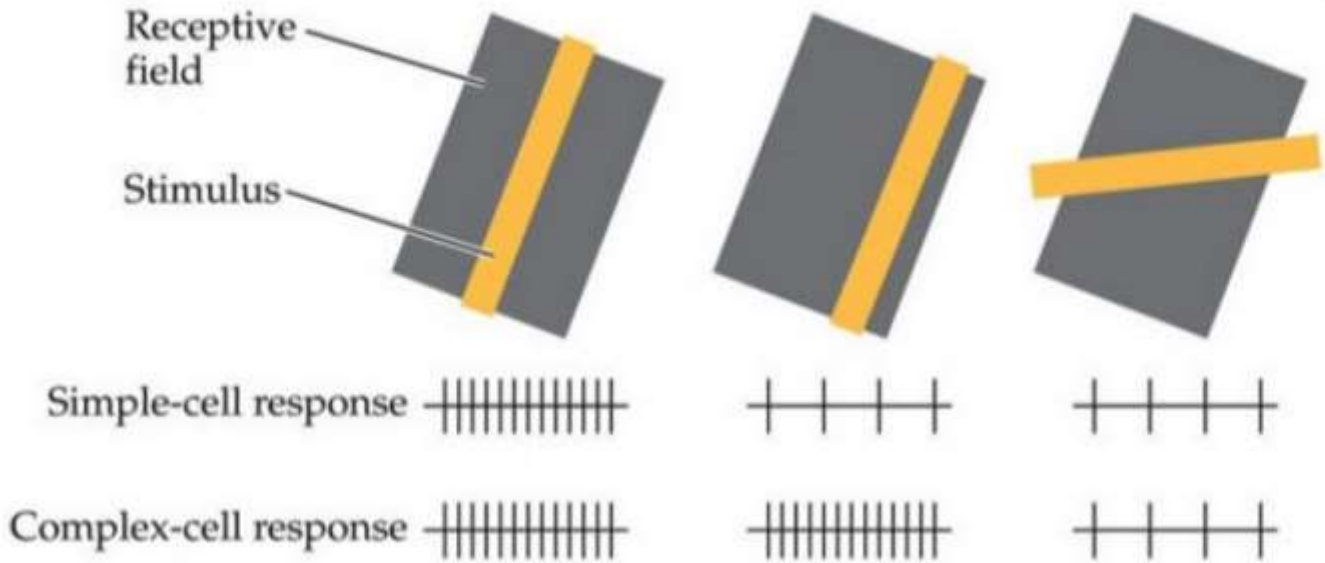
Vliv orientace vizuálního podnětu na elektrickou aktivitu jednoduché buňky. Úsečka nad záznamem elektrické aktivity značí trvání osvětlení v sekundách. AP – akční potenciál.

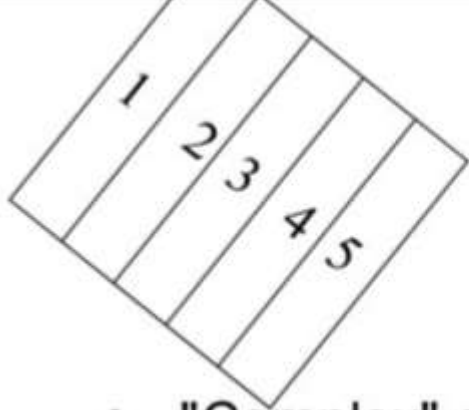
x – excitační zóna      ▲ – inhibiční zóna



Jednoduché bb konvergují na komplexní b.  
Komplexní buňka nemá jasně vyhraněnou excitační a inhibiční oblast - „měří“ pouze sklon kontrastního pruhu bez ohledu na pozici na sítnici.

# Simple cells



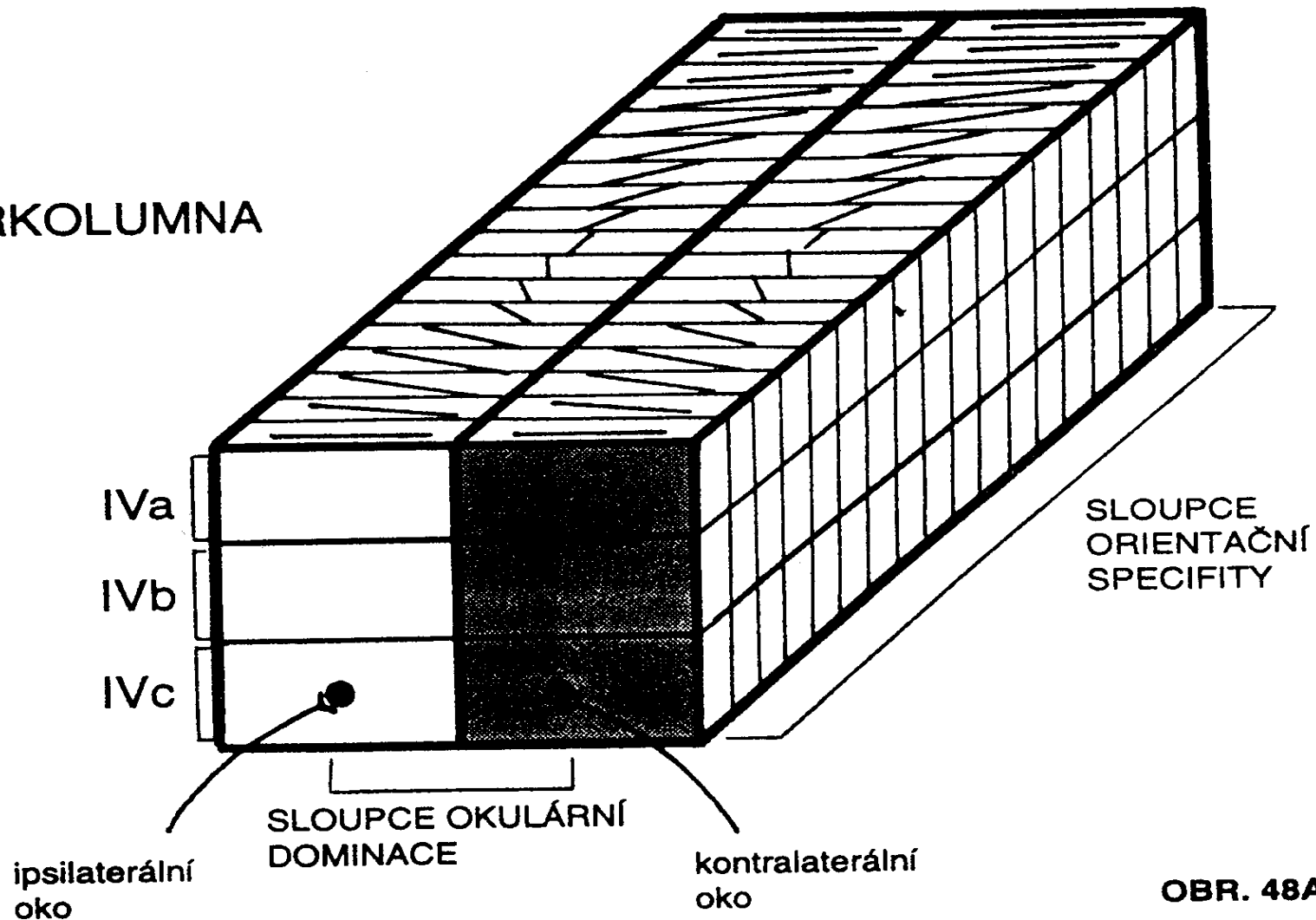


# Complex Cells

- "Complex" cells do not have discrete excitatory and inhibitory subregions.
  - If their receptive fields are mapped with small spots of light, one finds a mixture of small areas of excitation and inhibition, with only very small responses.
  - The optimal stimulus is a light or dark bar somewhere in the field that must not cover too large of a region.
  - Complex cells respond to the bar in any one of the subregions, but the response diminishes as the bar covers more than one region at a time; they all prefer moving bars.
  - About 25% are directionally selective, preferring a moving stimulus in one direction across the field ( $1 \rightarrow 5$  vs.  $5 \rightarrow 1$ ).
  - Like simple cells, complex cells are orientationally selective.
  - As it turns out, approximately 75% of cortical neurons are classified as complex.
    - As such, it is hardly surprising that researchers had difficulty getting them to respond to light, since most used stationary stimuli.

Komplexní orientačně selektivní buňky primární kůry tvoří mozaiku nebo „klávesnici“ podobnou tonotopické.

## HYPERKOLUMNA

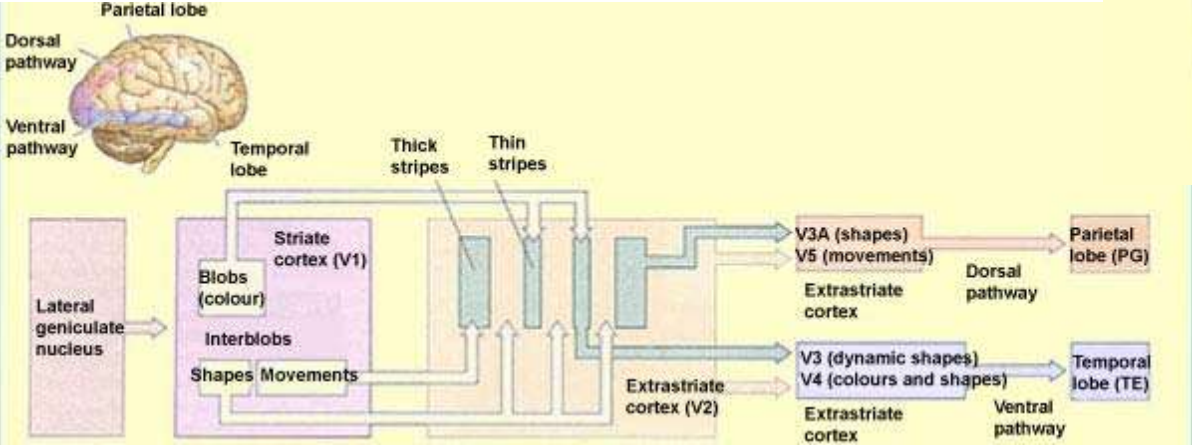
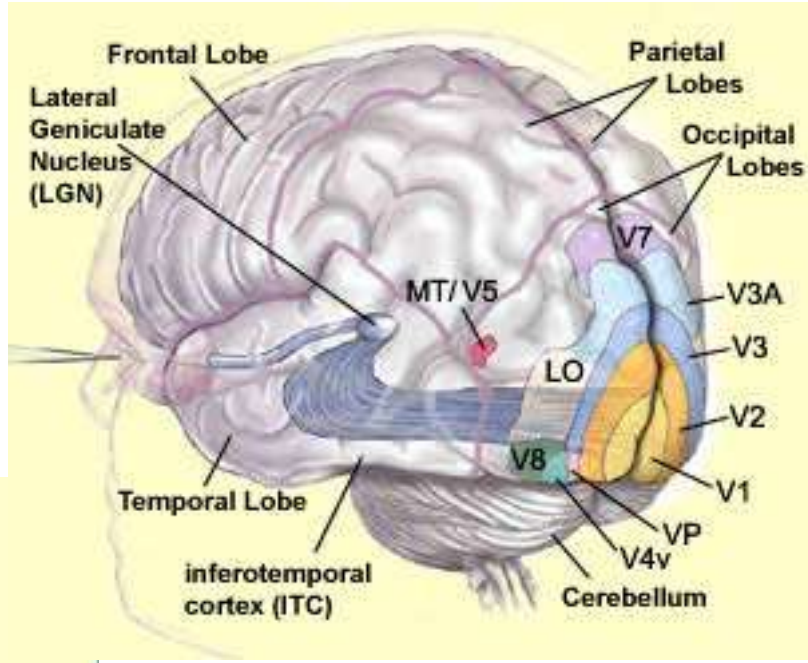


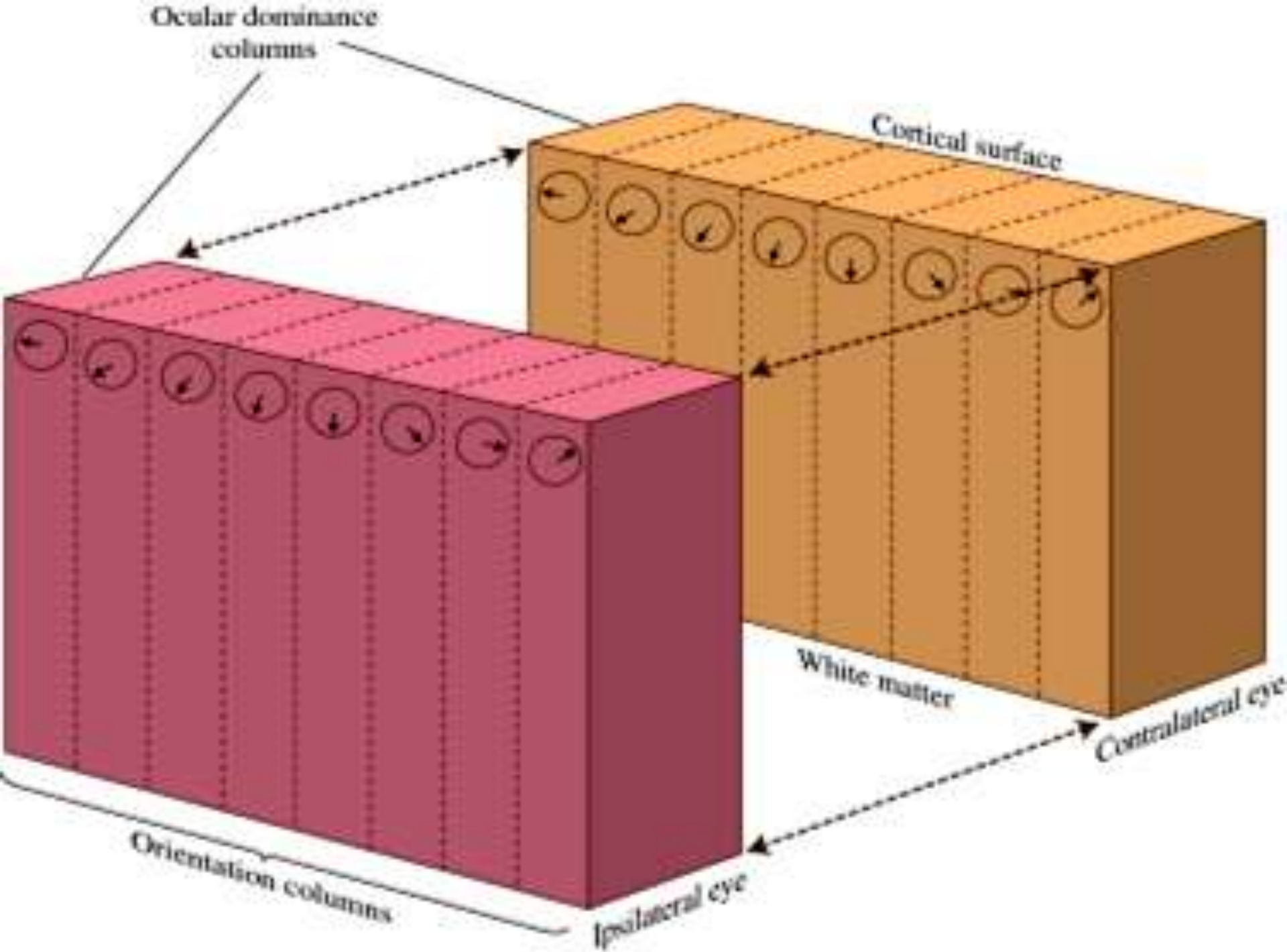
OBR. 48A

Sloupce okulární dominance jsou charakteristicky organizovány jako sloupečky kolmé k povrchu kůry. Sousedící proužky obsahují neurony, jejichž receptivní pole jsou lokalizována v identických místech sítnic.

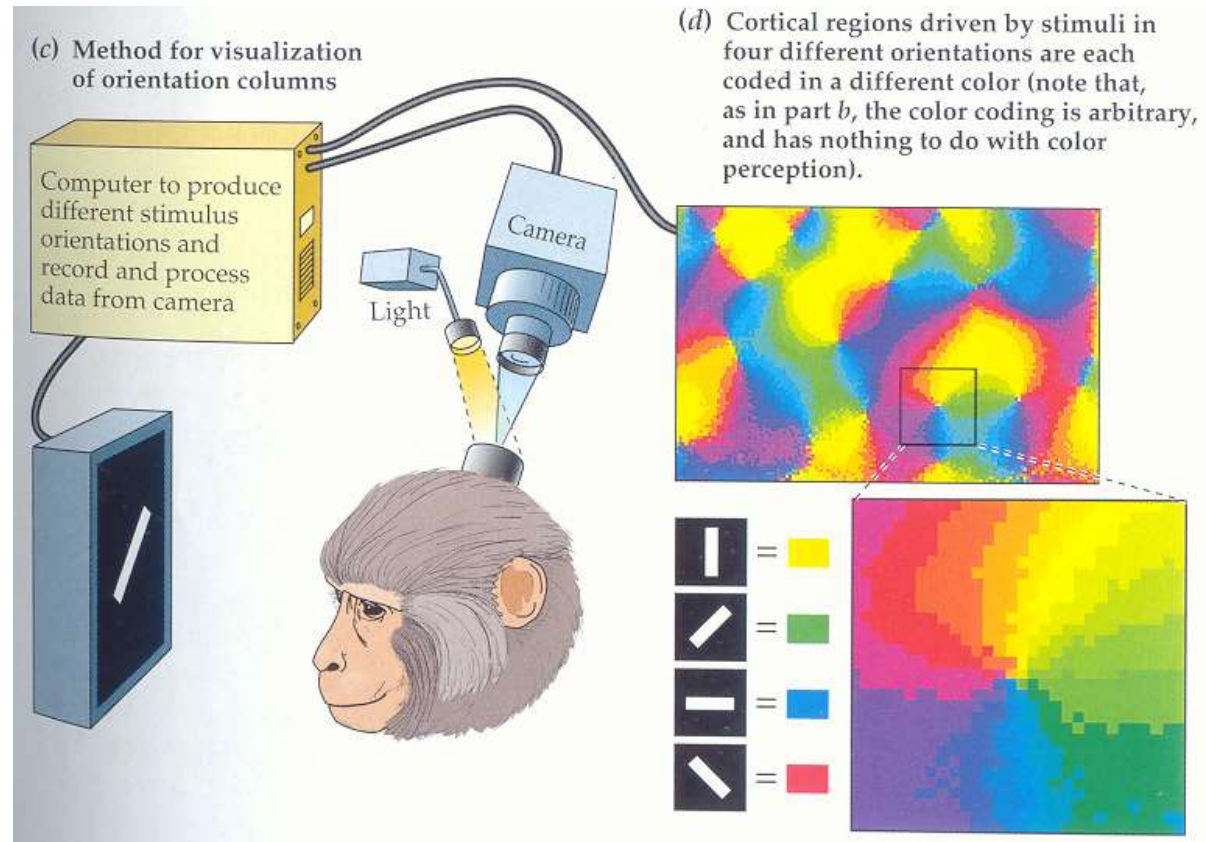
Sloupce orientační specifity jsou seskupeny tak, že v každém sousedním sloupečku je funkční orientace receptivního pole stočena o 10°.

Hyperkolumna je elementární funkční modul primární z.k.





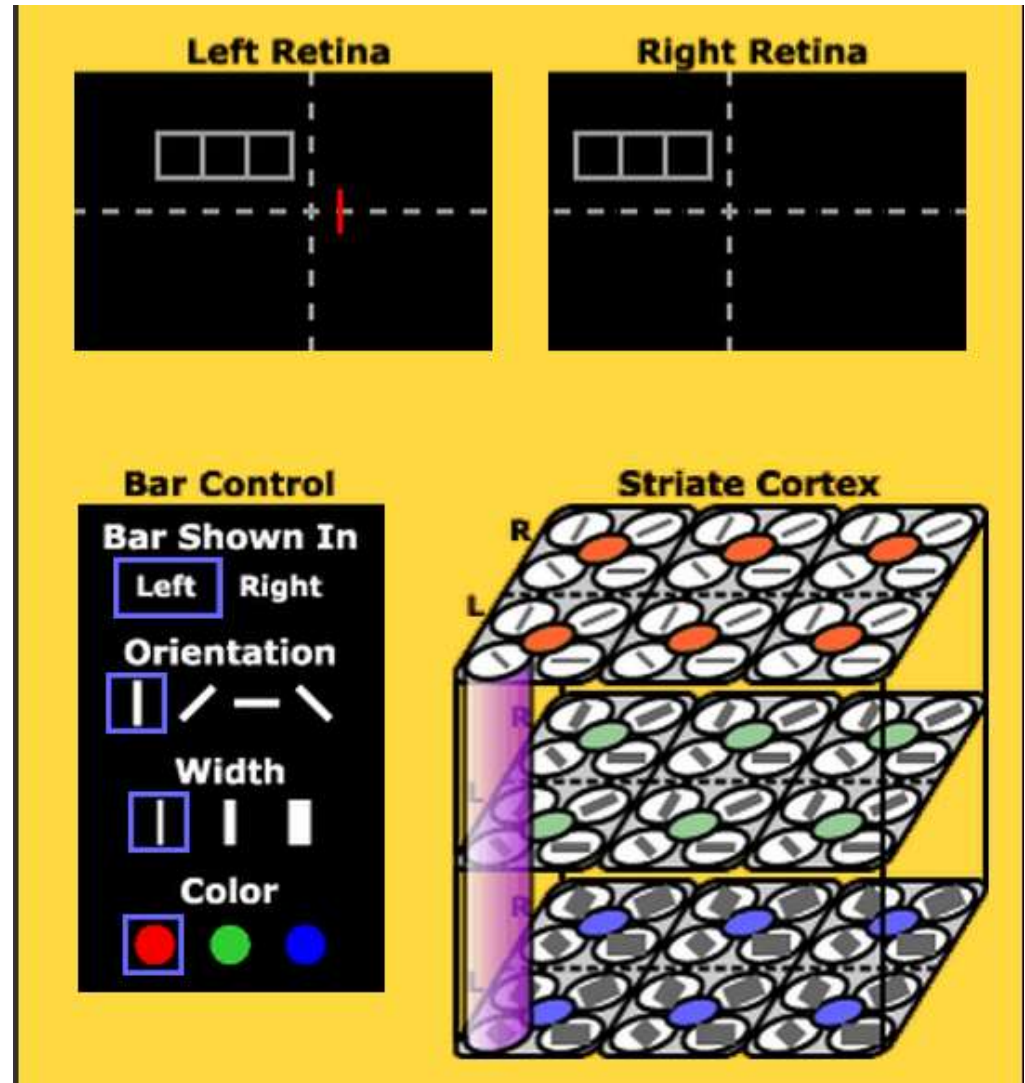
# Komplexní orientačně selektivní buňky primární zrakové kůry makaka.



Jsou orientovány jako řezy dortu kolem jednoho centra.

## Sloupec

V závislosti na hloubce, některé vlastnosti aktivačního podnětu zůstávají, jiné se mění – Sloupcová architektura. Pro každé oko zvlášť.



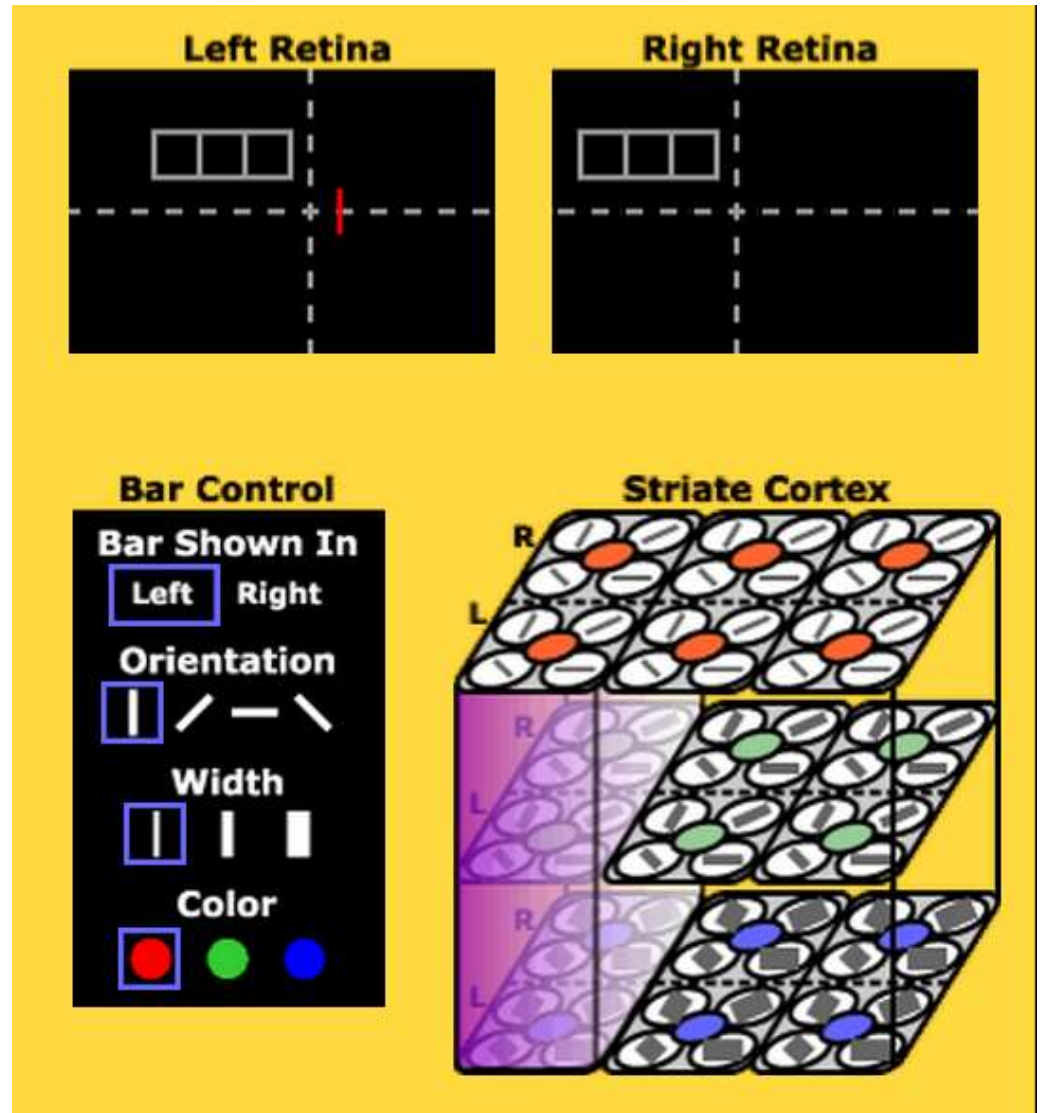
<https://wolfe4e.sinauer.com/wa03.05.html>

Separátní analyzátoři pro barvu, tloušťku a orientaci kontrastního pruhu z každého oka zvlášť.

# Hypersloupec

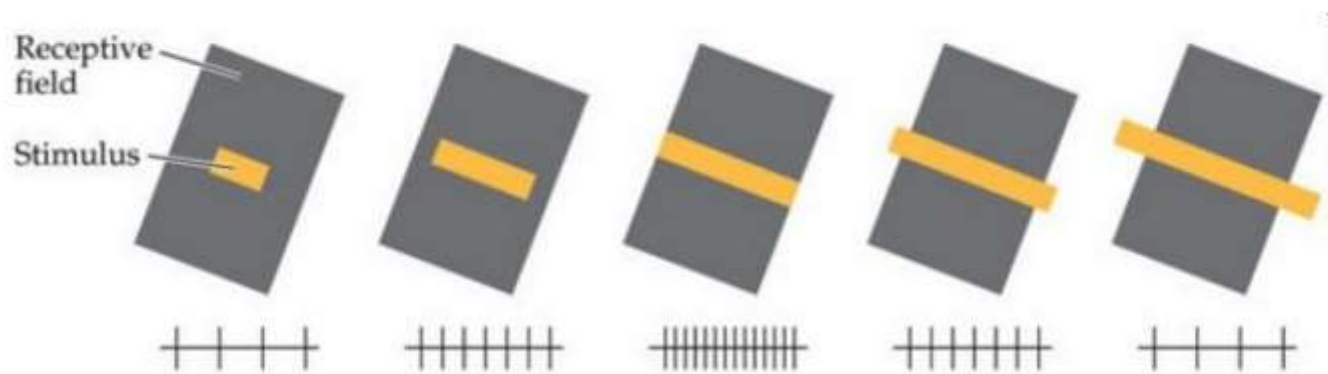
V1 kůra je složena z mnoha malých kortikálních modulů zvaných hypersloupce. Leží kolmo k povrchu kůry a procházejí všemi 6 vrstvami. Každý  $1\text{mm}^2$  reprezentuje plný rozsah orientací pro obě oči.

Analýza celé jedné části zorného pole





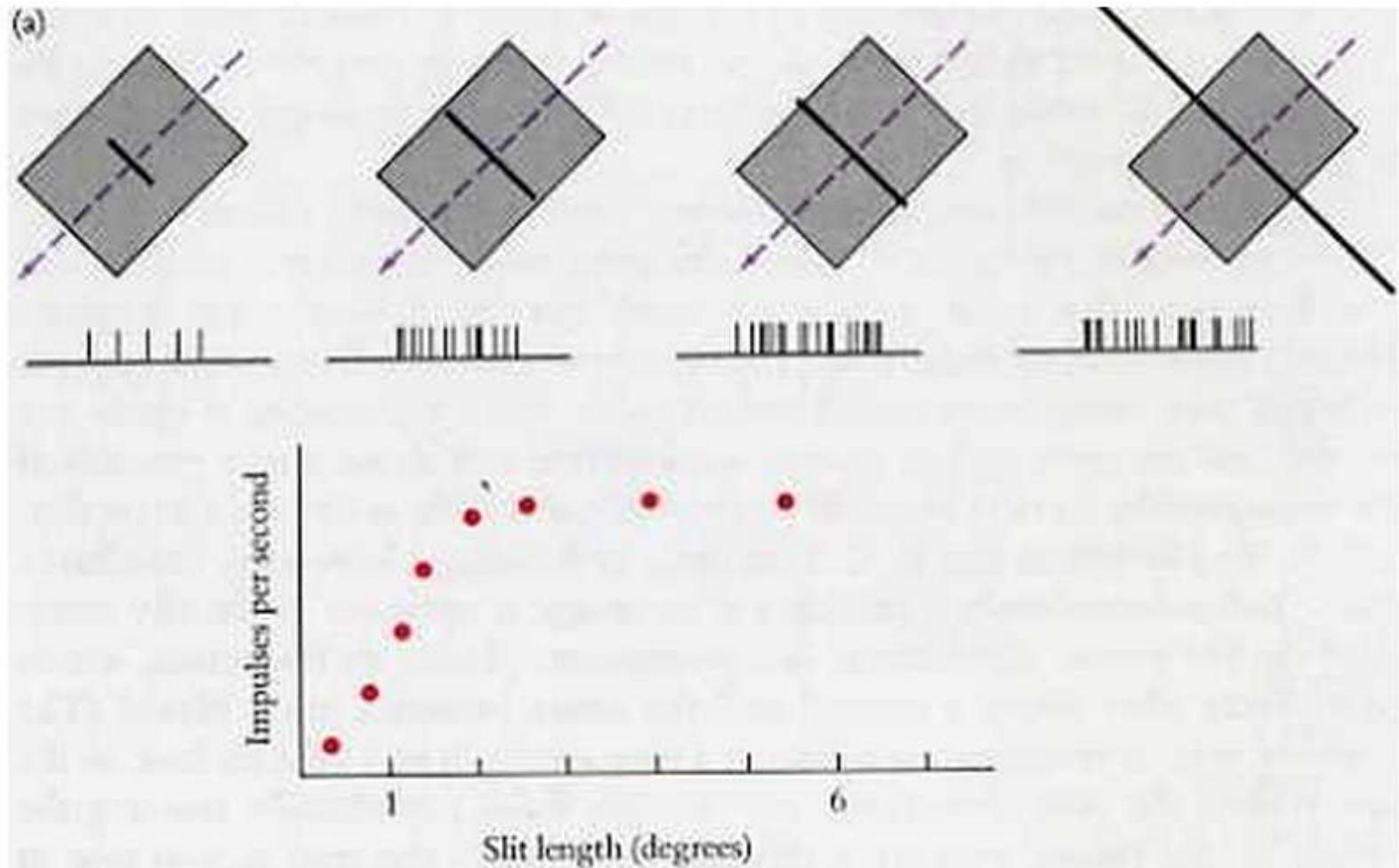
- Některé buňky odpovídají nejlépe když pruh světla končí ještě uvnitř receptivního pole.  
End-stopped cells
- <http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa03.04.html>



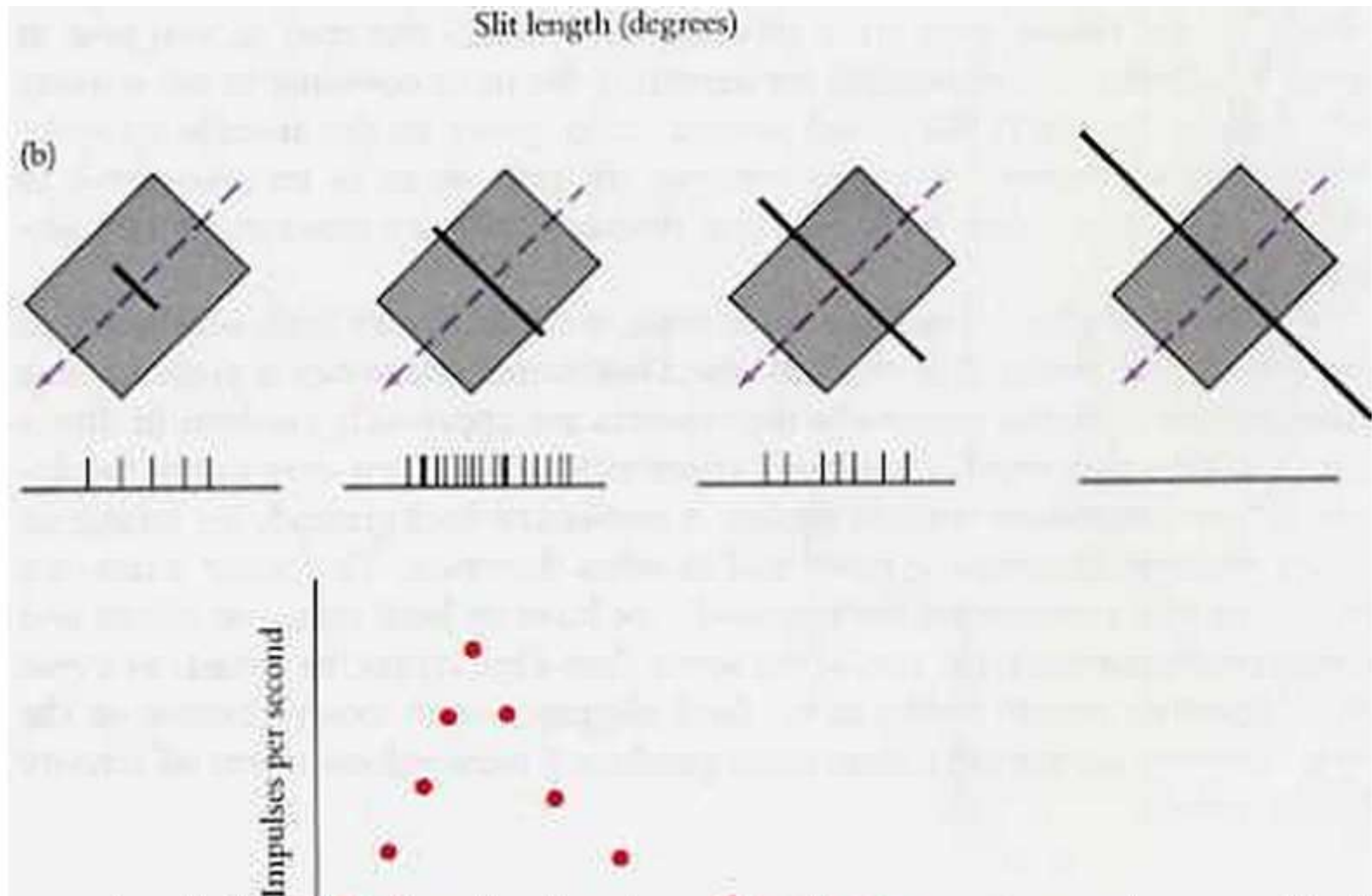
"Hypercomplex" cells are like simple or complex cells, except that they are end-stopped on one or both sides to produce length specificity.

## END STOPPING

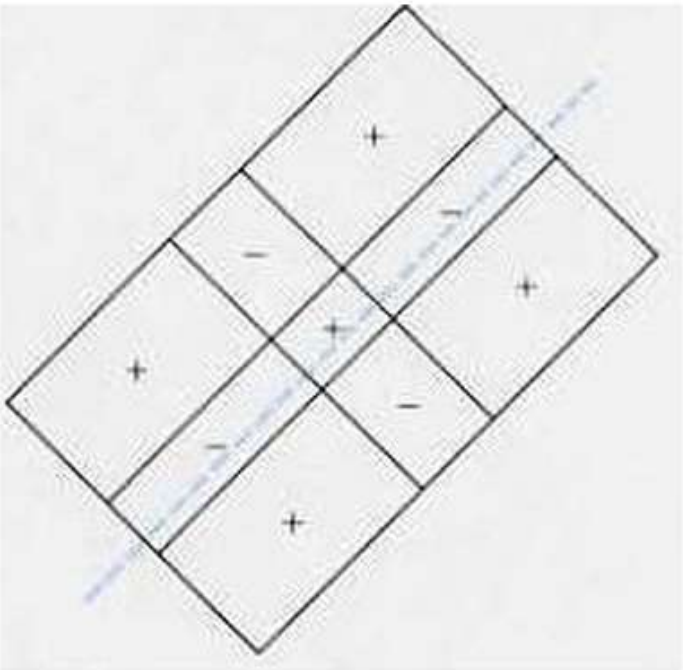
One additional kind of specificity occurs prominently in the striate cortex. An ordinary simple or complex cell usually shows length summation: the longer the stimulus line, the better is the response, until the line is as long as the receptive field; making the line still longer has no effect. For an end



Některé buňky odpovídají nejlépe když pruh světla končí ještě uvnitř receptivního pole. End-stopped cells. Určitá délka je optimální stimul.

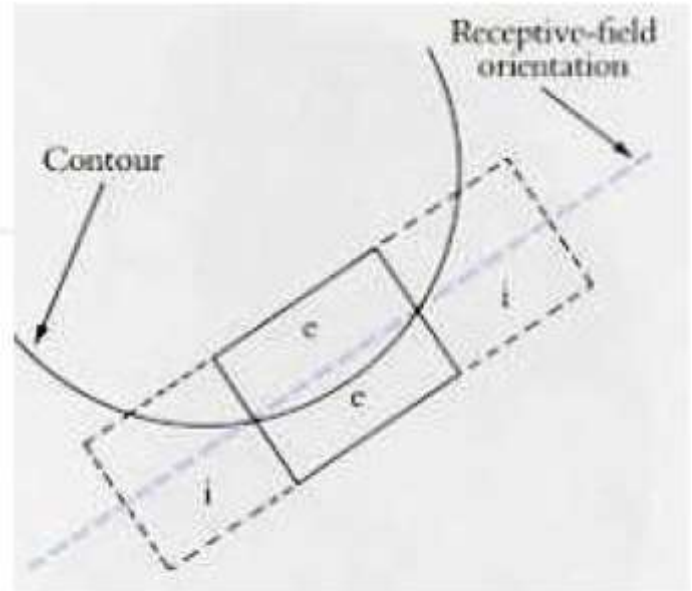


stopped cell, lengthening the line improves the response up to some limit, but exceeding that limit in one or both directions results in a weaker response, as shown in the bottom diagram on the facing page. Some cells, which we call completely end stopped, do not respond at all to a long line. We call the region



End-stopped cells:  
Pravděpodobně pro detekci zakřiveného okraje.

This end-stopped simple cell is assumed to result from convergent input from three ordinary simple cells. (One cell, with the middle on-center field, could excite the cell in question; the two others could be off center and also excite or be on center and inhibit.) Alternatively, the input to this cell



For an end-stopped cell such as the one shown on the previous page, a curved border should be an effective stimulus.

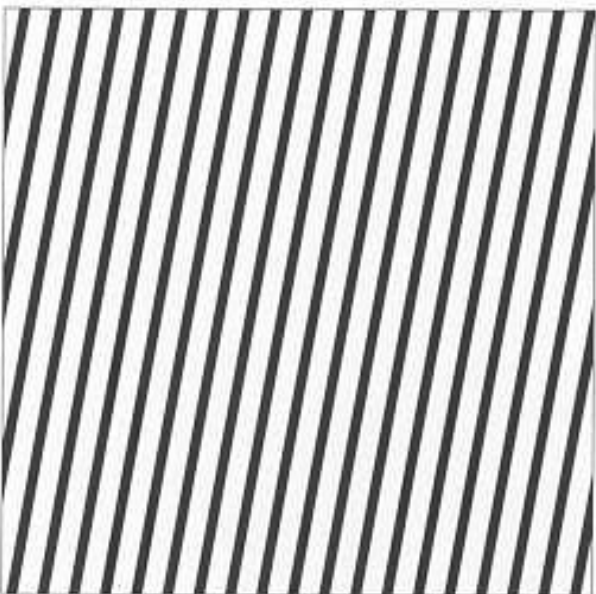
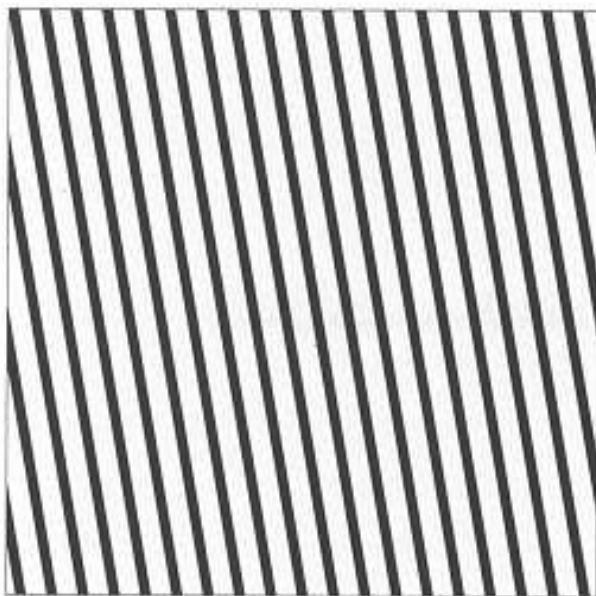
# Adaptation

- The rationale of psychophysical adaptation studies is that long term exposure to a given stimulus fatigues channels responsive to it, so that later perception is based on an altered distribution of activity across channels tuned to some dimension.
- This shift results in a change in the percept experienced in the unadapted state.
- This allows psychophysical studies to elucidate the presence of tuned channels.
- The following slides use orientation tuning as an example....

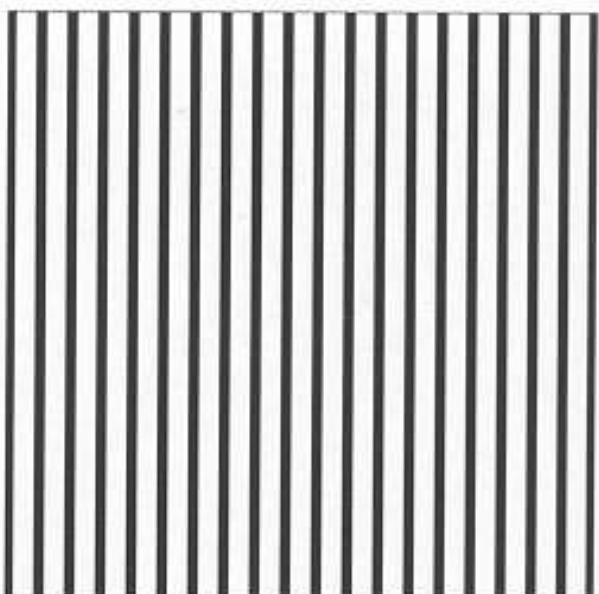
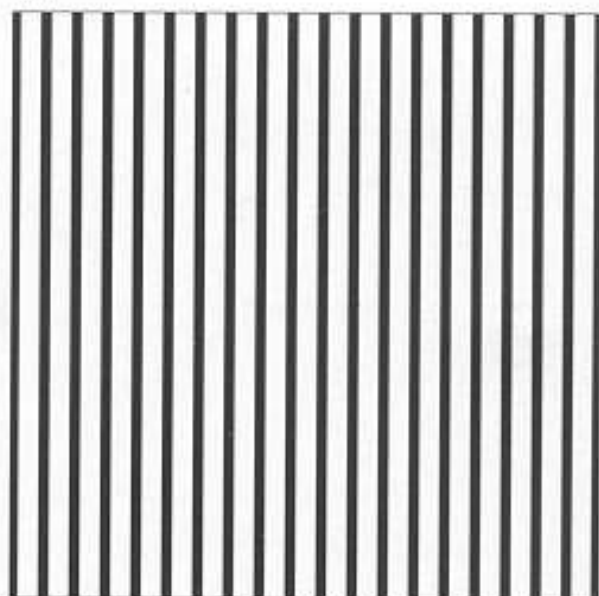
Selektivní adaptace  
a  
orientačně  
selektivní buňky.

Selektivní adaptace:  
Neinvazivní cesta do  
lidského mozku

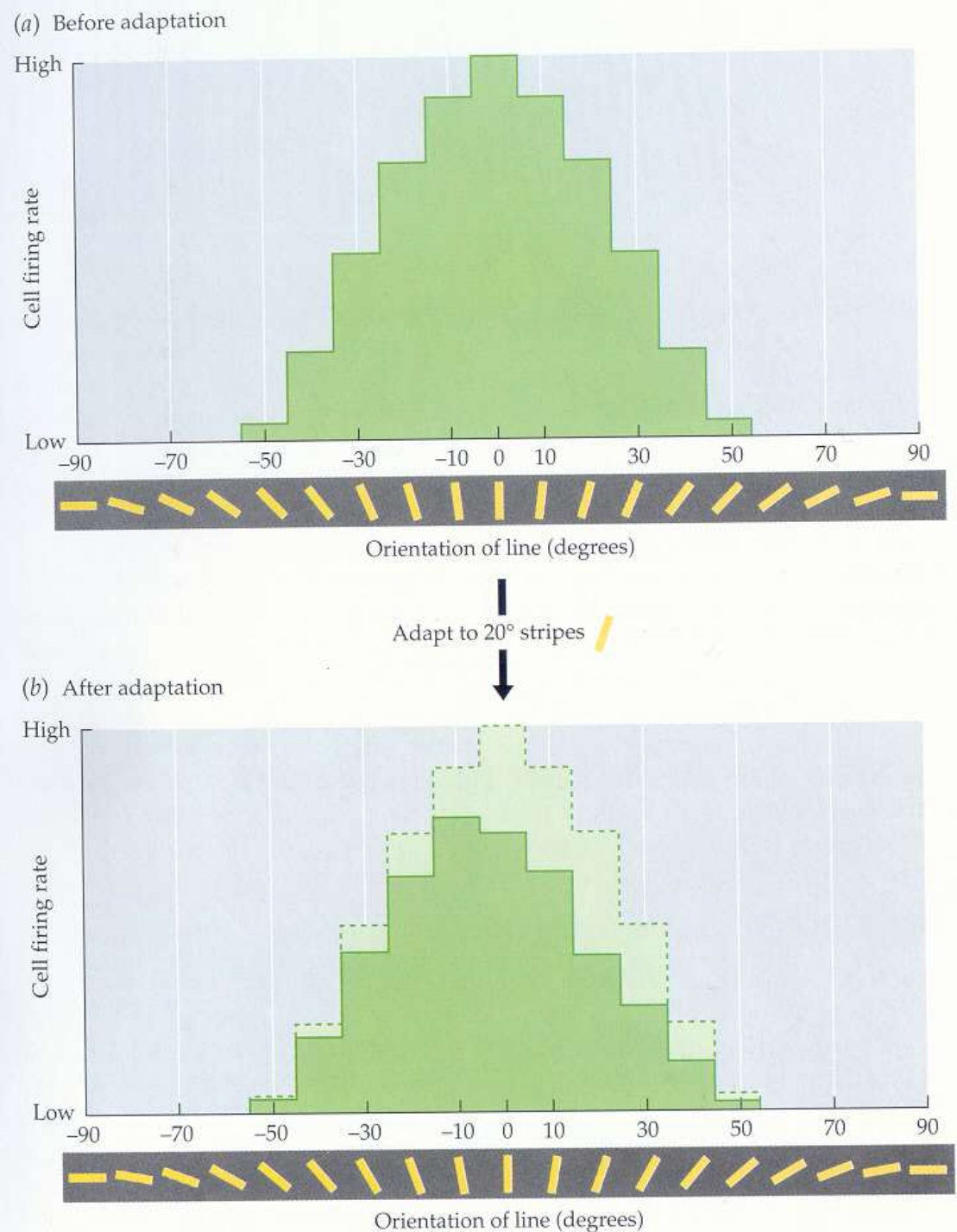
(a)



(b)



Vysvětlení:  
20° buňky jsou po 1 min  
adaptovány, unaveny  
a přestávají přispívat do  
vjemu vertikál.  
Ve výsledku se vertikální linie  
kácí.

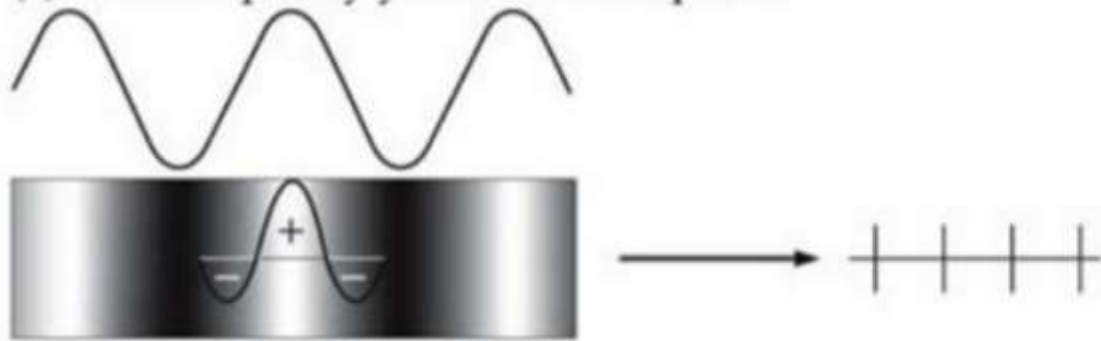


# Spatial Frequency Analysis

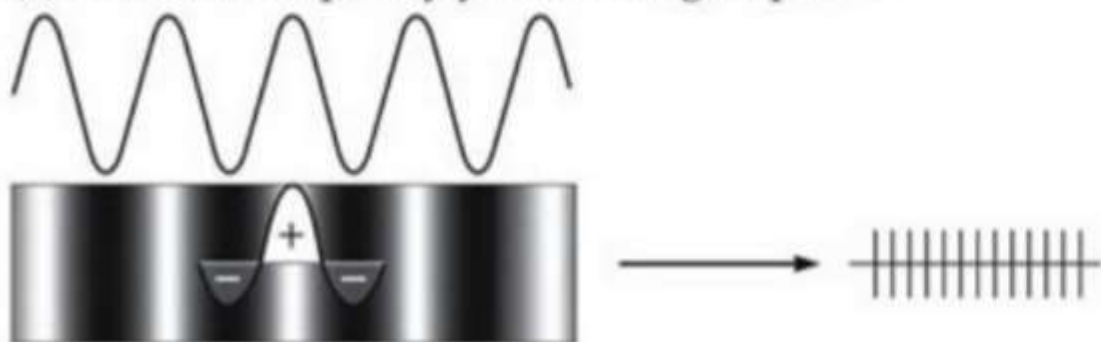
- No one doubts the contributions made by Hubel and Wiesel, and the enormous leap forward the visual science made on account of their ability to “drive” visual cortical neurons.
  - At issue is the question of whether or not cells truly prefer bars of different widths.
- I introduced the idea of a spatial modulation transfer function as a measure of the ability of humans to resolve spatial frequency.
  - Threshold contrast was measured as a function of the spatial frequency of sinusoidal gratings, yielding functions like this:



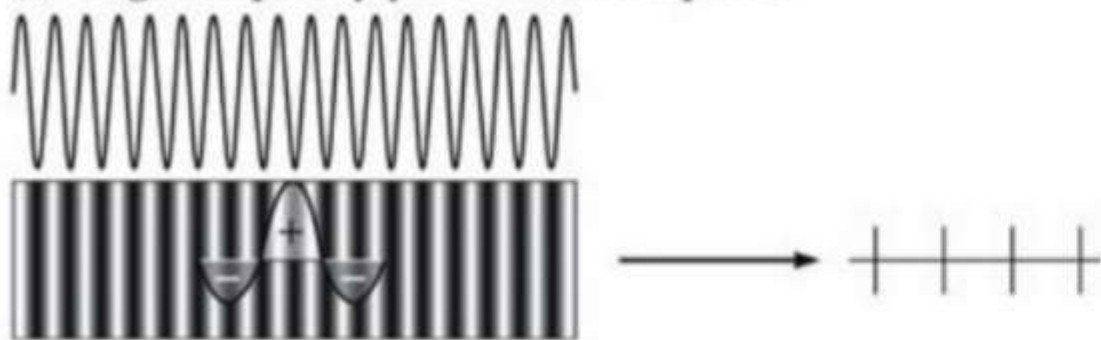
(a) Low frequency yields weak response



(b) Medium frequency yields strong response



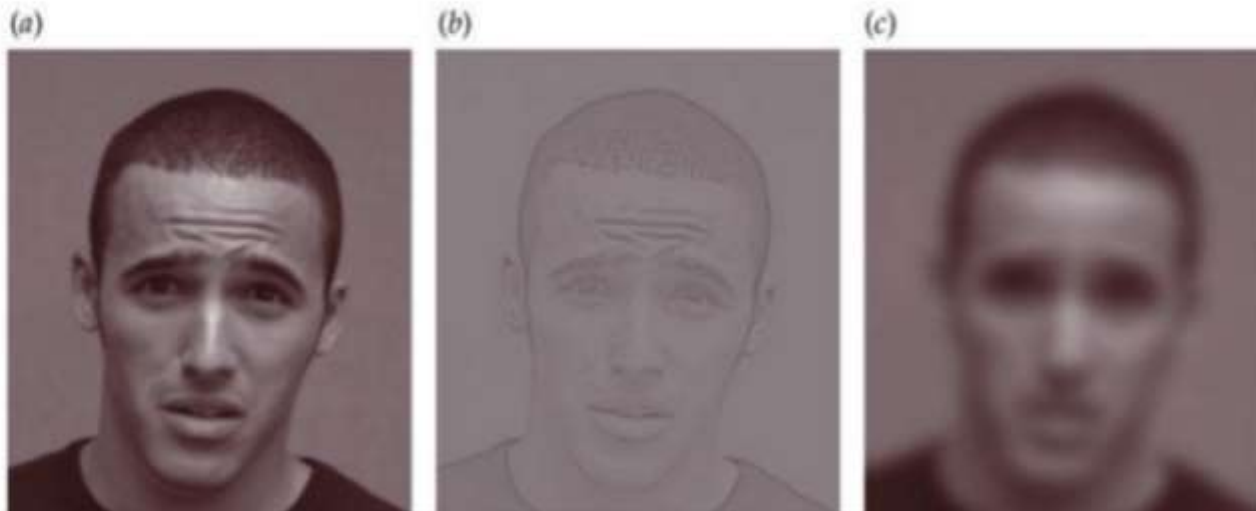
(c) High frequency yields weak response



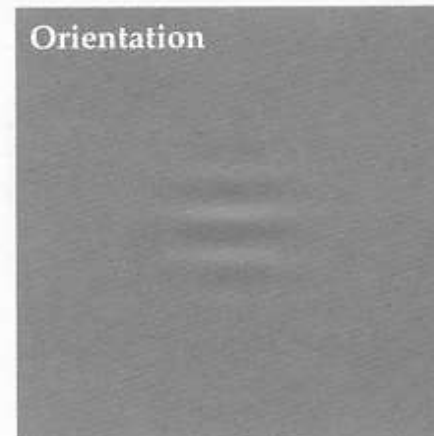
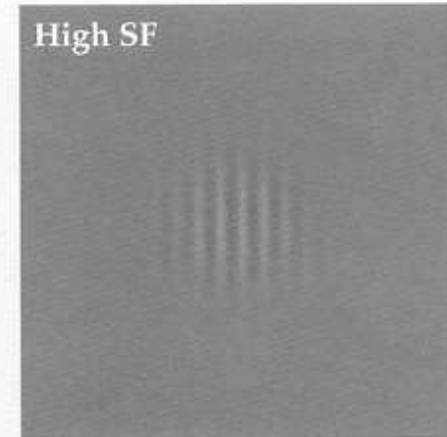
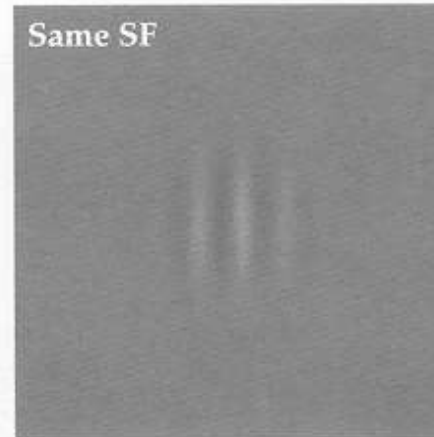
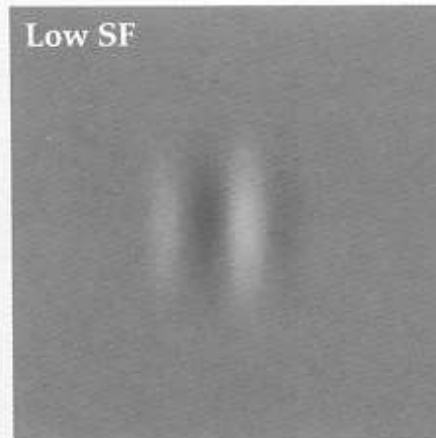
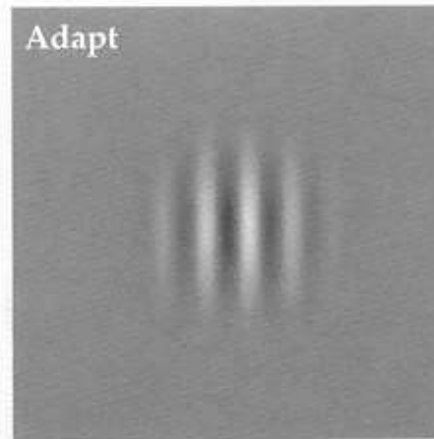
- This can be easily explained on the basis of center-surround receptive fields found at the bipolar cell, ganglion cell, and LGN levels.
- Low spatial frequencies excite both center and surround uniformly, as do high spatial frequencies.
- Intermediate spatial frequencies excite the center but not the surround (or vice versa).

The figure below shows the relative contributions of high and low spatial frequency information.

- (a) shows a complete face, (b) presents the same face with only high spatial frequency components and (c) shows the same face with only low spatial frequency components.
- Low frequencies convey information about general shape and form, while high frequency information provides the detail.



**FIGURE 3.26** Demonstration of frequency (SF) and orientation selectivity (Hubel and Campbell, 1969.)

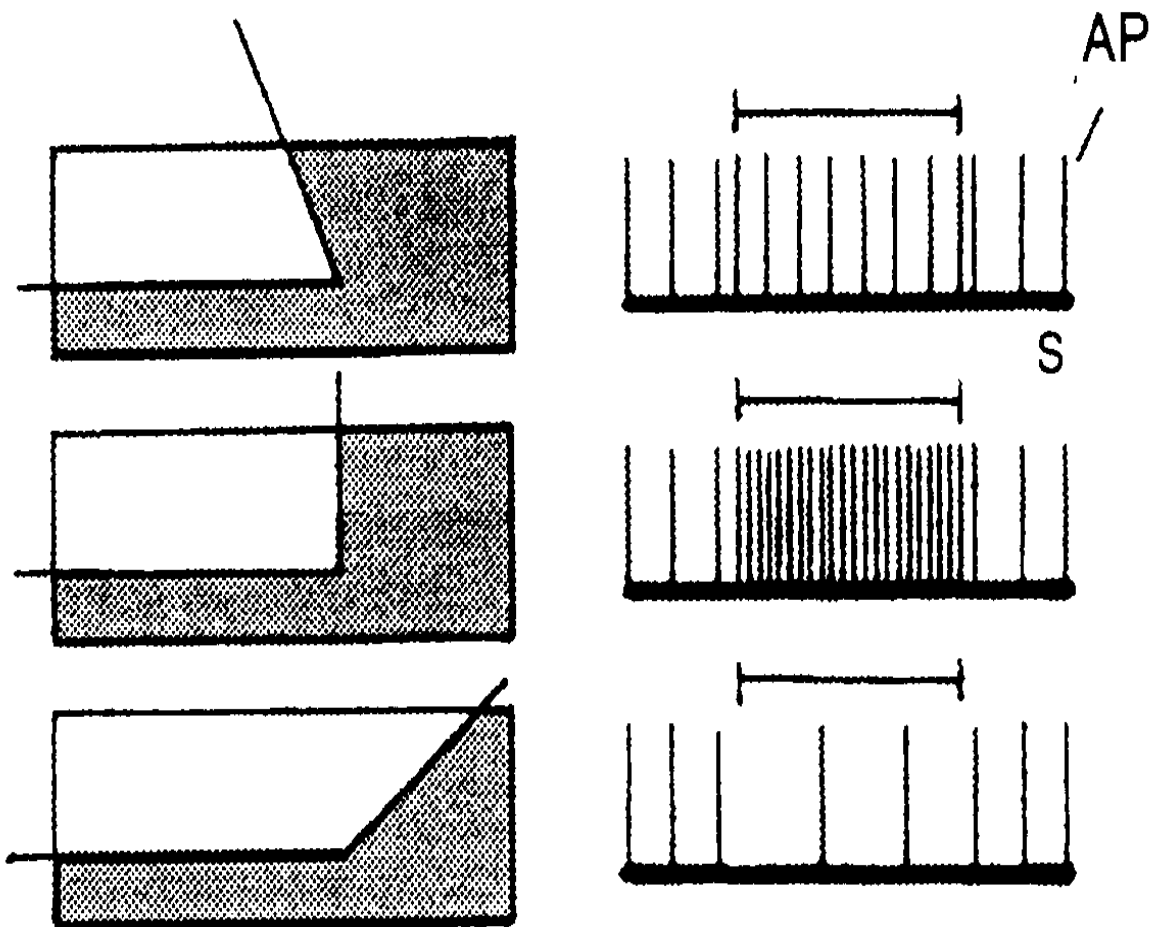


Skutečně máme  
buňky nastavené na  
určitou frekvenci  
kontrastů

Selektivní adaptace  
a  
kontrastně  
selektivní buňky

Po adaptaci na  
Konkrétní „frekvenci“,  
je právě tato  
utlumena

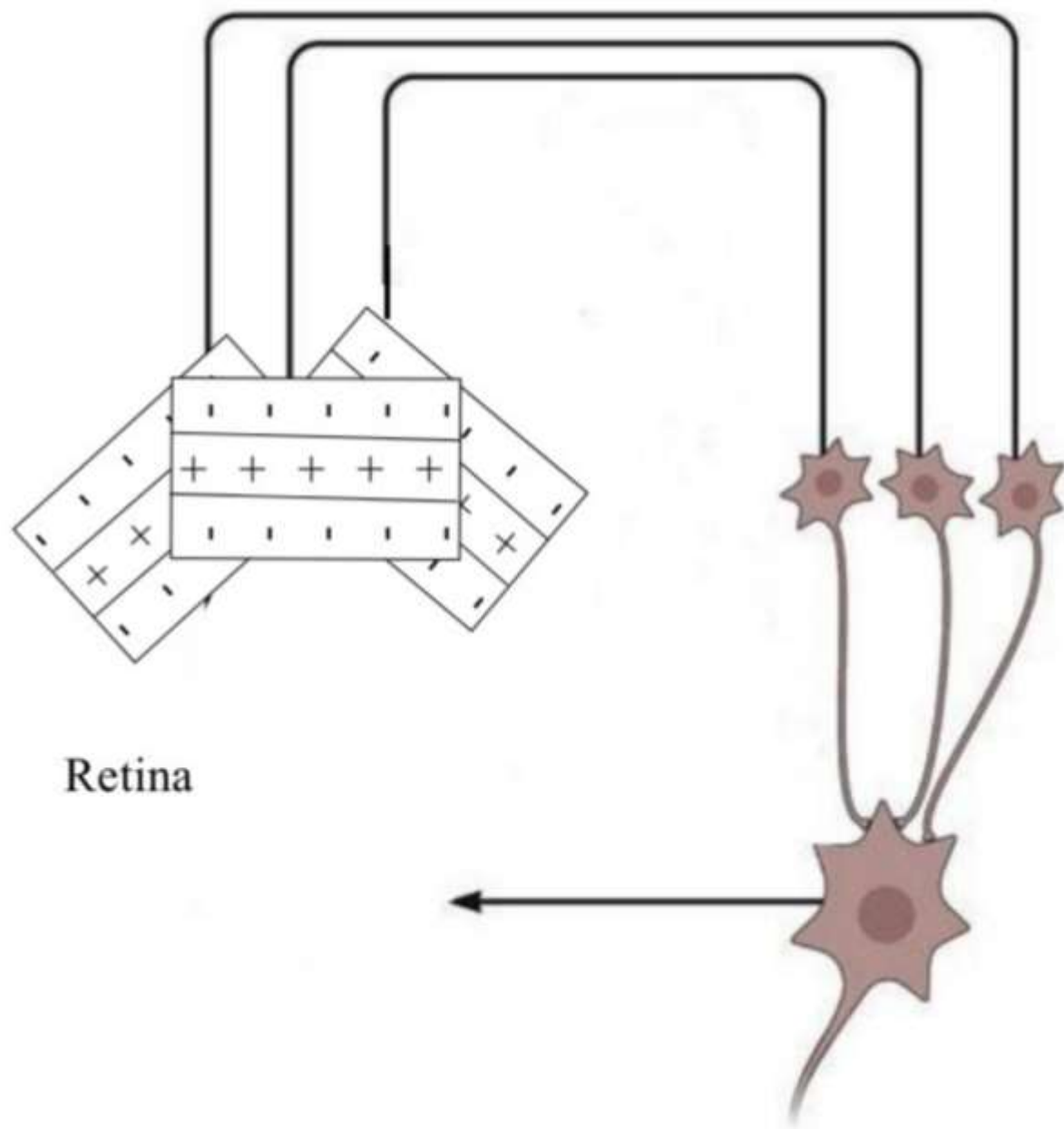
# Sekundární kůra, hyperkomplexní buňky



Vliv různého úhlu kontrastního vizuálního podnětu na elektrickou aktivitu hyperkomplexní buňky. Úsečka nad záznamem elektrické aktivity značí trvání osvětlení v sekundách.  
AP – akční potenciál.

OBR. 49A

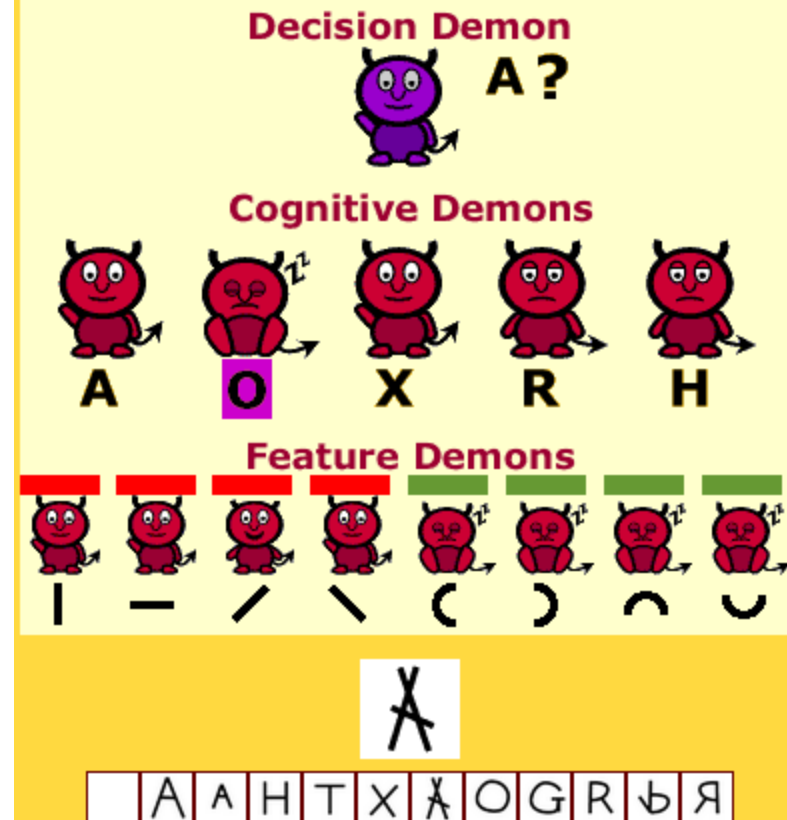
# “A” Detector



# Hierarchické skládání rysů a jejich paralelní zpracování

- <http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa04.02.html>

## 4.2 Pandemonium



(a)

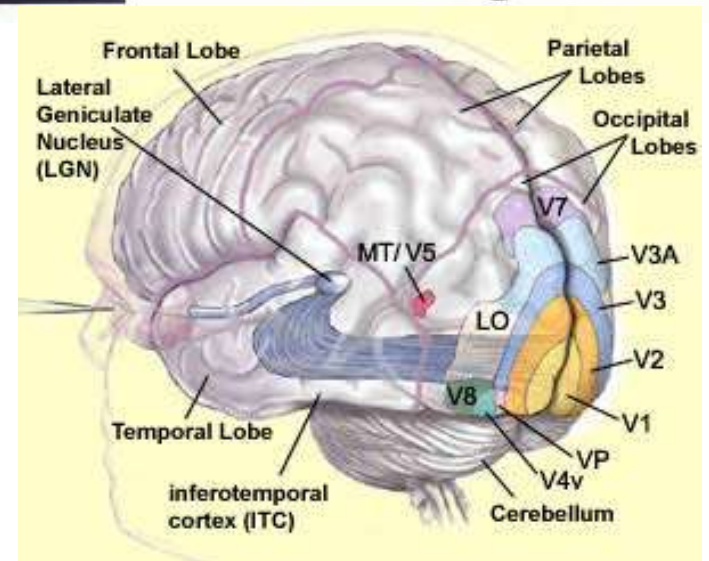


(b)



### 10.21 Complex Stimuli Evoke Strong Responses in Visual Cortex

(a) These concentric and radial stimuli evoke maximal responses from some cells in visual cortical area V4. The stimuli that evoked the highest response rates (see scale bar) are shown in red and orange. (b) These 12 examples illustrate the critical features of stimuli that evoke maximal responses from cells in the anterior inferior temporal area. (Part a from Gallant et al., 1993, courtesy of Jack Gallant; b from K. Tanaka, 1993, courtesy of Keiji Tanaka.)





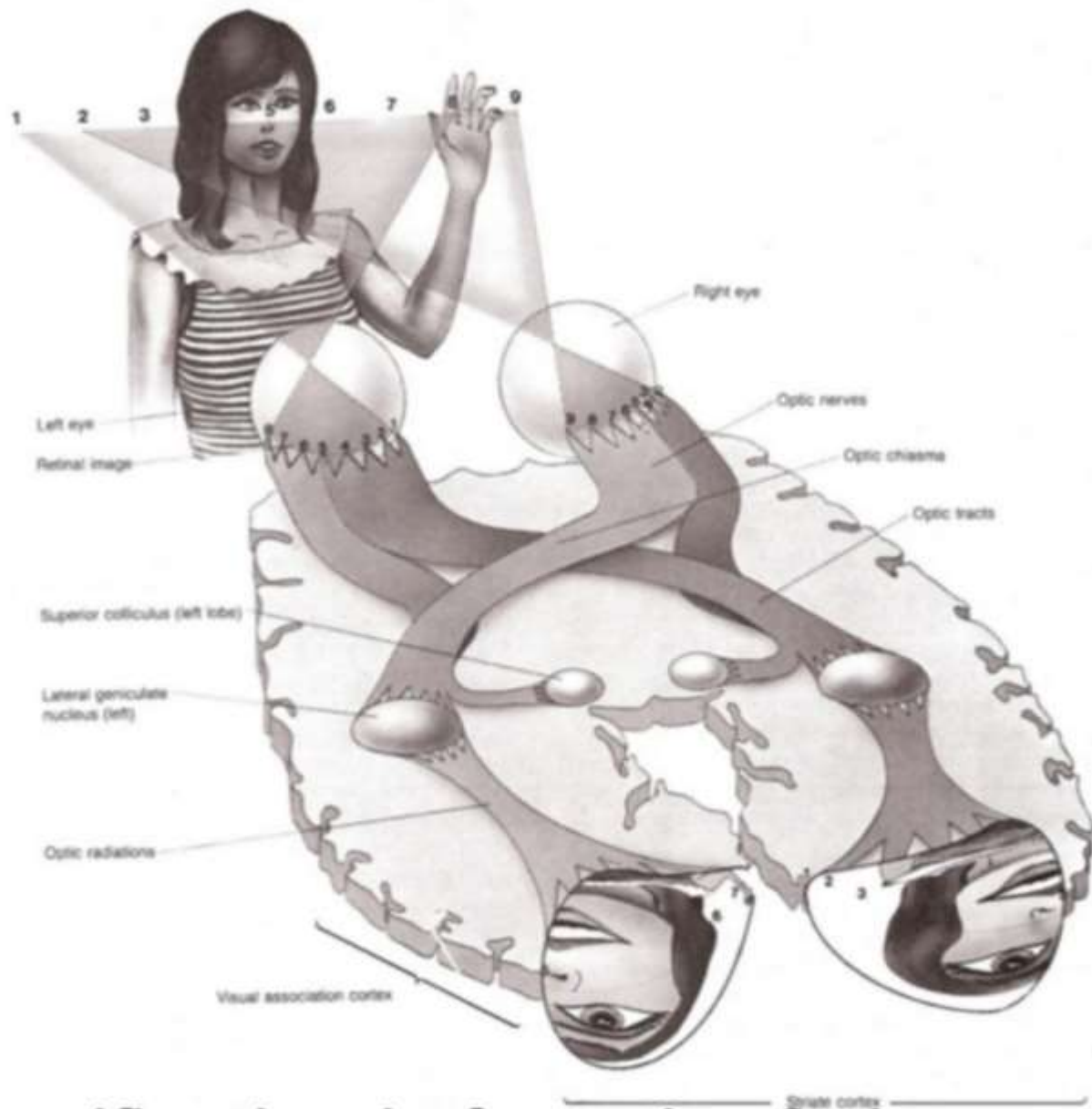
# „Grandmother’s cells“ Na tvář selektivní buňky

**FIGURE 4.33** Cells in the inferotemporal cortex of macaque monkeys are interested in very specific stimuli. In this case, the cell responds vigorously to a monkey face and to some other stimuli that seem related. (After Gross, Rocha-Miranda, and Bender, 1972.)



# Retinotopic Map

- The layered sheets of cells that comprise primary visual cortex within each hemisphere are laid out in a retinotopic map of exactly half the visual field.
- The map preserves retinal topography, with nearby points on the retina projecting to nearby cortical points.
- The metric properties of the map on the cortex are distorted, however.
  - The main distortion is due to cortical magnification of central (foveal) areas relative to peripheral ones.



- Magnification is from the 2-deoxyglucose study of Tootell et al. (1982).

- Tootell, Silverman, Switkes, and De Valois (1982)

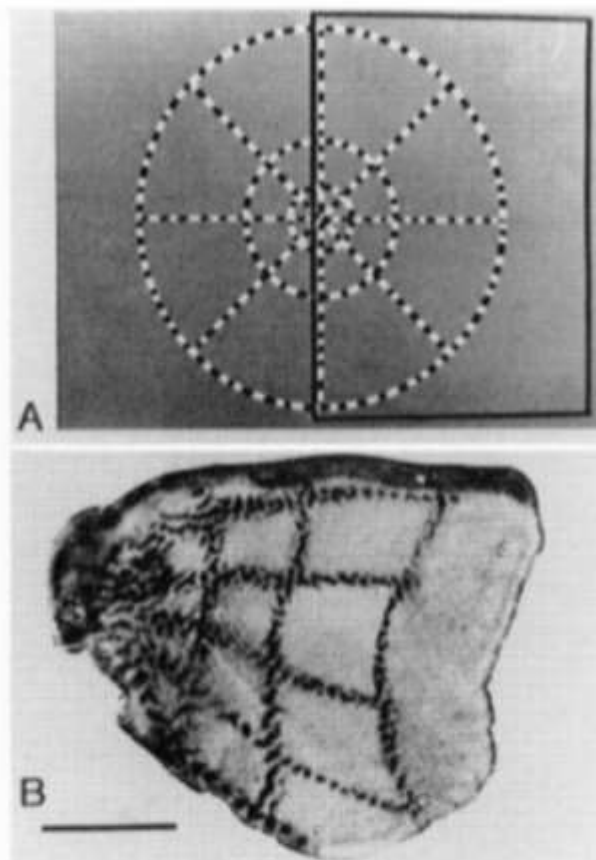


FIG. 4.1 (A) Stimulus used for mapping the retinotopic projection onto striate cortex. (B) pattern of 2-DG uptake in macaque striate cortex produced by this stimulus pattern. See text for details (from Tootell, Silverman, Switkes & R.L. De Valois, 1982a, *Science*, 218, 902-904. Copyright 1982, AAAS. Reprinted with permission).

- Since glucose is the metabolite of cortical neurons, more is used by active cells.
- 2-deoxyglucose (2DG) is taken up by cells as if it were glucose, but it remains in cells (isn't actually metabolized).
- Since it is radioactive, one determines where it accumulates when a particular stimulus is presented.
- A “rings and rays” pattern (A) centered on the fovea was presented while the monkey was injected with 2DG.
  - o The rings and rays display was composed of small (randomly sized) rectangles that flickered over time, with the rings spaced logarithmically (from the center)

## ■ Iluze osvětlení – světelná stálost

Hnědá čokoláda za jasného dne odráží méně světla než papír za šera, ale stejně ji vnímáme jako tmavou. Předpoklady a zkušenost usnadňují interpretaci. To, co vidíme, není realita, ale zkušenost.

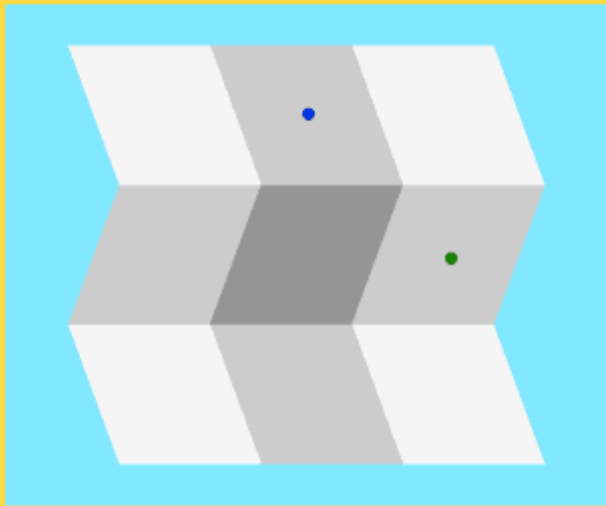
Automatické předpoklady našeho vnímání

<https://wolfe4e.sinauer.com/wa05.05.html>

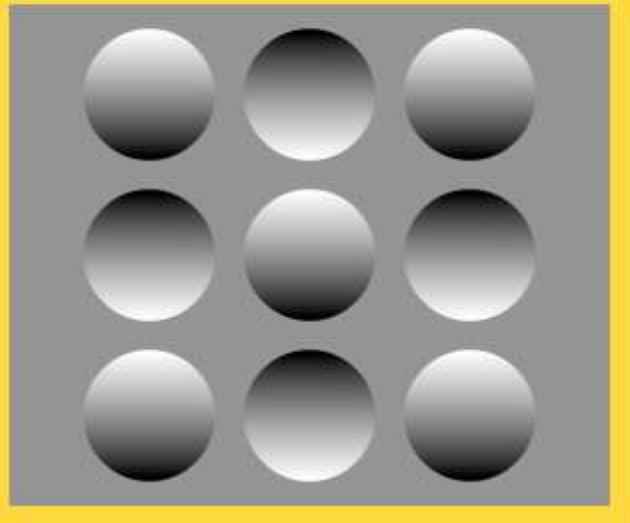
## 5.5 Illusions of Lighting

1

The visual system makes the assumption that there is a dark vertical stripe printed on the card, and that changes in luminance from left to right in the image are due to changes in the surface reflectance of the card. The visual system assumes that the changes in luminance are due to lighting shifts caused by the folds in the card, not to changes in surface reflectance. The middle section of the card probably appears to be in a shadow, which means that the light source is above the card. This is a reasonable assumption to make: the card clearly seems to be folded, and it is unlikely that the folds occur exactly at points where the surface reflectance changes abruptly.

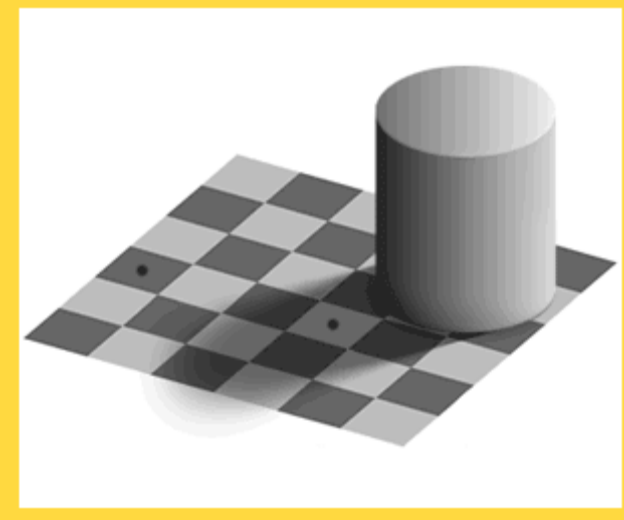


- Introduction
- Folded Card Illusion
- Bumps and Dimples Illusion
- Checkerboard Shadow Illusion



These images reveal two more assumptions that the visual system makes in order to interpret changes in illumination across an image. First, we know that a portion of a surface that faces toward a light source will be brighter than a portion of the surface facing away from the light. Second, all else being equal, we assume that the lighting in a scene is coming from above.

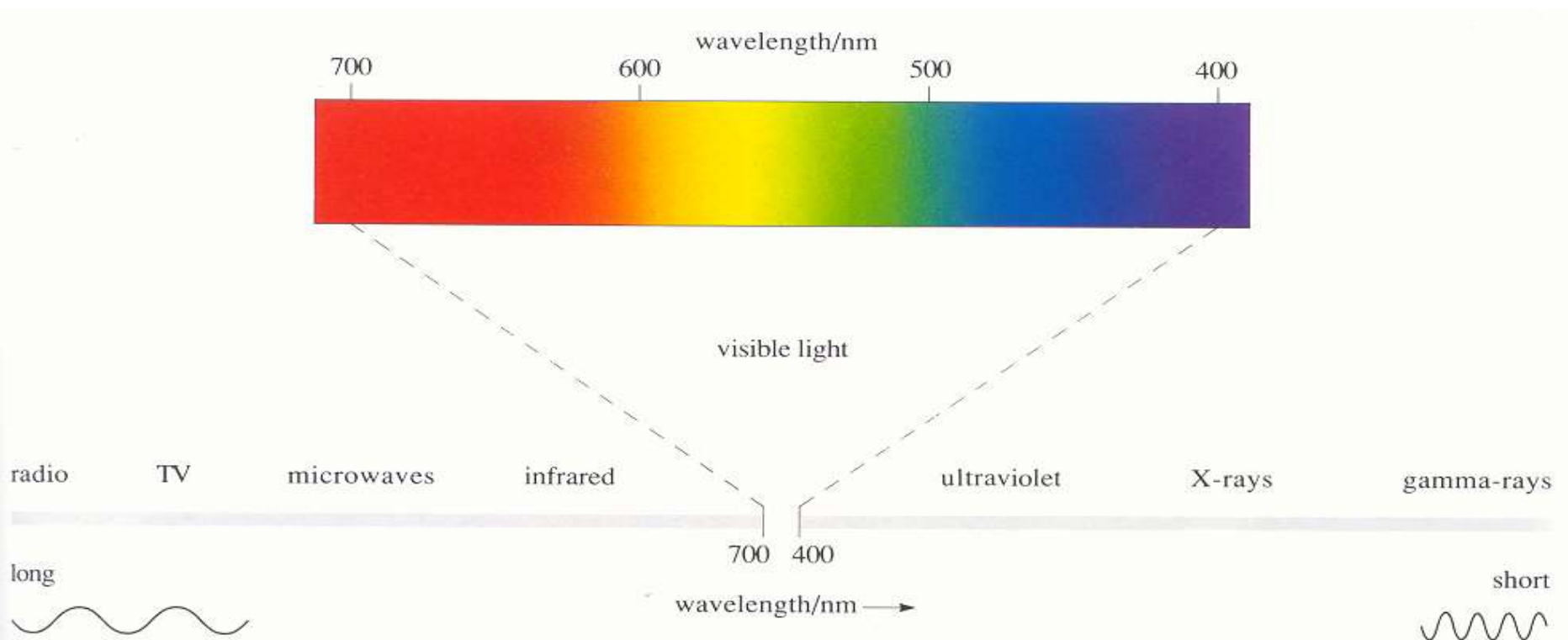
In **Image 1**, the lightest parts of the circles in the X pattern are on top, while the darkest parts are at the bottoms of the circles. If the lighting was coming from above, these circles would have to be bumps, since this configuration would make the lighter portions of the circles face towards the light. Conversely, the other circles would have to be dimples because their bottoms are lighter than their tops.



As with the folded card illusion, this illusion happens because your visual system cannot disregard its interpretation of the light sources in scenes when making judgments about the brightness of surfaces. The marked square near the center of the image falls in the shadow of the cylinder. **Since we assume that shadows make surfaces less bright, we boost our estimate of the reflectance of this square accordingly.** We also assume that the checkerboard pattern is regular, so that the lighter squares in the pattern are all the same lightness and the darker squares are all the same darkness. These assumptions lead us to strongly believe that the more central marked square in the shadow is lighter than the marked square on the edge of the board, so we are tricked into thinking that the former is brighter than the latter, too.

As the creator of this image, Edward Adelson at MIT, says, **“The visual system is not very good at being a physical light meter, but that is not its purpose.”** The assumptions used by our visual systems are designed to help us determine the qualities of surfaces in the world, not the light reflecting off the surfaces. It is the surfaces themselves that we want to know about, not the particular happen to be they are illuminated.

# Barevné vidění



**Plate 1** The electromagnetic spectrum. The visible spectrum is shown in colour.



Posunutá spektrální  
citlivost = jiný pohled.

Neznamená nutně barevné  
vidění

# The ability to detect ultraviolet light



**Human's view.**



**Insect's view (simulated  
through UV film.**

## Barevné vidění:

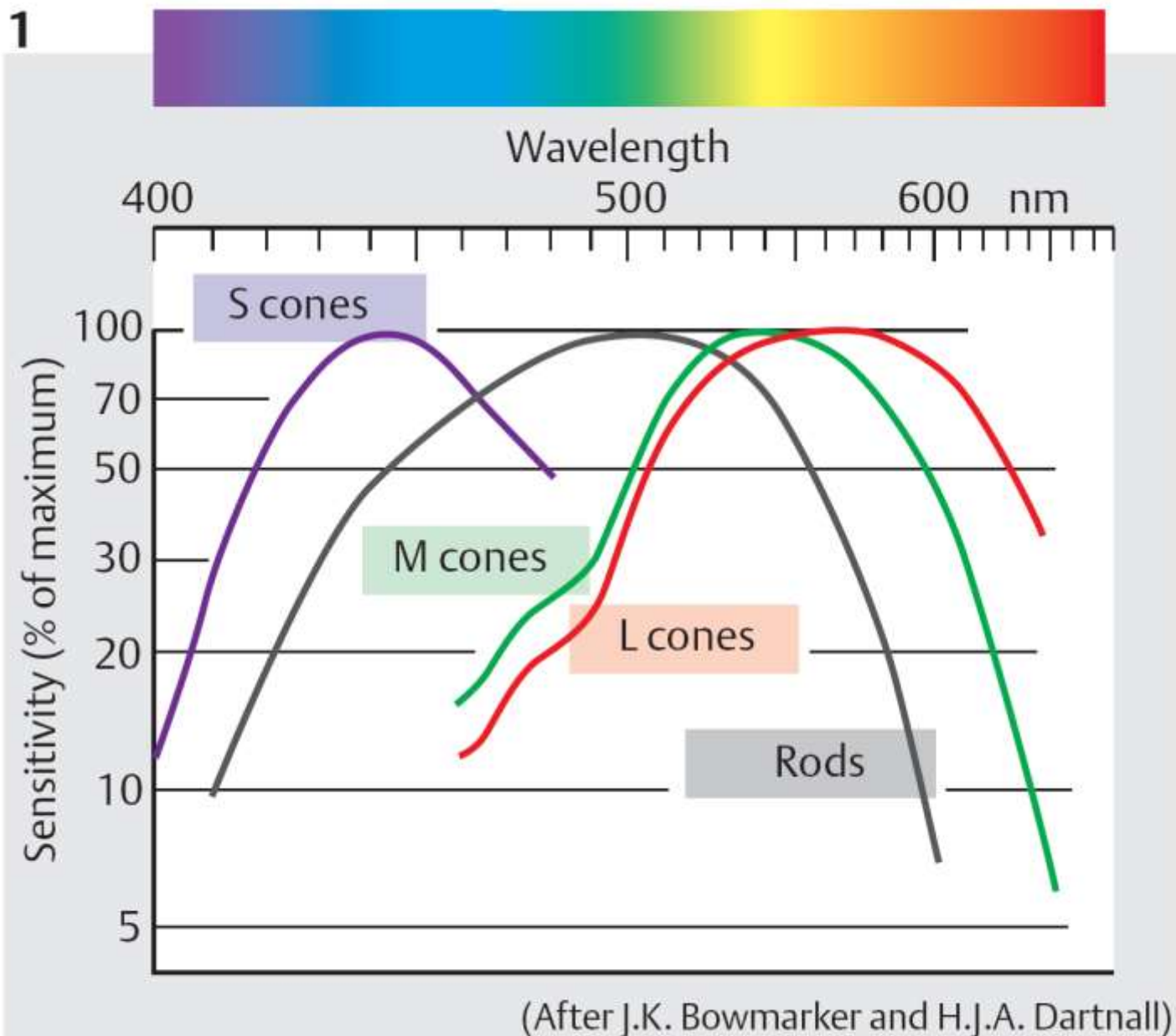
Další kvalita zraku

Jeden receptor barvu nerozezná, je potřeba nejméně dva druhy barevně selektivních fotoreceptorů



Rozlišujeme: tón, sytost, jas

Barevné vidění založeno na různě absorbujících pigmentech.

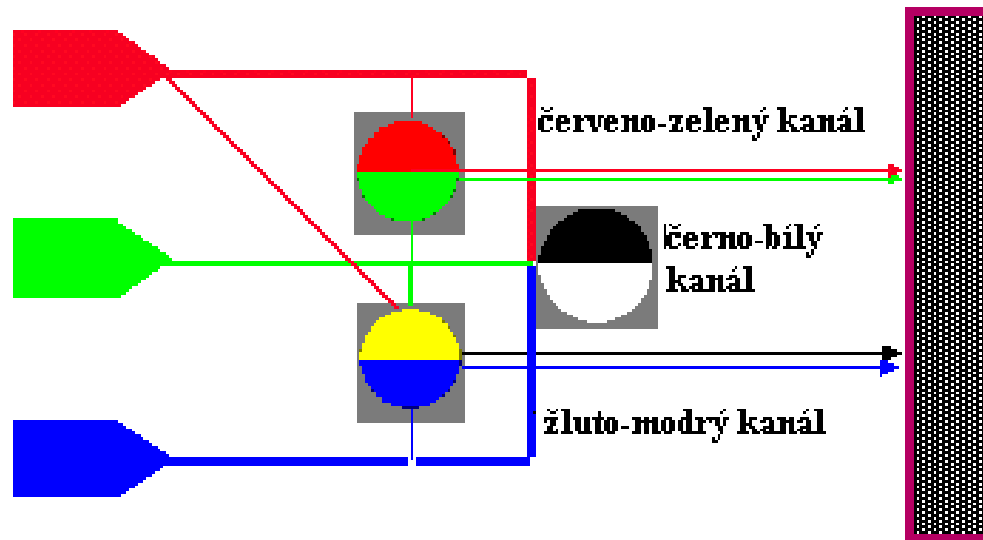


# Trichromatické teorie, Young-Helmholtz Oponentní kódování, Hering

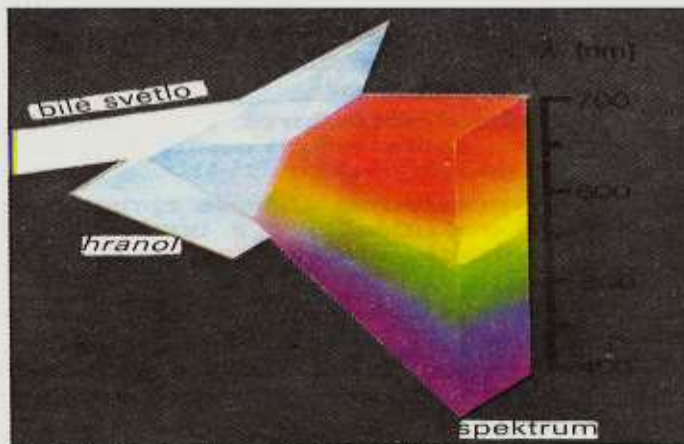
Why trade one three-dimensional color space (red, green, blue) for another three-dimensional color space (R/G, B/Y, BI/Wh)?

Receptory

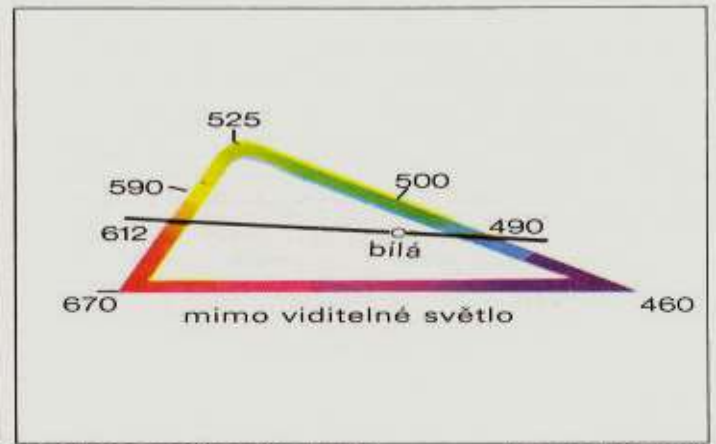
Mozek



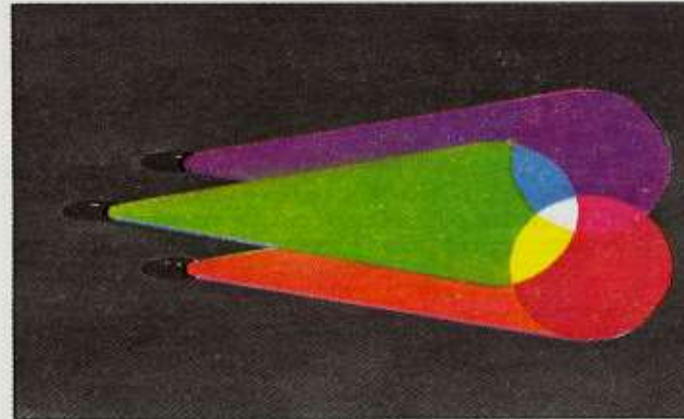
# Trichromatické skládání



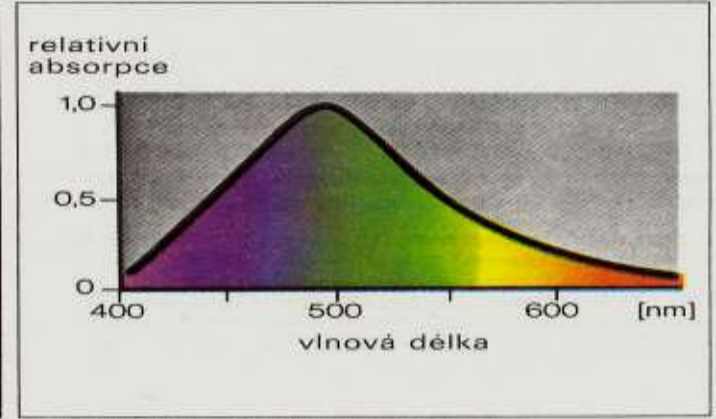
A. Složení slunečního světla



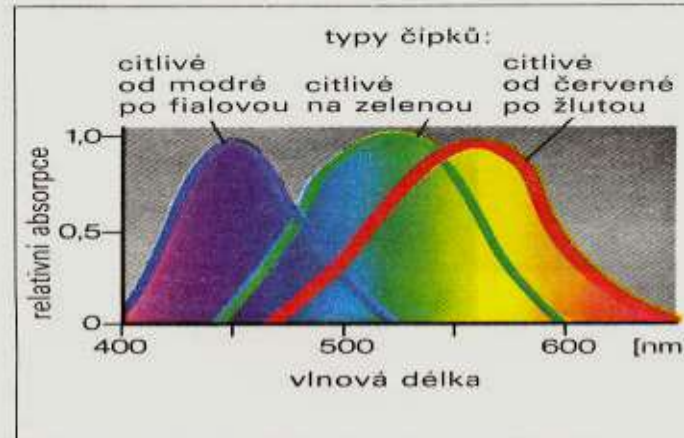
B. Barevný trojúhelník (podle Kriesa)



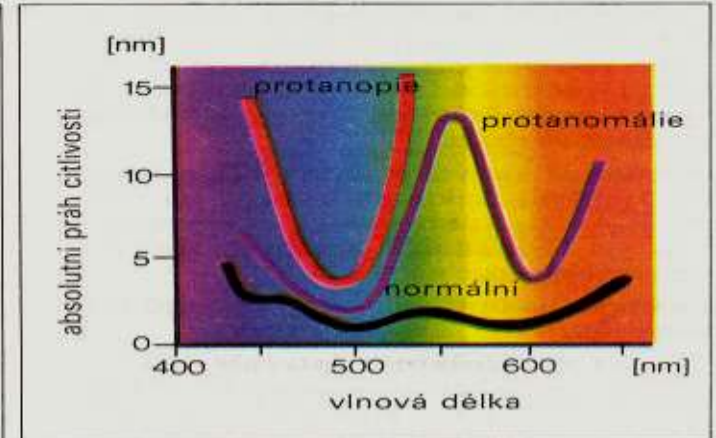
C. Aditivní míšení barev



D. Absorpce světla rodopsinem



E. Absorpce světla třemi typy čípků



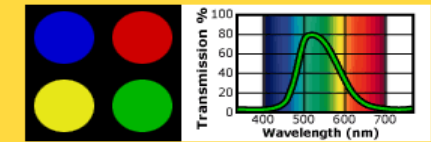
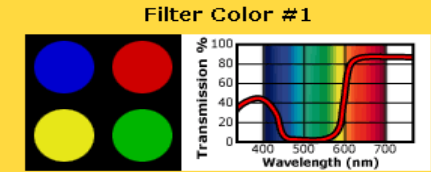
F. Práh citlivosti pro vlnové délky

# Oponentní kódování, Hering

Neexistuje červenozelená nebo modrožlutá

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa05.03.html>

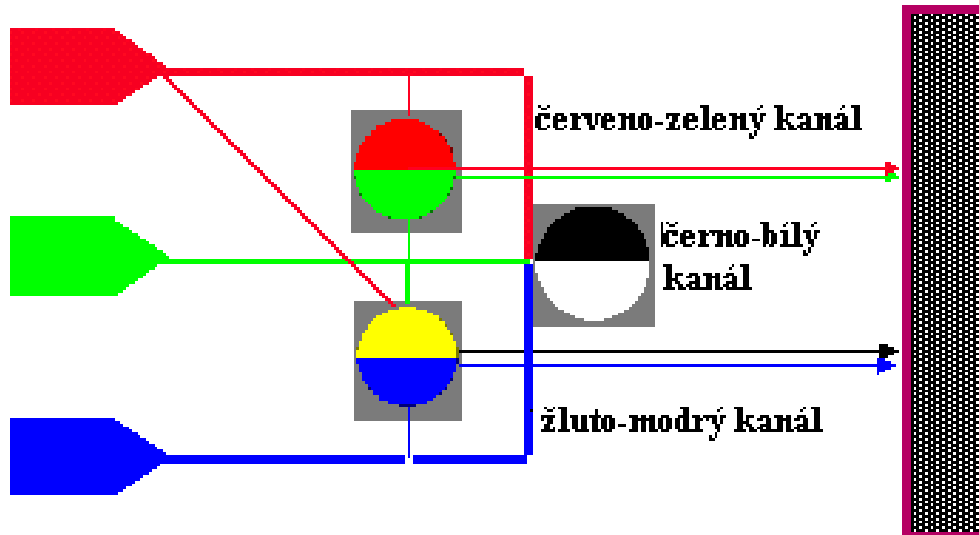
## 5.3 Color Mixing



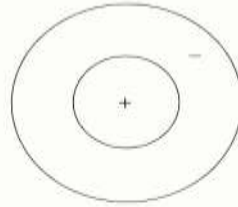
Filter Color #2

Receptory

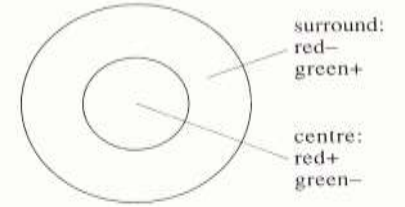
Mozek



luminance sensitive  
retinal ganglion cell



double opponent  
cortical cell



Barevná oponence

Neexistuje červenozelená  
nebo modrožlutá

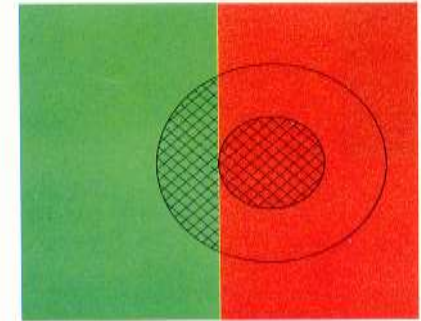
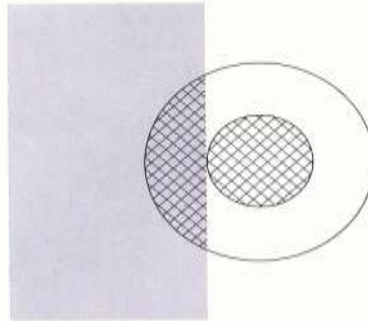


Plate 4 Double opponent receptive fields.

Simultánní barevný kontrast  
– zbarvení šedého  
obdélníčku

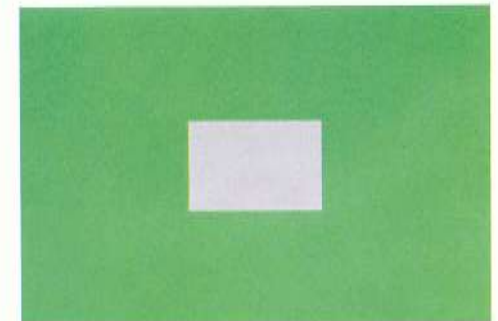
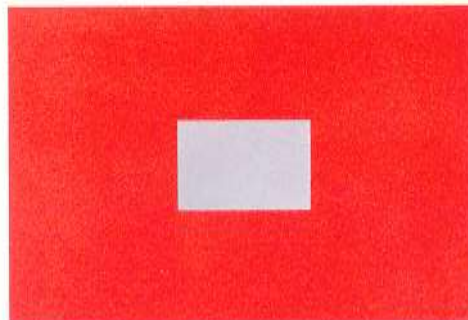
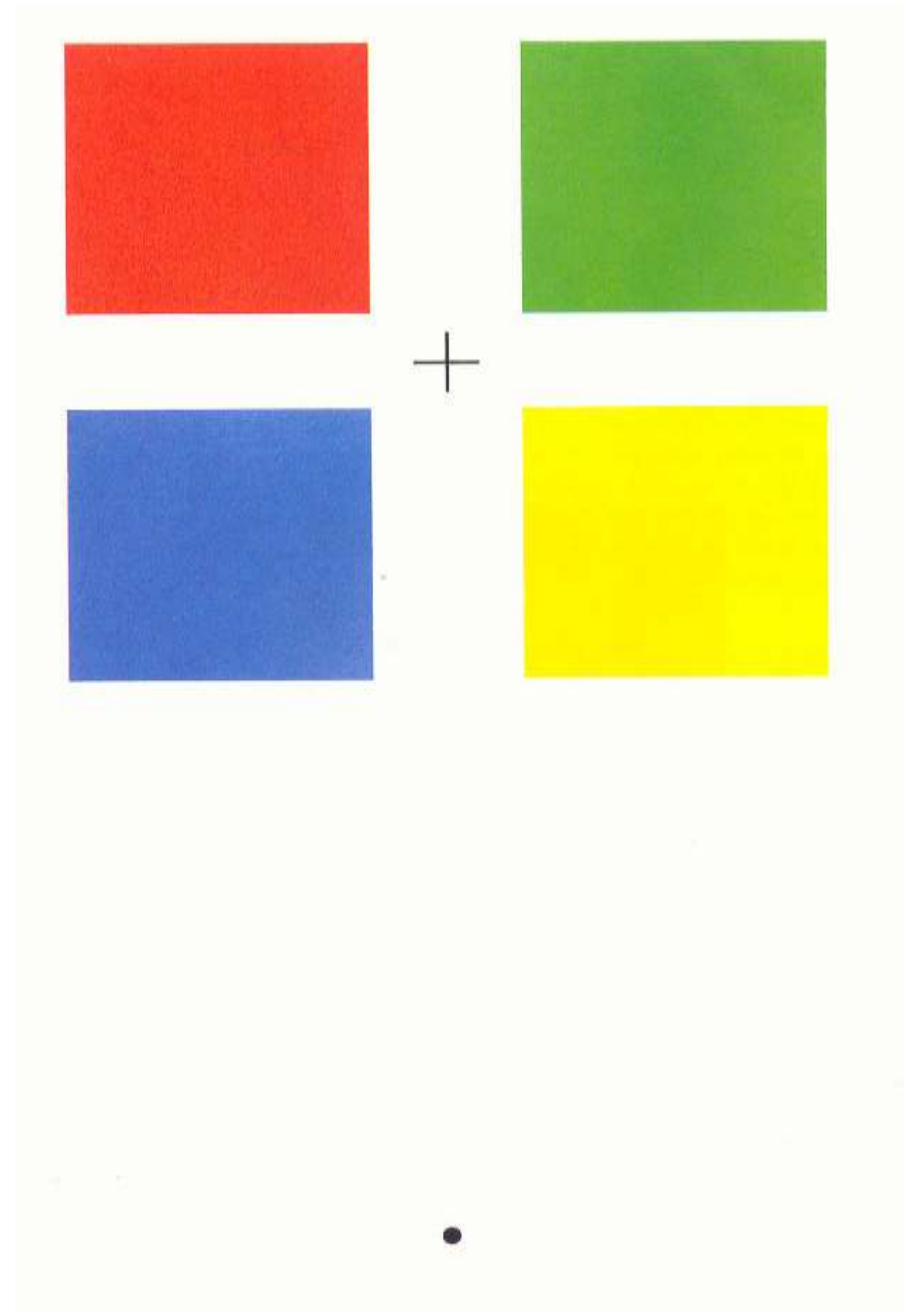


Plate 5 Simultaneous colour contrast.

Negative afterimages  
Selektivní adaptace a  
barevně  
selektivní buňky

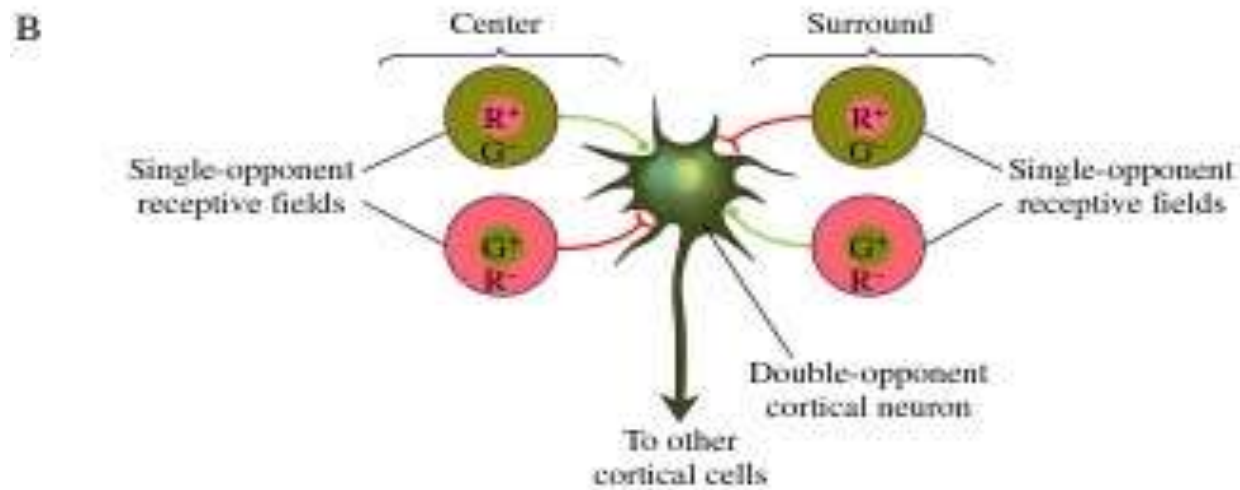
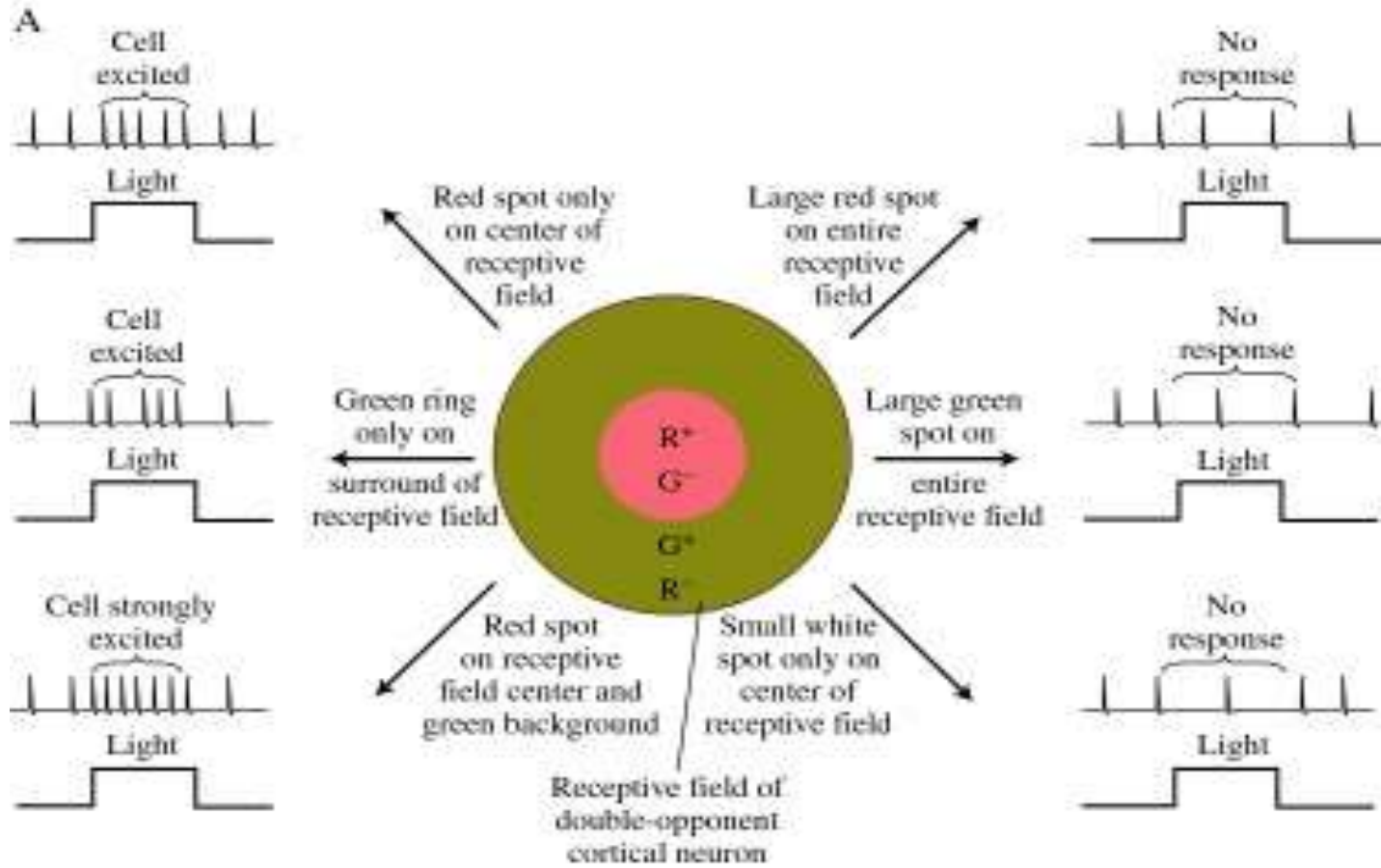
<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa05.04.html>





Dopad zeleného světla na periférii receptivního pole buněk s dvojitou oponencí s červeným excitačním centrem a zelenou excitační periférií vyvolá jejich aktivaci. Stejnou odezvu ale vyvolá dopad červeného světla na centrum tohoto r.p.

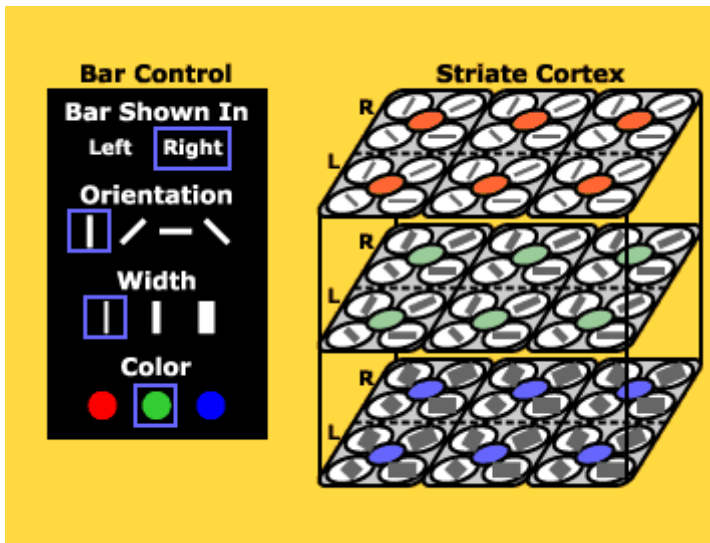
Výsledkem stimulace periferie zeleným světlem tedy je současný vznik načervenalého vjemu v té části zorného prostoru, která odpovídá centru receptivního pole.



Dopad zeleného světla na periférii receptivního pole buněk s dvojitou oponencí s červeným excitačním centrem a zelenou excitační periferií vyvolá jejich aktivaci. Stejnou odezvu ale vyvolá dopad červeného světla na centrum tohoto r.p. Výsledkem stimulace periferie zeleným světlem tedy je současný vznik načervenalého vjemu v té části zorného prostoru, která odpovídá centru receptivního pole.

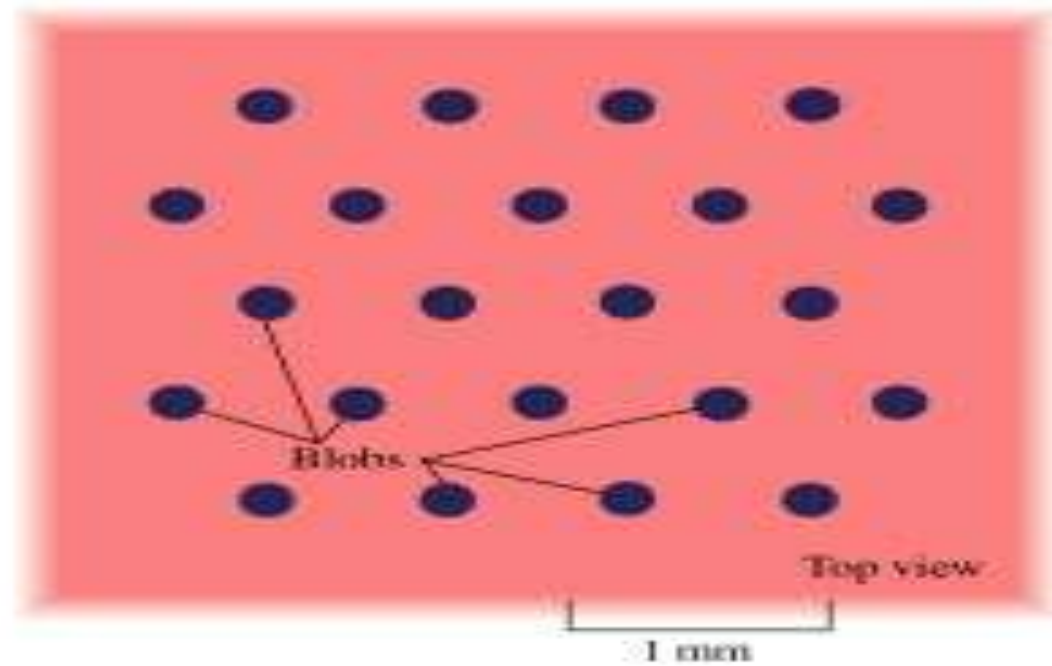
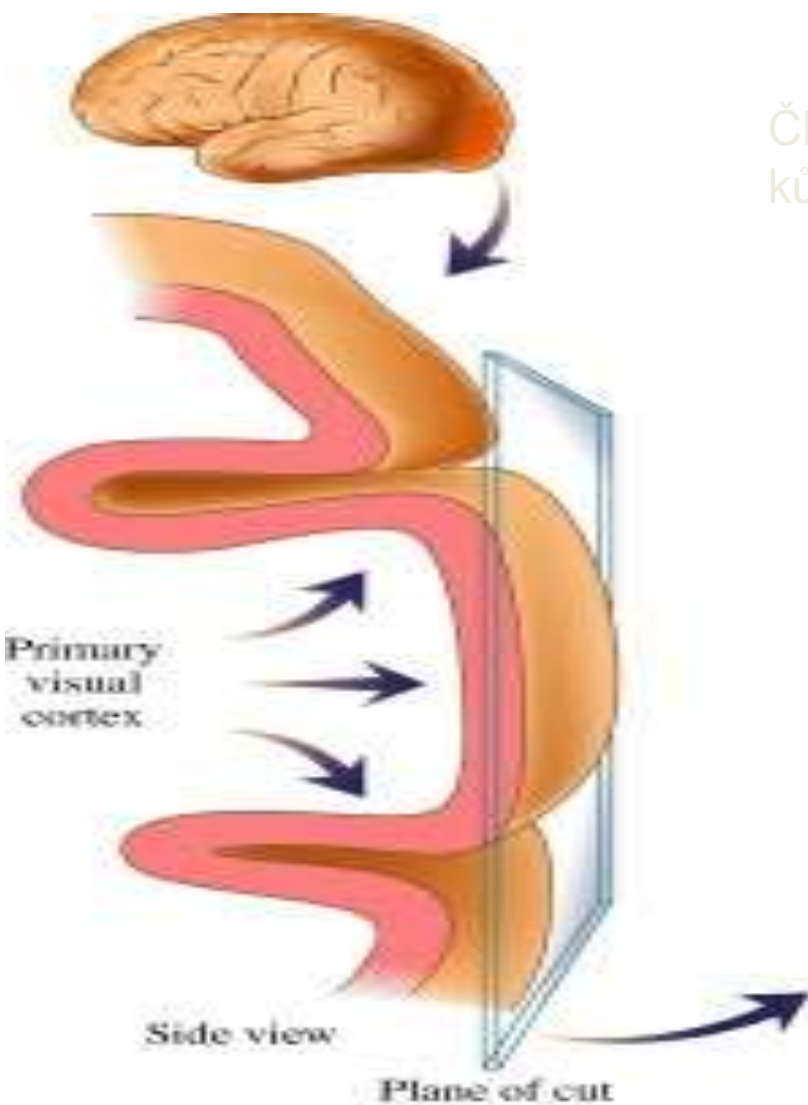
Neurony s dvojitou oponencí jsou v primární z.k. seskupeny do kolíčkovitých struktur kolmých k povrchu kůry, které jsou roztroušeny mezi sloupci orientační specifity. Označují se jako barevné sloupce (blobs).

I buňky s dvojitou oponencí projikují do sekundární zr. kůry a můžeme je hierarchicky rozdělit na jednoduché, komplexní a hyperkomplexní.



Členění primární zrakové kůry – barevné sloupce (blobs)

Členění primární zrakové kůry – barevné sloupce (blobs)



- Barevná stálost: ačkoliv osvětlené různými zdroji světla, barvy předmětů se jeví stále

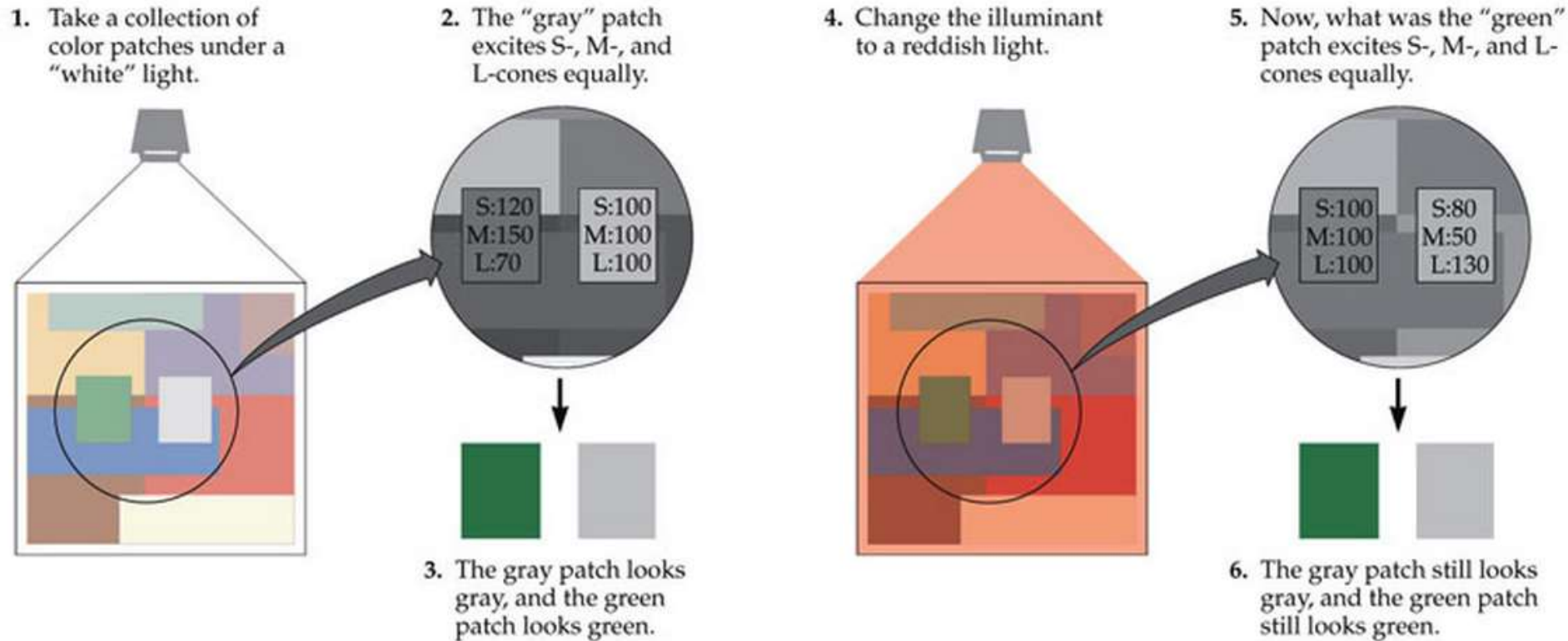
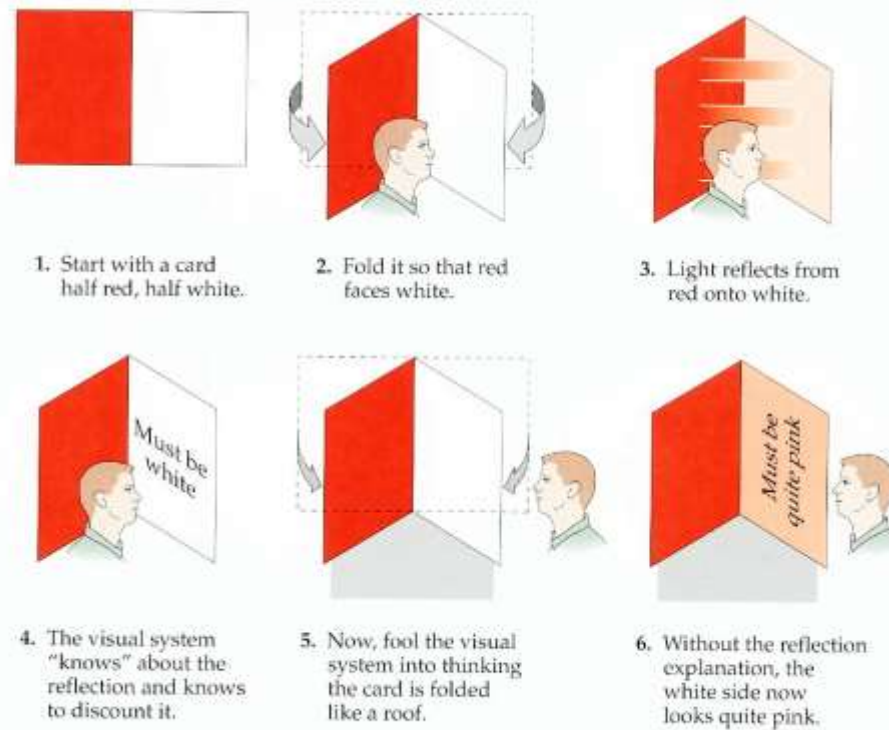


Figure 1

Užitečná deformace: většinou jsou kontrasty mezi povrchy ne mezi zdroji světla.  
Systém vidí kontext.

<https://wolfe4e.sinauer.com/essay05.03.html>

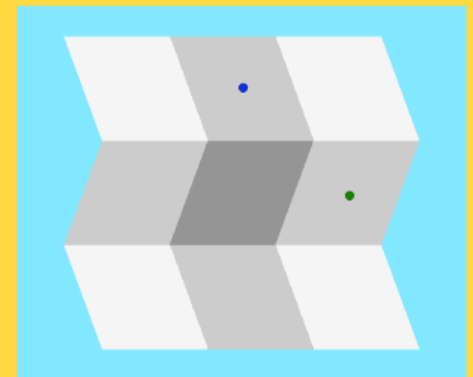


**FIGURE 5.21** The experiment of Bloj, Kersten, and Hurlbert (1999) shows us how assumptions about the physics of the world influence the psychophysics of color perception.

Předpoklady a srovnávání deformují skutečný vjem.

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa05.05.html>

## 5.5 Illusions of Lighting 1



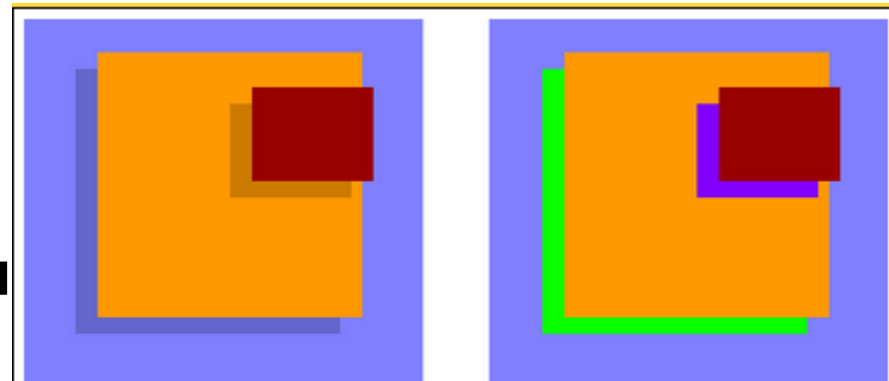
- Introduction
- Folded Card Illusion
- Bumps and Dimples Illusion
- Checkerboard Shadow Illusion

The shadows in Figure 1 (left) produce exactly the same outputs as their backgrounds in the R/G and B/Y “channels” of the opponent process system. The orange square, for example, activates R+G– and Y+B– cells (because orange can be described as reddish yellow). Since the shadow of the small rectangle is the same hue, it also activates these same opponent process cells. The difference between the shadow and its background will only be registered in the output of the BI/Wh opponent process: the Wh+BI– cells will respond more strongly to the brighter orange square than to the darker shadow. In Figure 1 (right), on the other hand, all five shapes are different hues, so **all five will produce different outputs in the R/G and B/Y channels.**

Although we almost never notice them, shadows—brightness differences—are scattered throughout almost every visual scene (if you look around carefully now, you will probably see them everywhere). But shadows are rarely of interest to us, whereas hue boundaries *are* important. They divide the visual scene into component surfaces which higher-level vision can then combine into objects. **Thus, recoding light wavelengths into dimensions that de-emphasize shadows and highlight surfaces is a very good thing.**

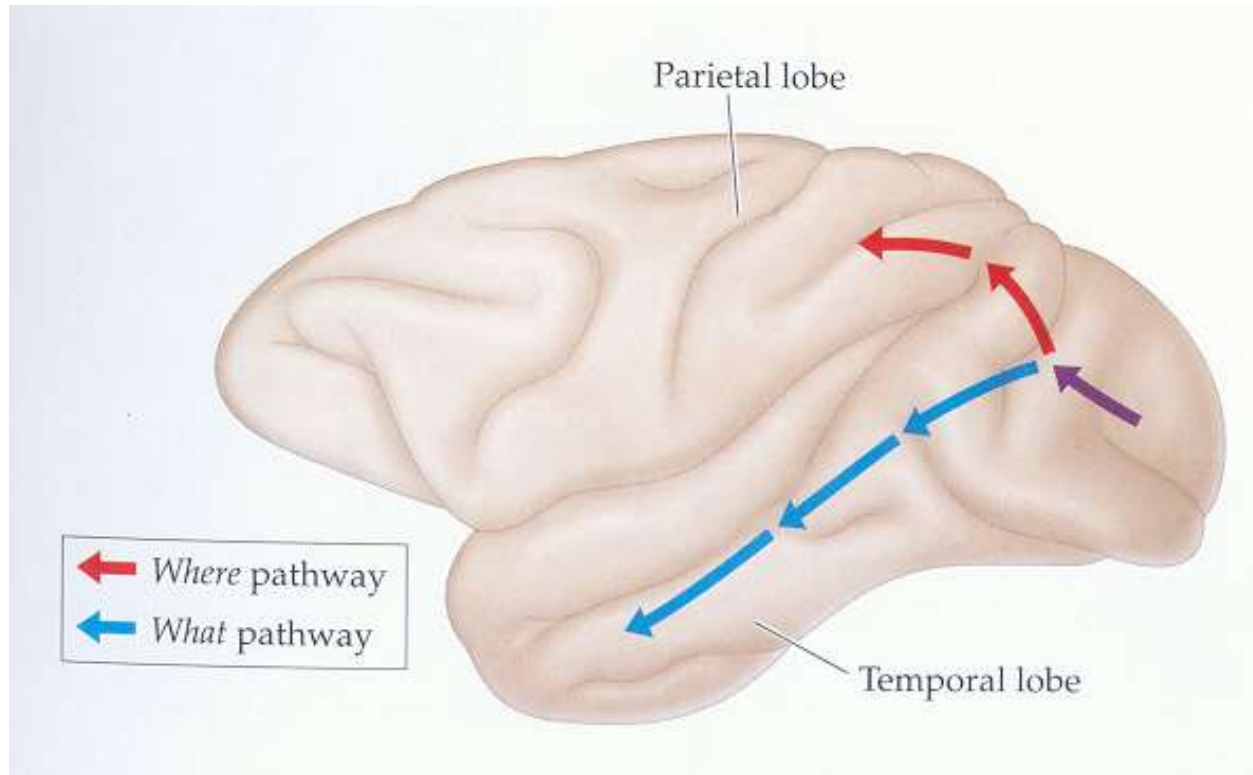
**K čemu je dobrá oponence?  
Rozeznání objektů od jejich stínů  
3 vs 5**

<https://wolfe4e.sinauer.com/essay05.01.html>

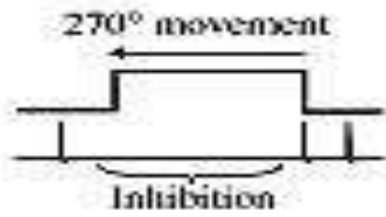
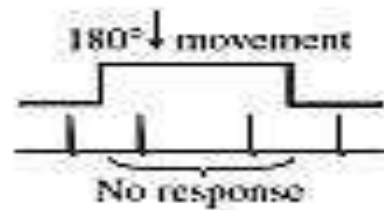
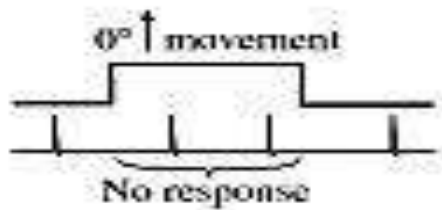
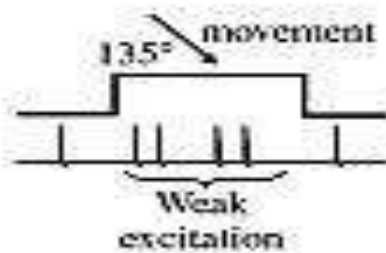
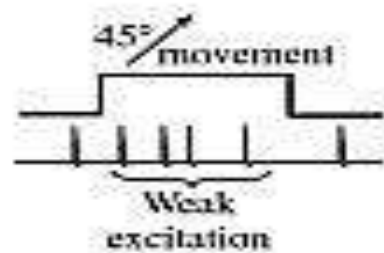
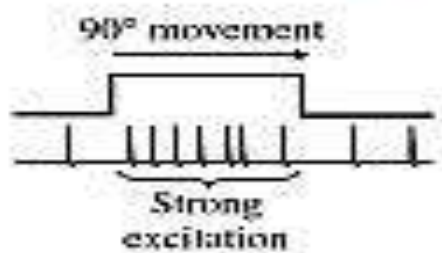
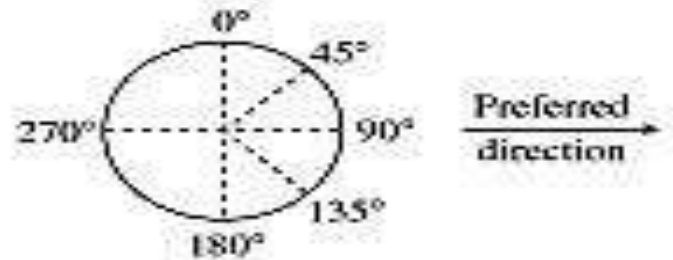
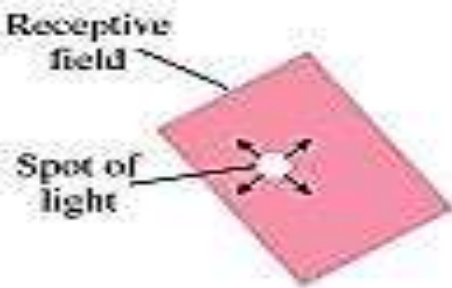
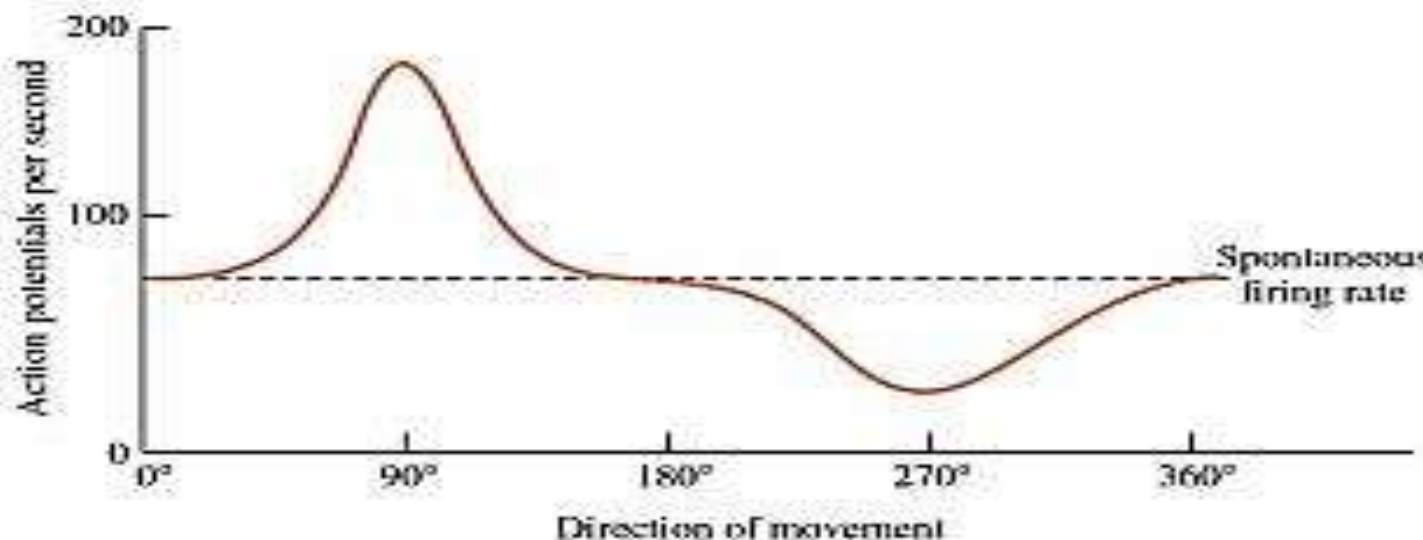


**Figure 1** The image on the left is perceived as a red rectangle above an orange square on a blue background. The figure on the right is perceived as five different surfaces. These inferences are easily made on the basis of opponent-process cell outputs.

# Vnímání pohybu



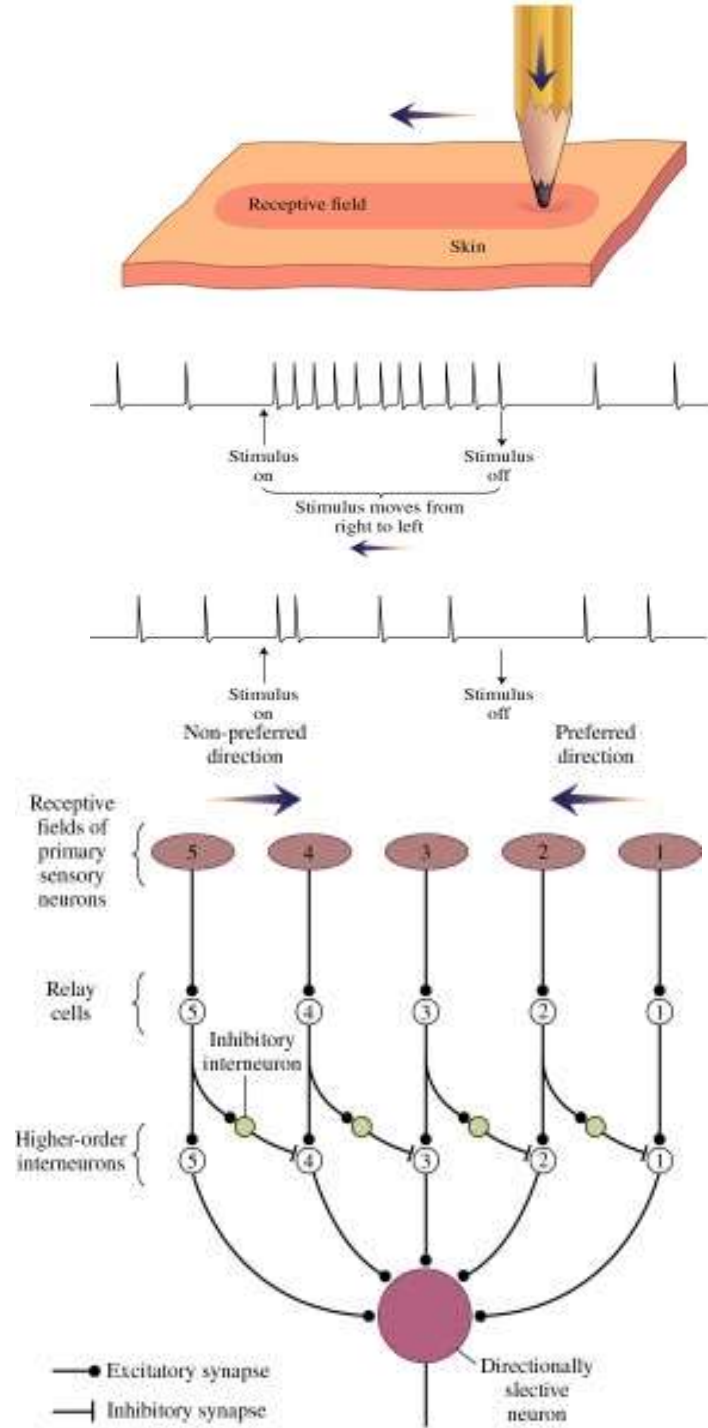
[Jak je pohyb důležitý http://sites.sinauer.com/wolfe4e/ch08.html](http://sites.sinauer.com/wolfe4e/ch08.html)  
[Zdánlivé pohyby](#)

**A****B**

Specialista na směr

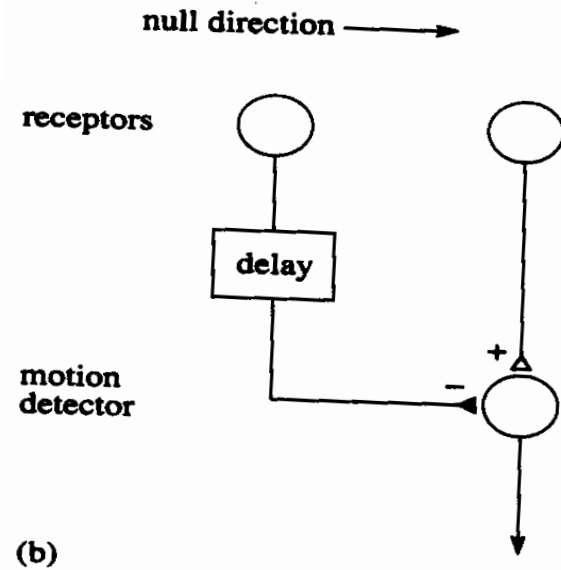
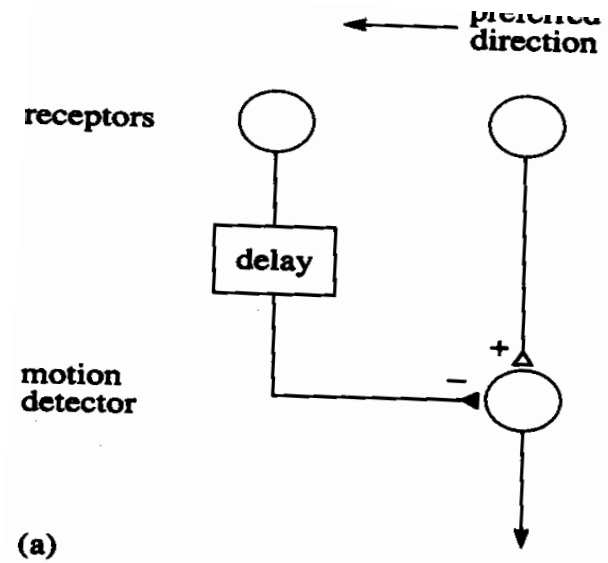


# Detektor směru pohybu

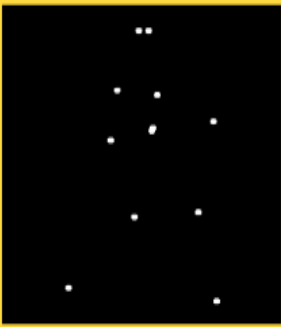


# Detektor rychlosti

- <http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa08.01.html>



**Figure 4.36** Principles of a simple retinal motion detector. See text for explanation.



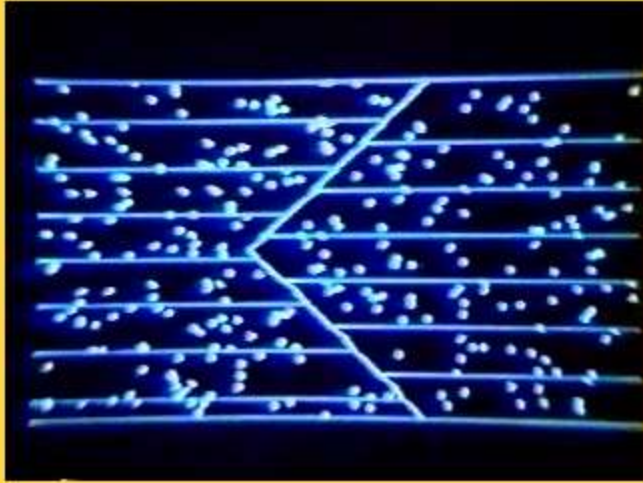
<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa08.02.html>

[Image 1](#) and [Image 2](#) of this part of the activity may at first look like random collections of white dots. But when we put a series of these images together and play them as a movie, as in [Image 3](#), you should get the immediate and compelling perception of a human being walking to the right.

Researchers have found that a great deal of information can be gathered about the activities and even identities of people featured in “dot walker” displays such as this. For example, it has been shown that observers can usually identify the gender of the walker, possibly by calculating the width of his or her shoulders and hips (males typically have broader shoulders and narrower hips than females).

Interestingly, biological motion displays are much easier to identify when the character in the movie is performing a familiar action. [Image 4](#) shows the frames of the movie in [Image 3](#) reversed, so that the person is walking backwards. Although the motion in this movie does appear vaguely familiar, it seems less “natural” than the forward walker in [Image 3](#).

## 8.2 Types of Motion

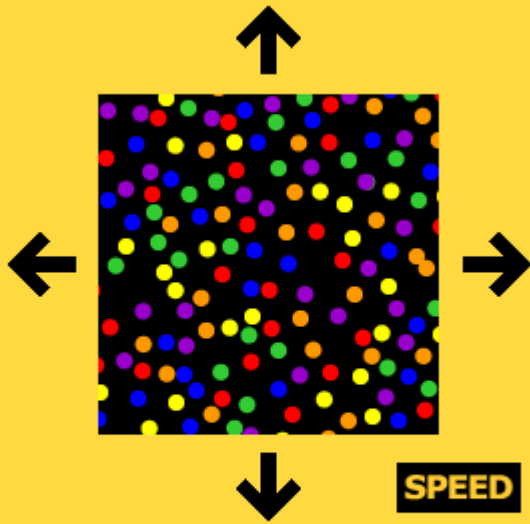


Play Stop

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa08.02.html>

Pohyb pomáhá rozlišit co je blíž a co dál. Okraj je vždy „nahore“

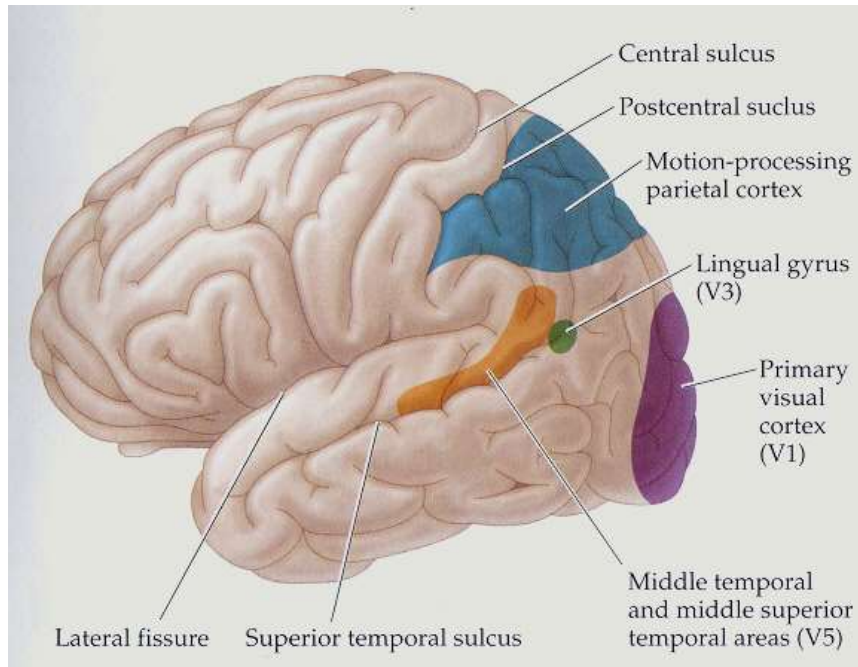
## 8.4 Motion Aftereffects



- Introduction
- Why Does the MAE Occur?
- Interocular Transfer
- More Fun with the MAE

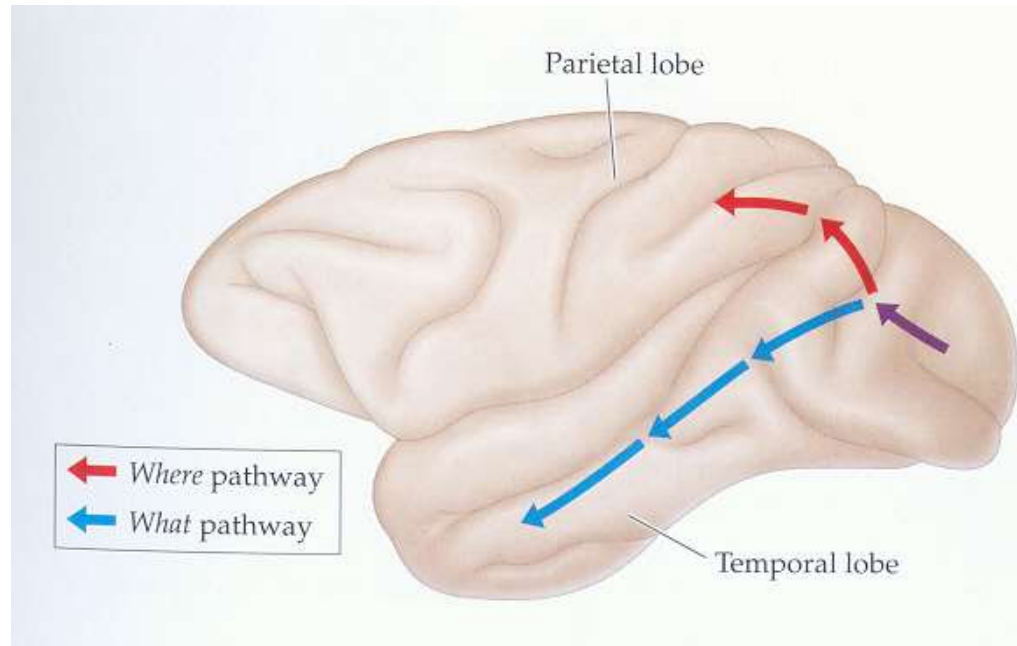
Únava analyzátoru pohybu

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa08.04.html>



**FIGURE 7.7** The middle temporal lobe and other regions of the cortex involved in motion perception.

Dorzální „Where“ dráha.



Frontal lobe

Parietal lobe

KDE?

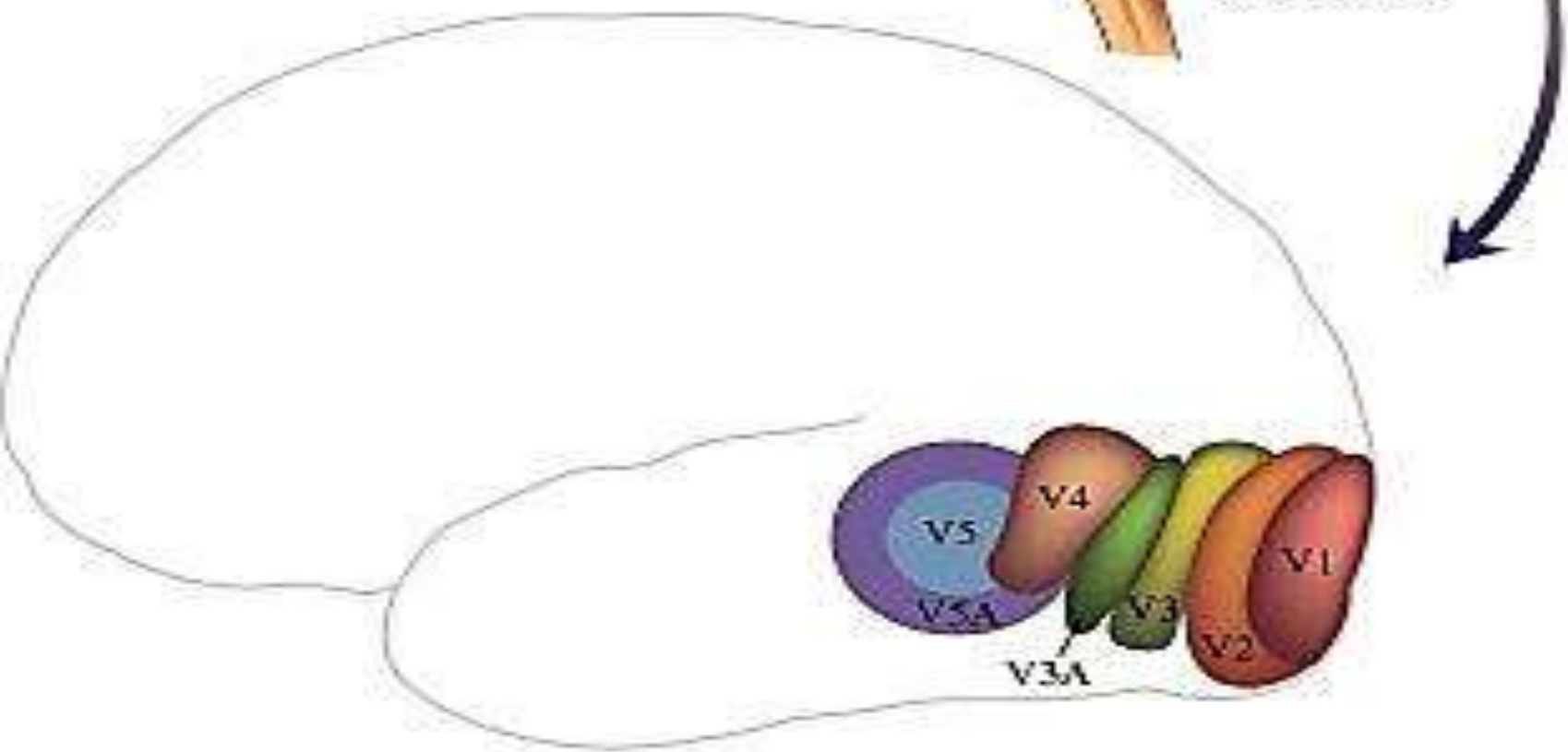
Členění sekundární zrakové kůry

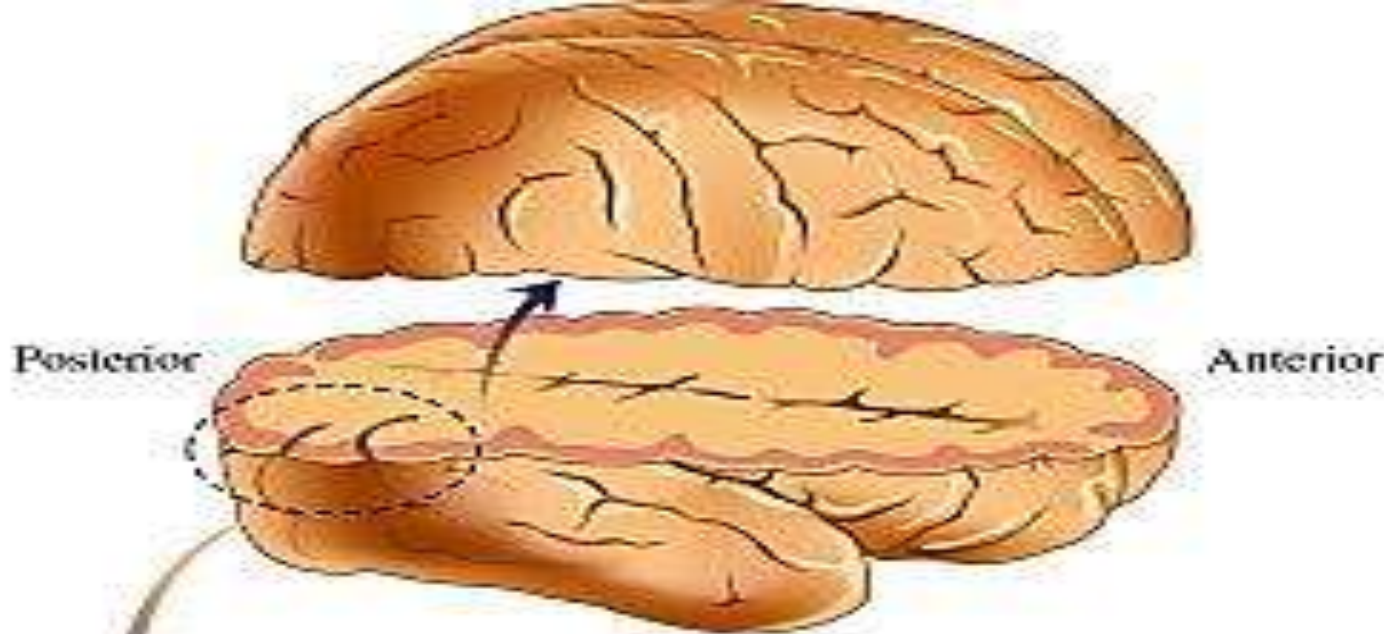
Occipital lobe

Temporal lobe

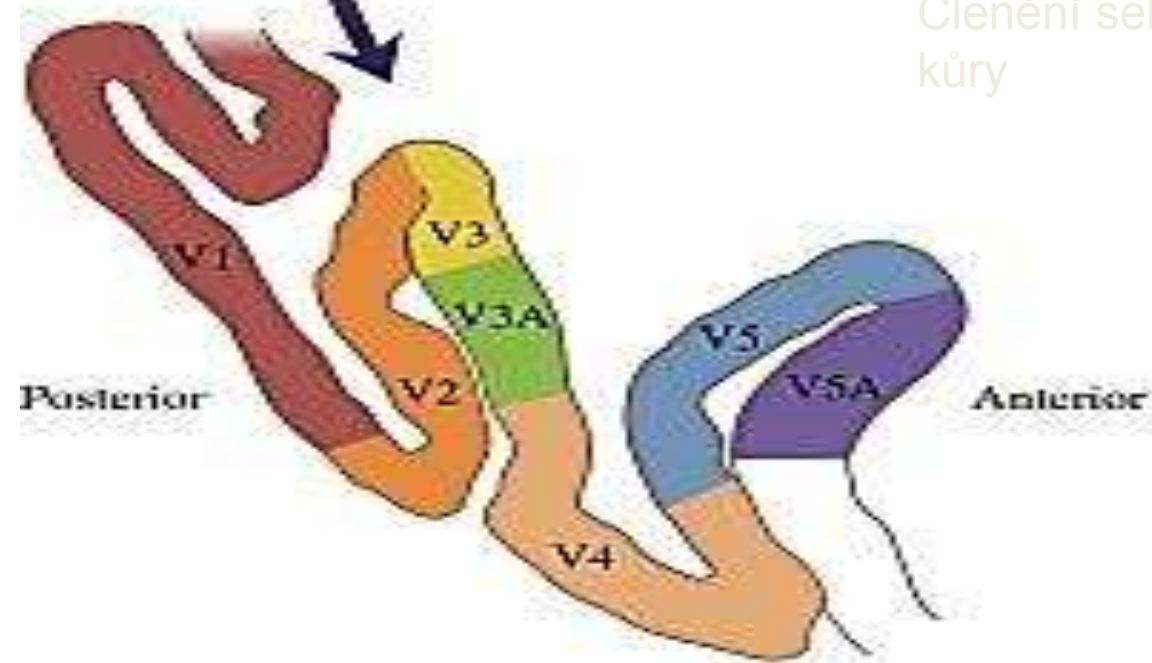
CO?

Cerebellum

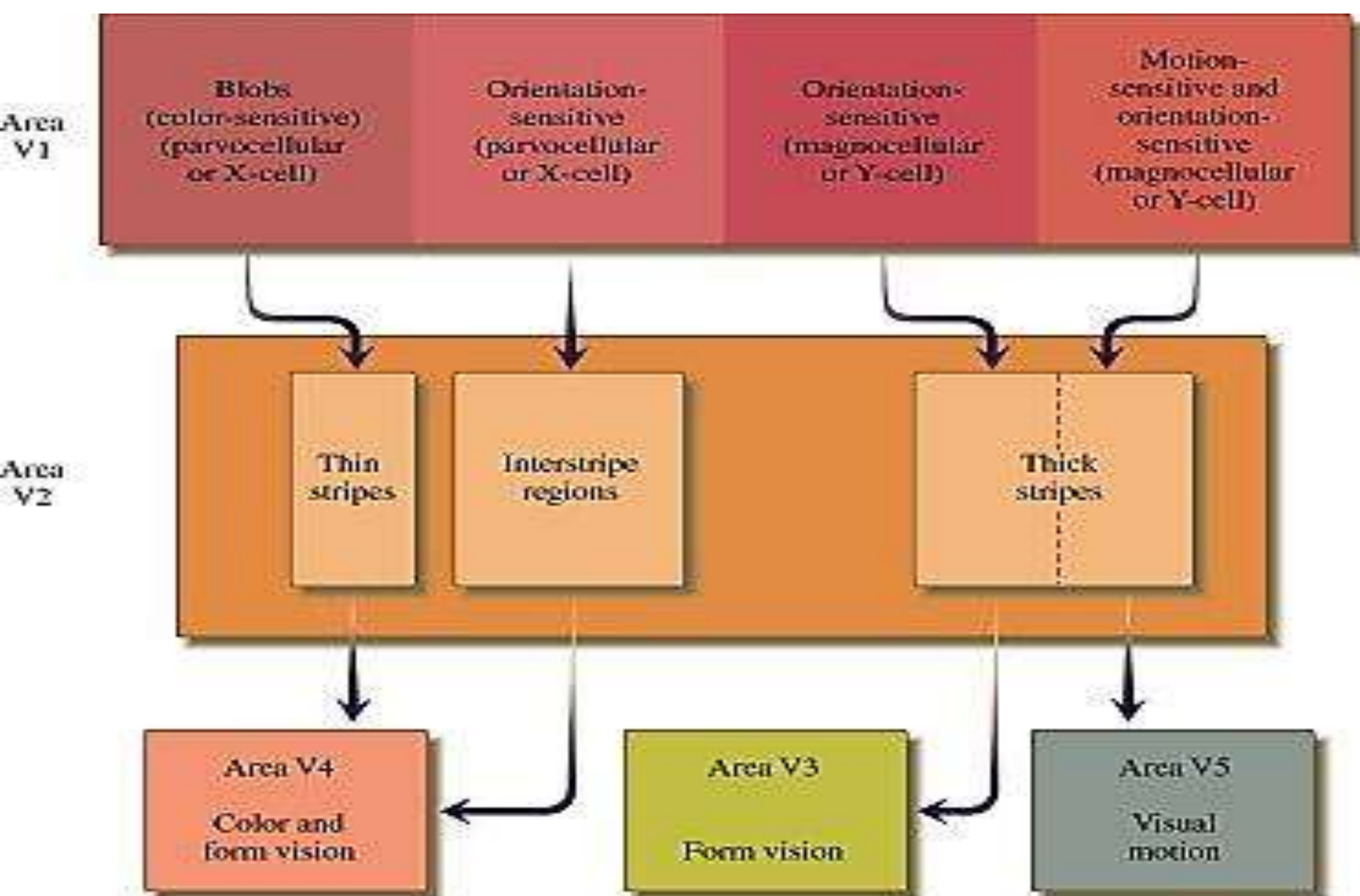




Členění sekundární zrkové kůry



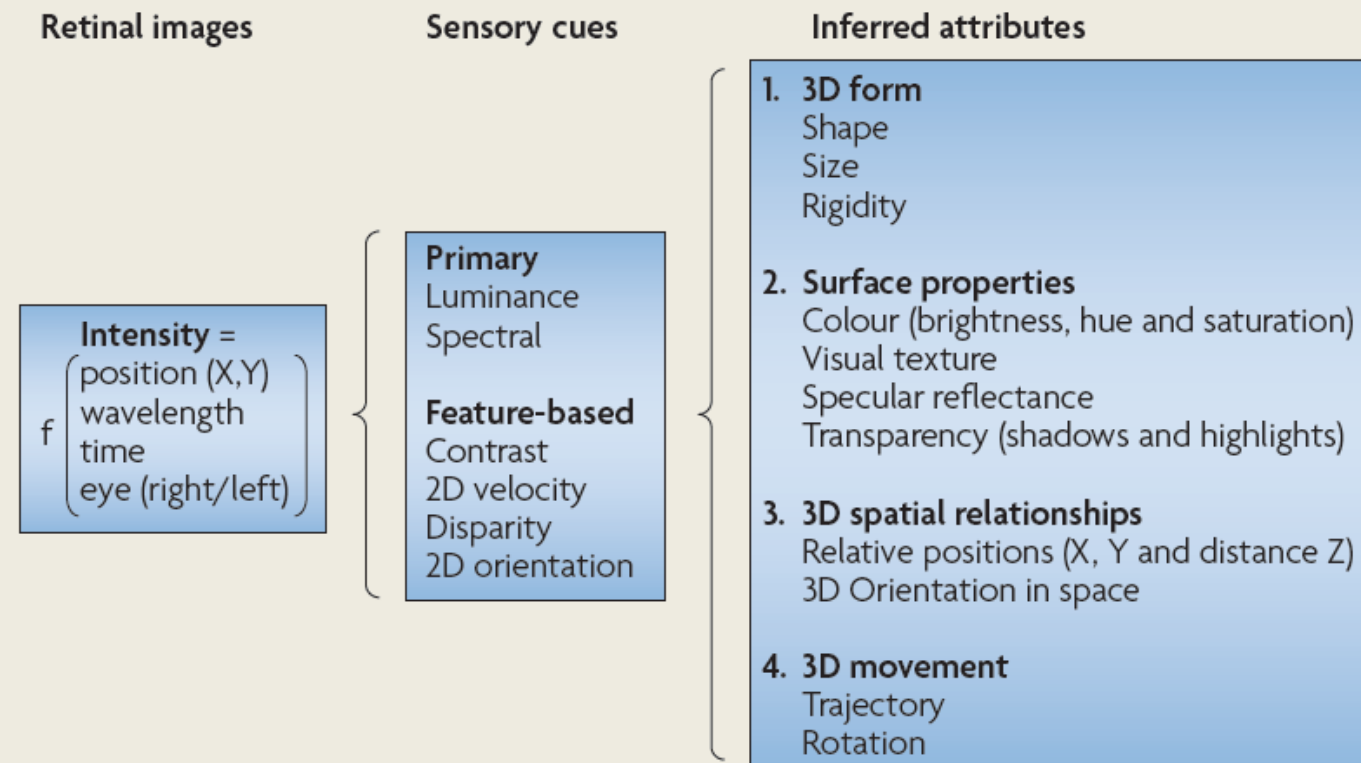




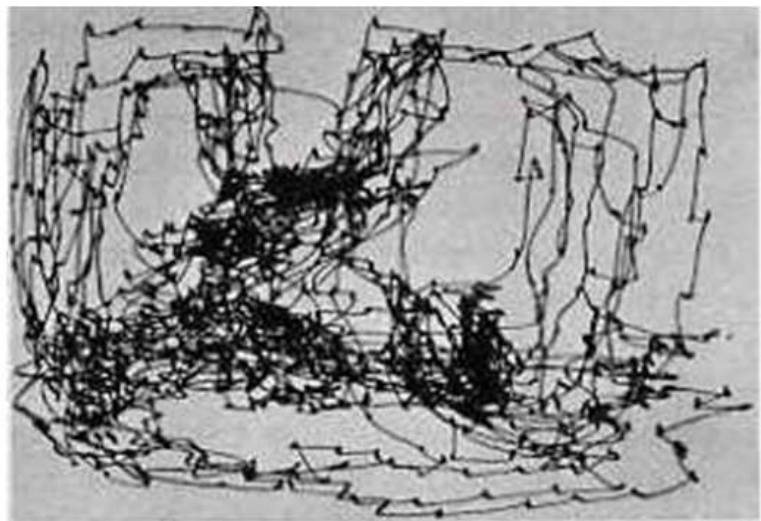
# Paralelní zpracování ve zrakové dráze

## Box 1 | From retinal input to cortical processing and perception

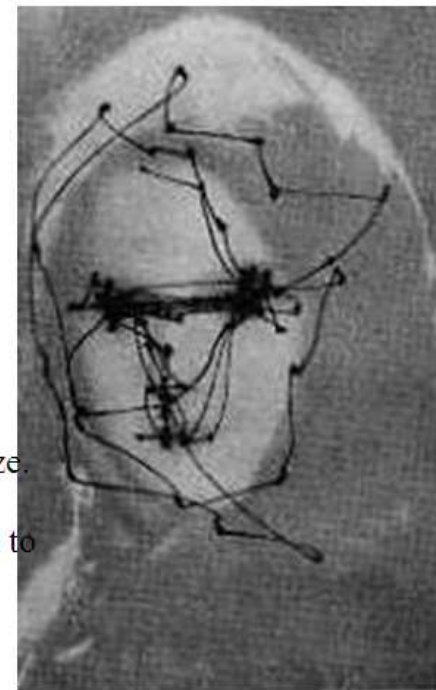
Visual input is initially encoded in the retina as a two-dimensional (2D) distribution of light intensity, expressed as a function of position, wavelength and time in each of the two eyes. This retinal image is transferred to the visual cortex, where sensory cues and, later, inferred attributes are eventually computed (see the figure). Parallel processing strategies are used from the outset to overcome the constraints of individual ganglion cells' limited bandwidth and the anatomical bottleneck of the optic nerve. Figure is modified, with permission, from REF. 9 © (1988) Elsevier.



# Pohyby očí – sakkadické pohyby



A picture is viewed by an observer while we monitor eye position and hence direction of gaze. The eyes jump, come to rest momentarily (producing a small dot on the record), then jump to a new locus of interest. It seems difficult to jump to a void - a place lacking abrupt luminance changes.

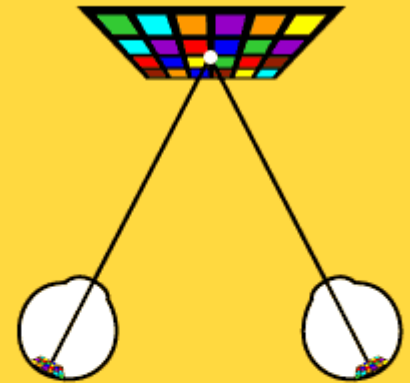


Úkol rozeznat pohyb na sítnici způsobený pohybem očí od vlastních pohybů předmětů

- <http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa08.05.html>

Retinal Movement?	Eye Movement?	Object Movement?
No	No	<b>No</b>
Yes	Yes	<b>No</b>
Yes	No	<b>Yes</b>
No	Yes	<b>Yes</b>

## 8.5 Eye Movements

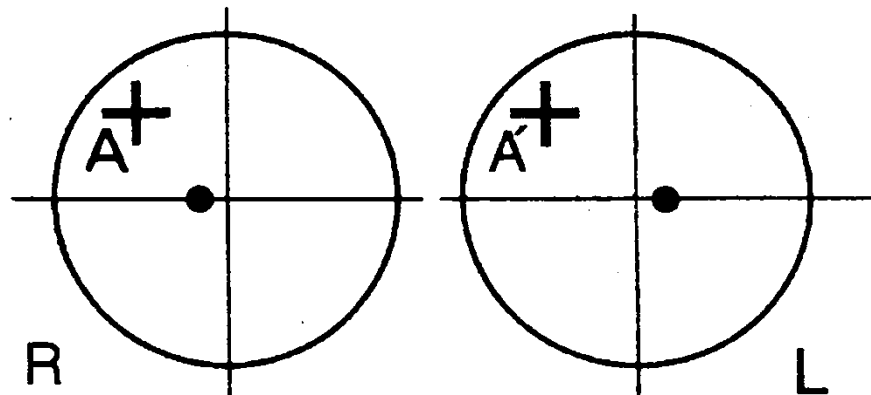


- Introduction
- Voluntary Eye Movements
- Object Movements
- Top Views
- Distinguishing Eye from Object Movements
- Involuntary Eye Movements

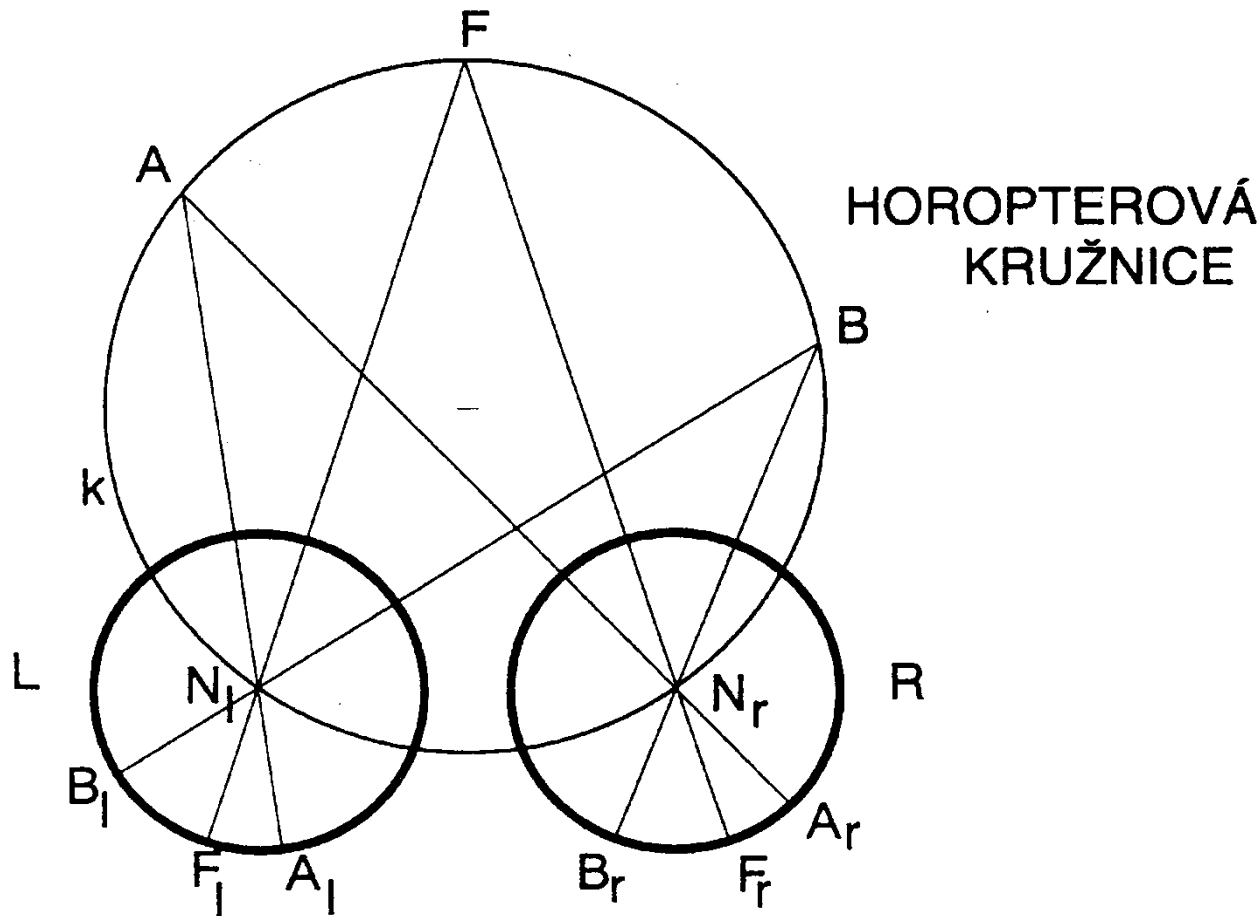
# Vnímání prostoru

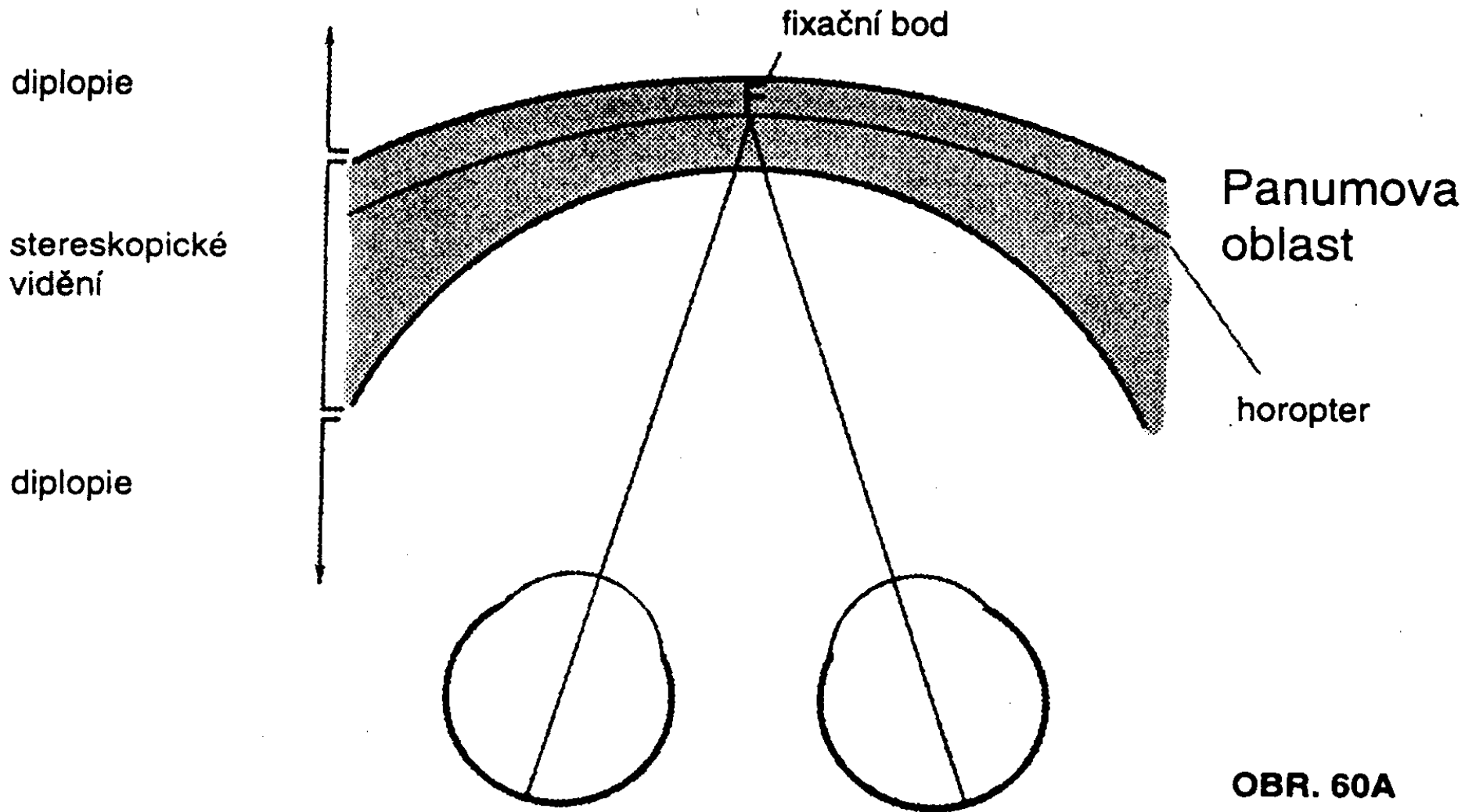
**OBR. 57A**

Sítnice pravého (R) a levého (L) oka. Body A a A' značí polohu identických míst. Černá skvrna znázorňuje centrální jamku.



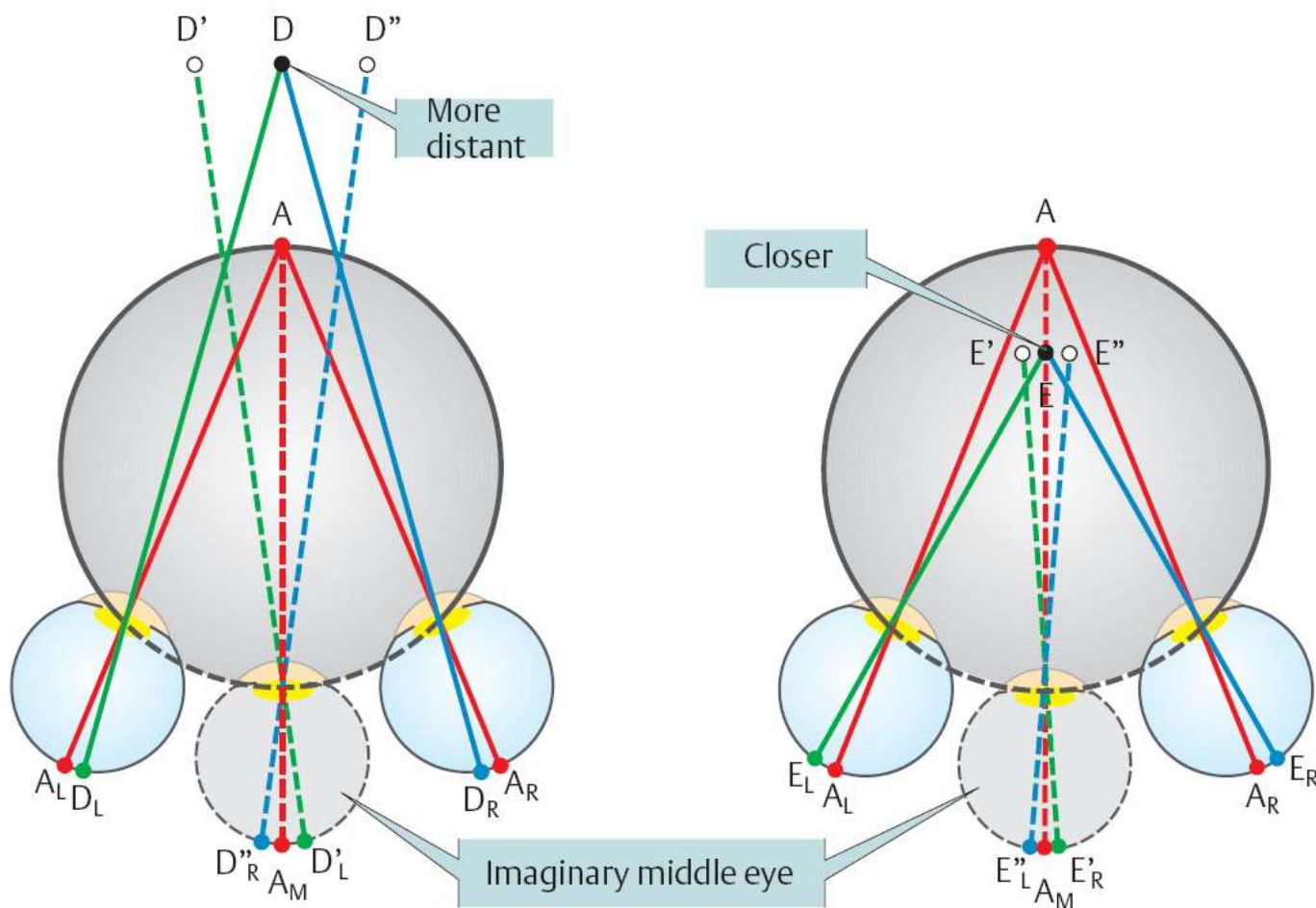
**OBR. 58A**





<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa06.02.html>

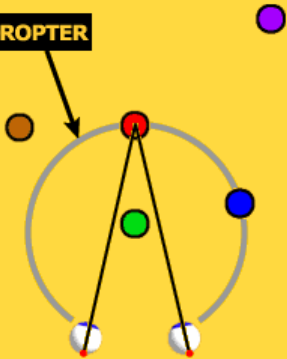
Prostorové vidění (co je blíže a co dál) založeno na schopnosti měřit odlišnosti v zobrazení pravé a levé sítnice.





## 6.2 Binocular Disparity

**HOROPTER**



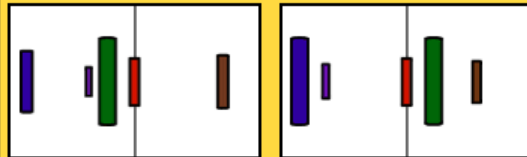
### Shifting Focus

The figures at left now show what happens if the disembodied eyeballs' gaze is shifted, so that they are focused on the green cylinder rather than the red cylinder. (Click any of the cylinders or the link below to toggle back and forth between focusing on the green and red cylinders.) As you can see, disparity information shifts as gaze direction is shifted (although the changes are made much more dramatic than normal in this scene because the objects are all placed so close to the viewer).

In particular, note that images of the blue cylinder, which fall on corresponding retinal points when the eyeballs are focused on the red cylinder, fall on disparate retinal points when gaze is shifted to the green cylinder. Indeed, the whole horopter shifts along with the shift in focus. This illustrates the fact that binocular disparity provides only relative depth information: The disparities of the various objects in the environment tell us how far away objects are relative to the horopter, but we cannot tell exactly how far away the horopter is, and furthermore the horopter changes every time we look at a new object!

This demonstration should also impress upon you the incredible amount of computation that the visual system must carry out to achieve stereopsis. Every time we shift our gaze, the system instantaneously recalculates the disparity information from every object in view, updating our sense of three-dimensional space.

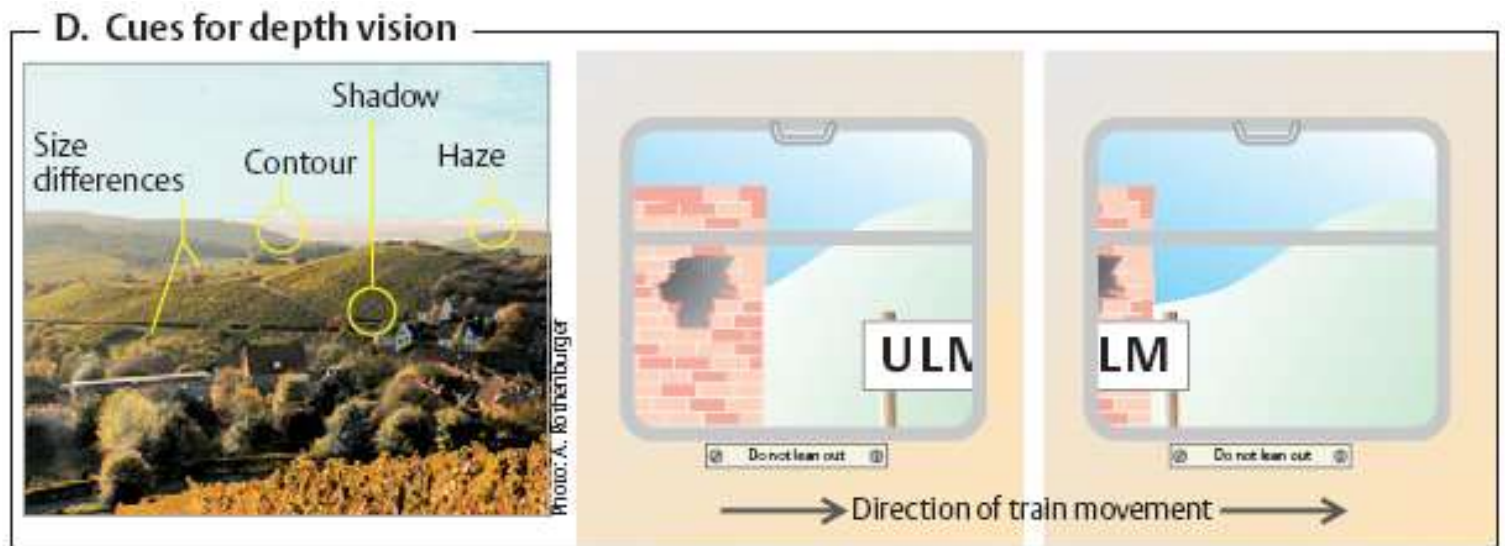
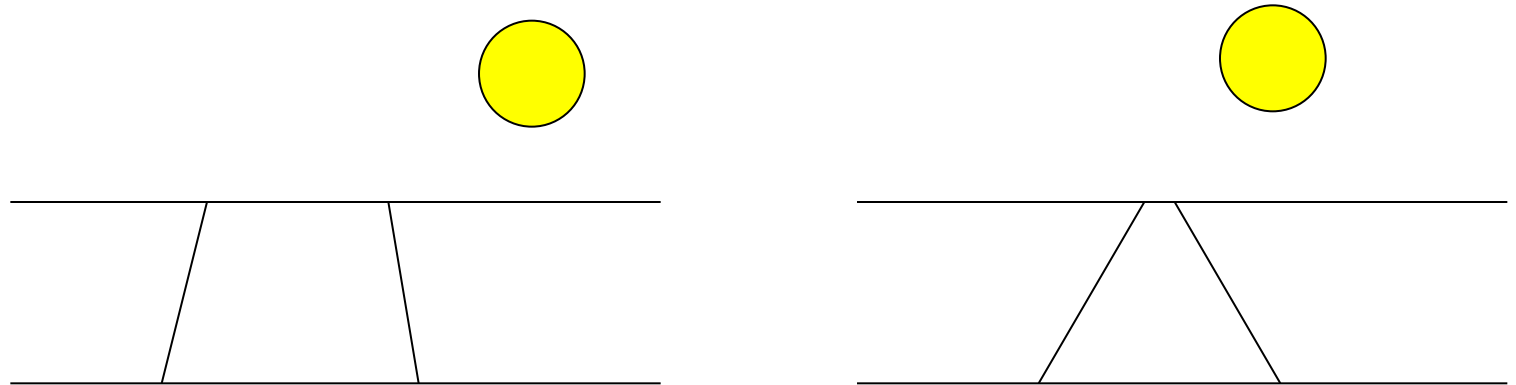
- **Toggle focus**
- **Do another disparity demonstration**
- **Return to the activity introduction**



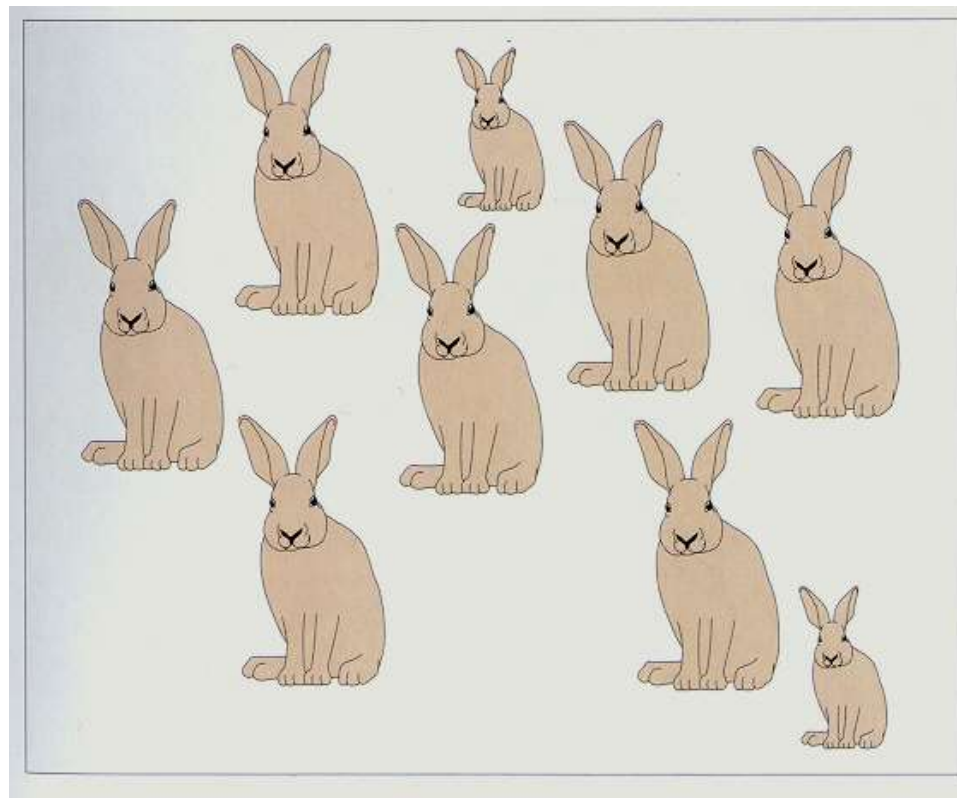
<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa06.02.html>

- Binokulární neurony – zajišťují fúzi obrazů do určitého stupně disparace. Pak se obraz rozpadne na dva.
- Sloupečky retinální disparace – každý sloupec hlásí jiný stupeň disparace – a tedy i jinou vzdálenost mezi dvěma pozorovanými předměty

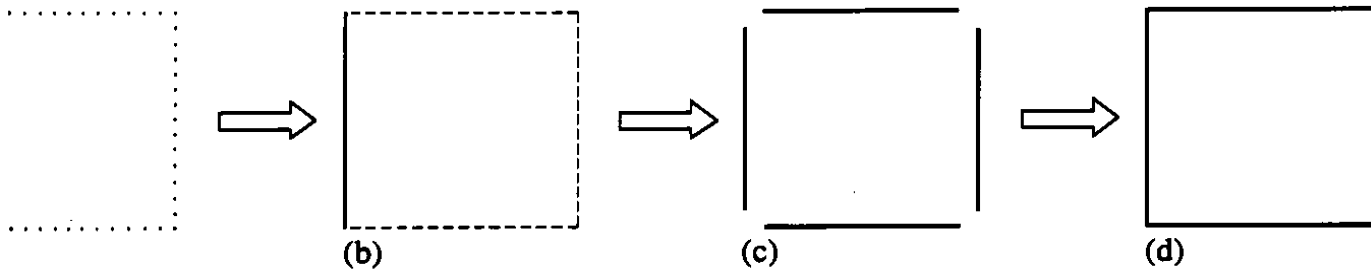
## Další metody konstrukce prostoru.



Jsou stejně malí, ale nevypadají...

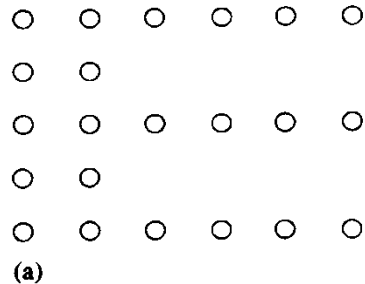


# Interpretace viděného rozeznávání objektů

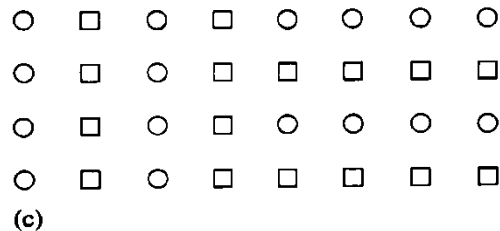
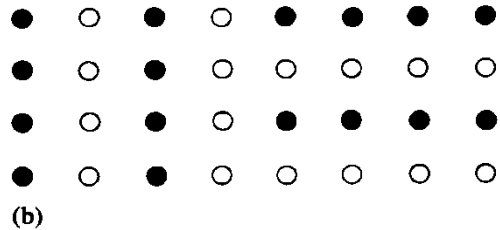


**Figure 4.51** Descriptive advantages of visual grouping. See text for explanation.

Seskupování  
Gestalt princip:  
celek je víc než  
součet částí



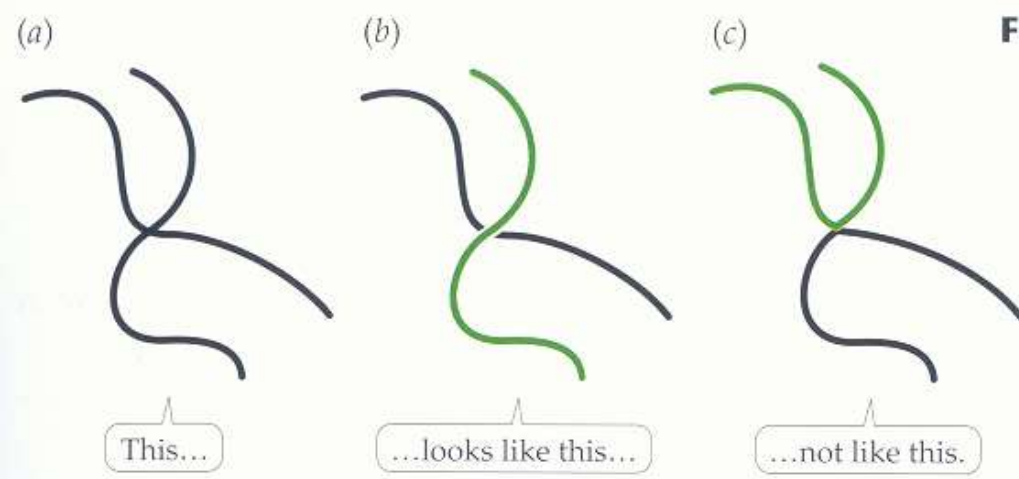
Podle  
kontrastních  
linií



**Figure 4.50** Examples of visual grouping: (a) Grouping by spacing. (b) Grouping by colour. (c) Grouping by shape.

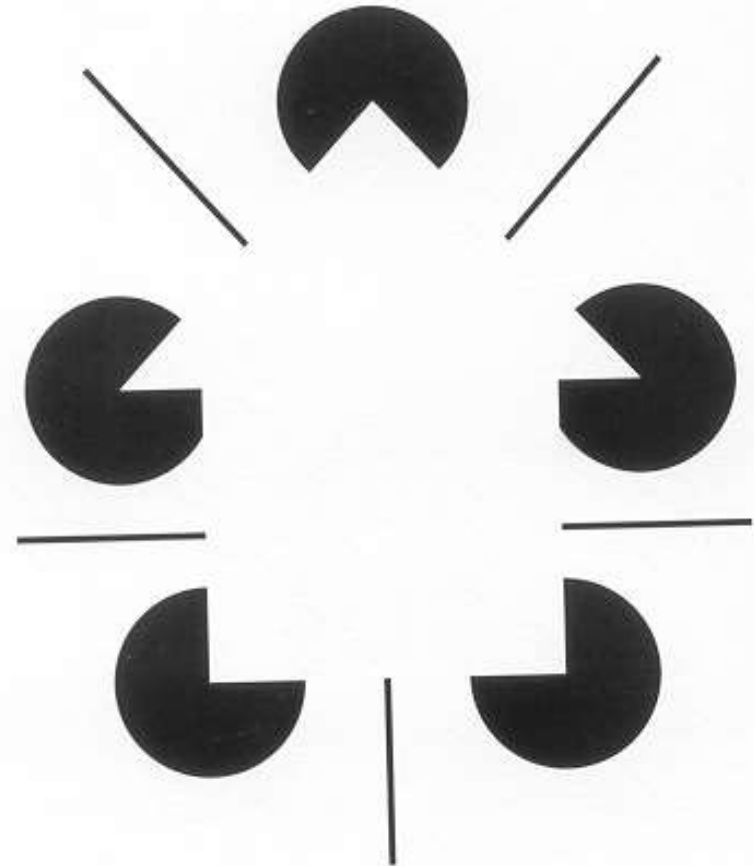
<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa04.01.html>

**FIGURE 4.7** The Gestalt principle of good continuation.



Seskupování  
Podle kontrastních  
Linií  
Hledání hran, kontur.

Zařazování vjemů do nachystaných kategorií:  
- je to rychlé  
- vystačí to s fragmentární informací



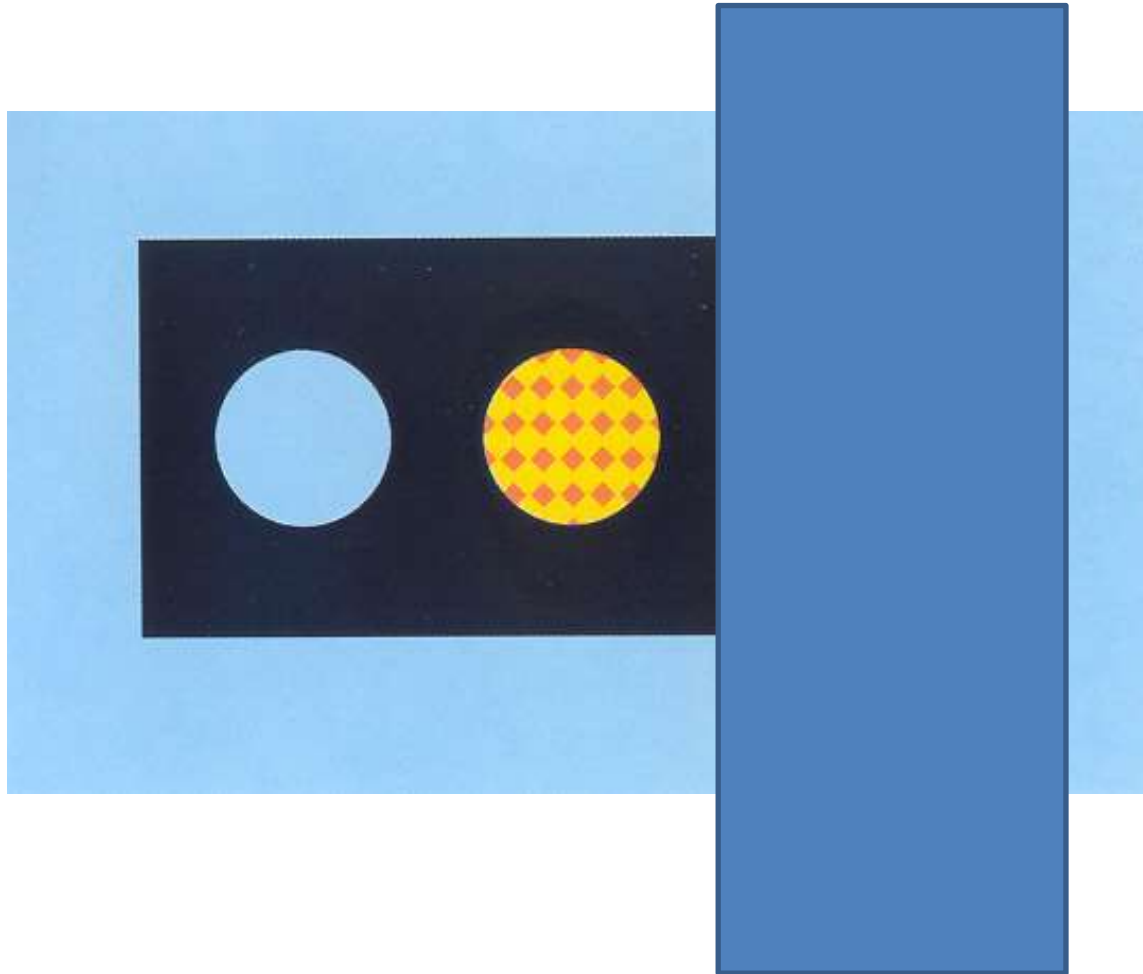


Iluze 1

Iluze 2

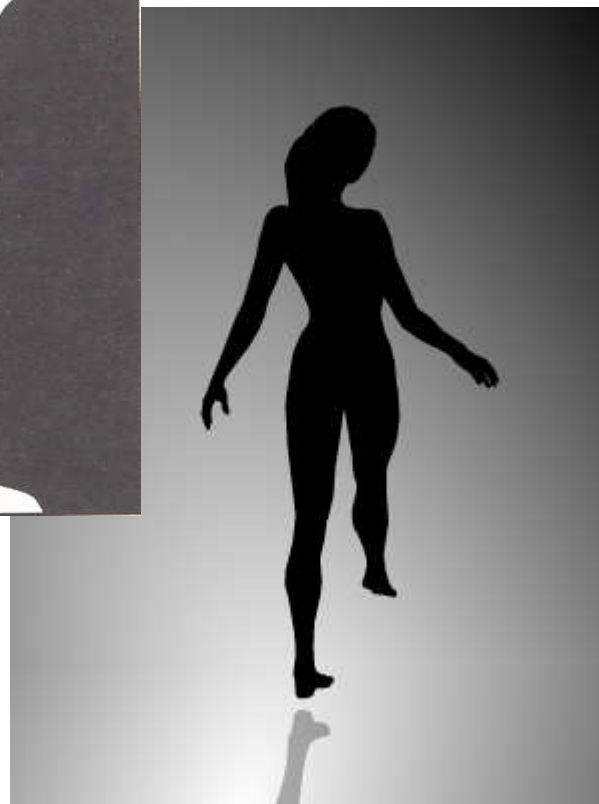
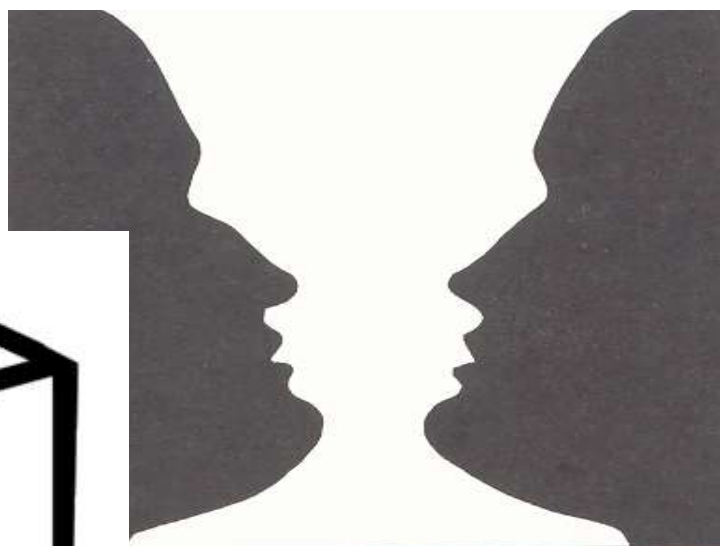
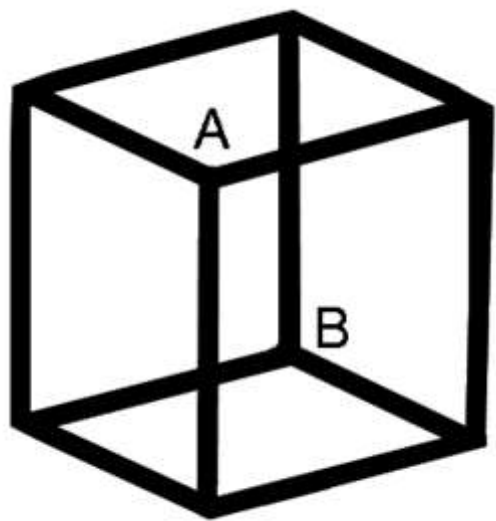


Okluze - překrývání  
Co je obrázek na černé zdi a co díra ve zdi ?



Dvoznačnost objektů

Přepínáme mezi dvěma interpretacemi. Neexistuje žádná střední.



Neckerova kostka

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa04.03.html>

Objekty potřebujeme identifikovat z různých úhlů.

Zkušenost – rozeznáme tvar i z různých úhlů

(a)



(b)



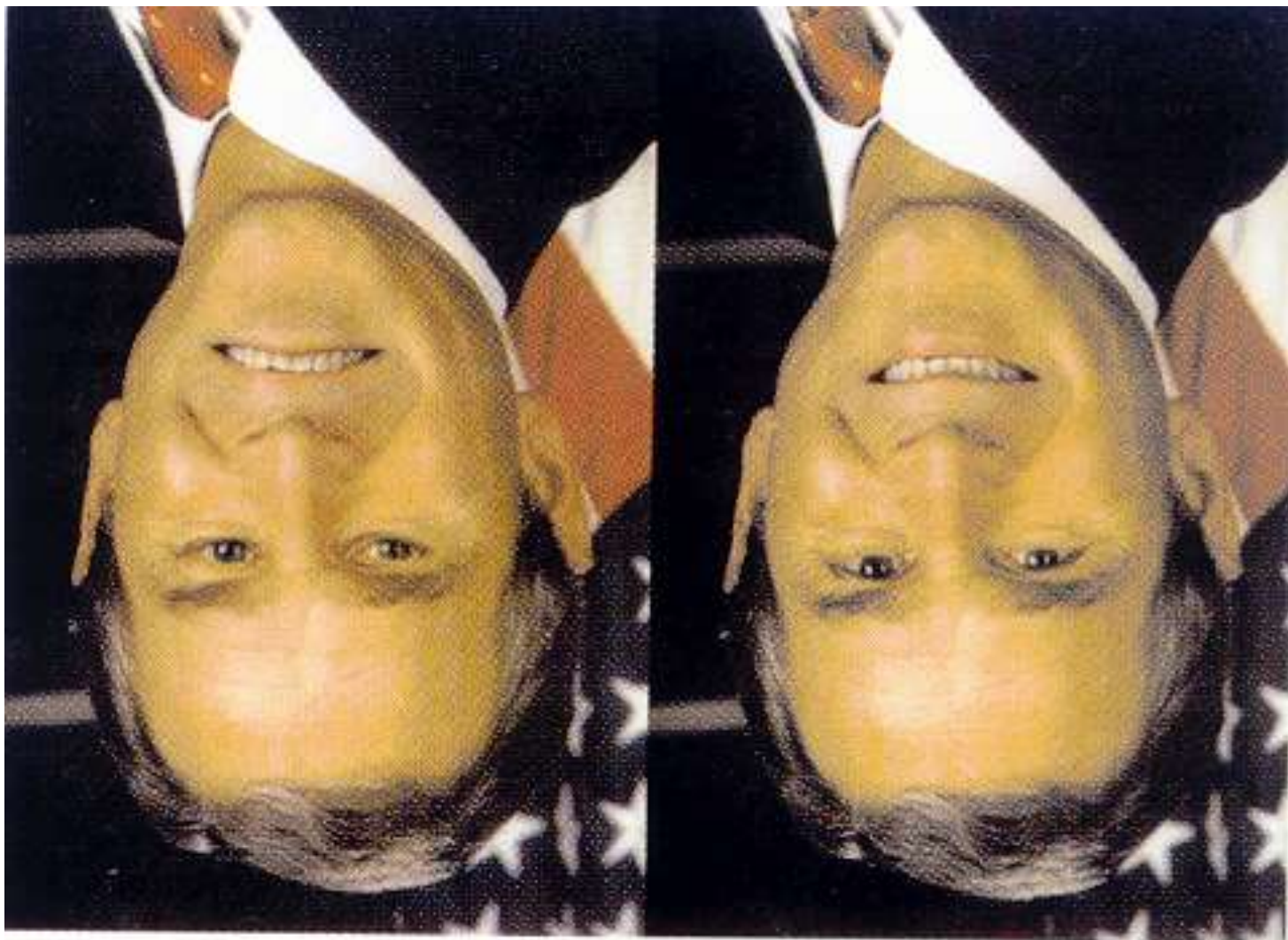
**FIGURE 4.1** (a) A house. (b) Paul Cézanne's *Chateau Noir* (1902–05). (c) Even though a viewpoint shift has radically changed the retinal image, you know that this is the same house as in Figure 4.1a.

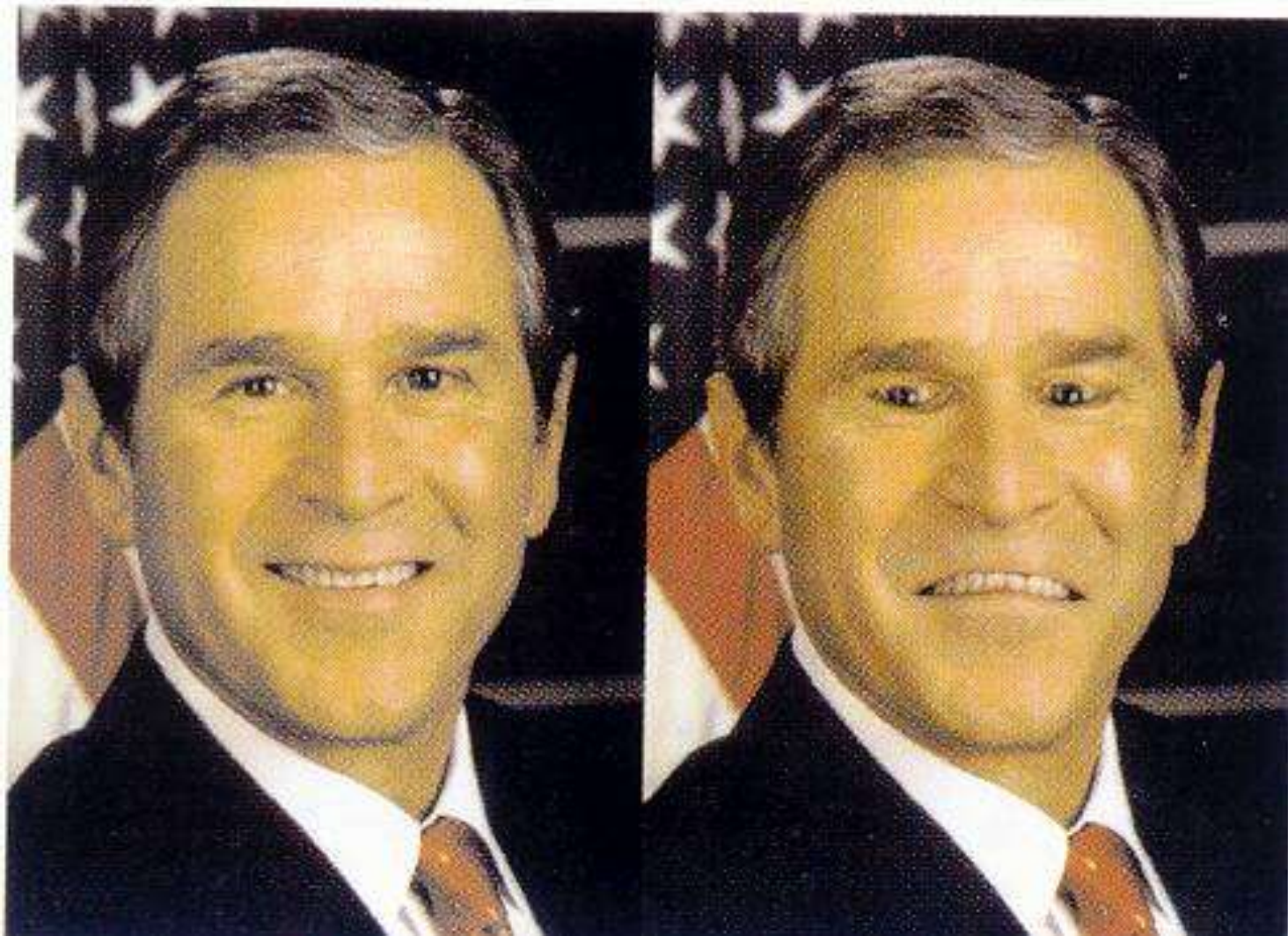
(c)



**middle (midlevel) vision** A loosely defined stage of visual processing come after basic features have been extracted from the image

Objekty potřebujeme identifikovat z různých úhlů.  
Obrácené tváře vnímáme hůře než normálně orientované





# Psychofyziologie

## Pozornost

Provádí selekci jen některých objektů přicházejících ze smyslových orgánů nebo paměťových stop. Ty, které jsou vyhodnoceny jako důležité, mají přednost. Filtr toho důležitého.

Sestupné dráhy od centra k periférii mohou ovládat už smyslový vstup (vláskové buňky hlemýždě, receptory sítnice).

<http://sites.sinauer.com/wolfe4e/wa07.05.html>

# Psychofyzologie

(podle Králíčka, 1995)

- **Poznávací procesy**
  - Vnímání – první stupeň kognitivního procesu. Obrazy jevů podrženy v paměti.
  - Myšlení – vyšší fáze. Myšlenkové operace prohlubuje použití symbolů řeči.
- **Motivace**
- **Emoce**
- **Chování**

# Psychofyziologie

- Poznávací procesy
  - Asociační korové oblasti jsou anatomickým substrátem kognitivní činnosti.
    - Parasensorické
    - Prefrontální
    - Paralimbická



# Parasensorické

- Unimodální – sekundární korové oblasti jednotlivých smyslů obklopující primární kůru. Léze nevedou ke ztrátě vší funkce, ale k agnosiím.
  - Zrakové:
    - Pro kresby
    - Prosopagnosie – pro tváře
    - Pro pohyb
    - Pro hloubku prostoru

# Parasensorické

- Unimodální – sekundární korové oblasti jednotlivých smyslů obklopující primární kůru. Léze nevedou ke ztrátě vší funkce, ale k agnosiím.
  - Sluchové:
    - Čistá slovní hluchota, ale porozumění mluvenému, čtenému, psaní zachováno
    - Pro neverbální zvuky

# Parasensorické

- Unimodální – sekundární korové oblasti jednotlivých smyslů obklopující primární kůru. Léze nevedou ke ztrátě vší funkce, ale k agnosiím.
  - Somatosensorické:
    - Astereognosie – neschopnost poznat hmatem

# Parasensorické

- Polymodální
  - Hemineglect syndrom: ignorace vizuálních, somatosensorických, sluchových podnětů z jedné poloviny těla
  - Schopnost pravé hemisféry sdělovat a vnímat emocionální komponentu řeči.
  - Ztráta funkce - Aprosodie: motorická (neschopnost vyjádřit), sensorická (neschopnost vnímat).

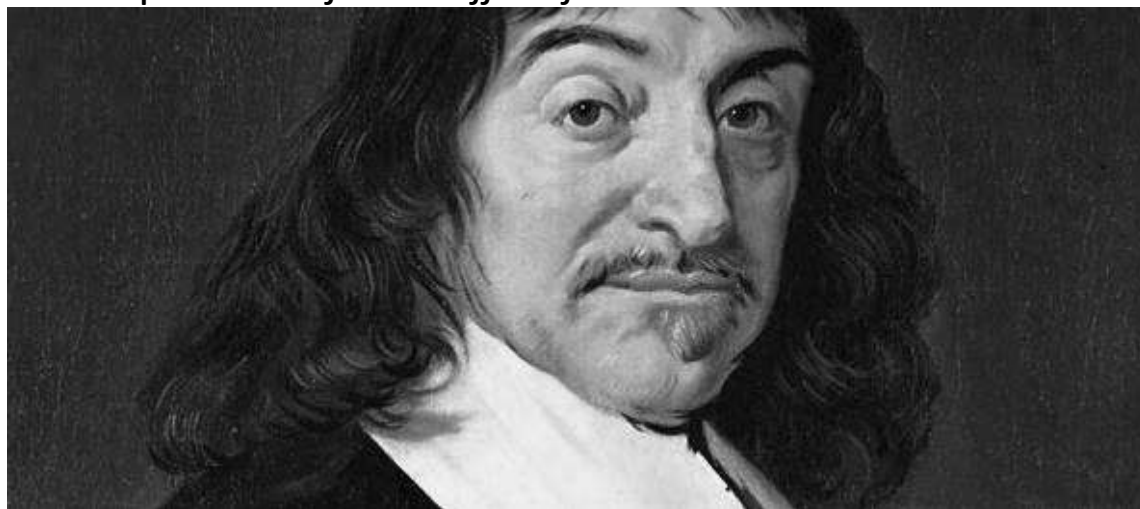
# Několik poznámek na závěr

- Smysly jsou branami, kterými vstupuje vnější svět do našeho vnitřního a utváří jej. To nemohlo zůstat stranou zájmu filosofie. Vlastně to byli filosofové, kteří položili základ vědeckého zkoumání. V oblasti neurověd, smyslové fyziologie a epistemologie (věda o poznávání) jedno jméno vyniká: **René Descartes** (1596-1650). Ve snaze najít něco nezpochybnitelného, o co by bylo možné se opřít, když kolem něj bylo tolik mylných východisek, došel k myšlence, že právě jeho pochybování je tím nezpochybnitelným a pevným bodem. Pochybovat o něm nedává smysl. *Myslím – tedy jsem*. To jediné je pevné, smysly mohou lhát, jako fantomová bolest neexistujícího údu.



# Několik poznámek na závěr

- Venkovní svět, o kterém je možno pochybovat, věcí existujících v prostoru nazval *res extensa*. Jak souvisí se světem vnitřním *res cogitans*? Definoval tak problém duše (vědomí) a těla, který zaměstnává filosofy dodnes.
- Dnešní terminologií knih (a filmů): jak víme, že nejsme jen mozky s dobře stimulovanými smyslovými vstupy? Žijící ve virtuálním světě? Jak si můžeme být jisti? Co vlastně víme jistě?
- Podobně jako Descartese, stopa vede do našeho vědomí. Vnímám-li bolest nebo oranžovou nebo hrom, těžko pochybovat o tom vjemu, o tom prožitku. Ta zkušenost se nedá popřít. Naše prožívání je ta nejjistější věc na světě kterou máme.



# Několik poznámek na závěr

- Jsme „prožívači“, žijeme v prožitcích a k prožitkům máme intimní přístup. Tato privátnost ale působí, že do naší zkušenosti v celé šíři neumíme nikoho přenést. Náš prožitek, když jej popíšeme, popisujeme slovy, jejichž význam se druhý naučil na základě svého prožitku, a nemůžeme si být jisti, že se shodují. Maminka mi ukázala červenou, Vám Vaše také. Ale jestli vnímáme stejně, nevíme.
- Neumíme se vcítit do netopýra, jak napsal Thomas Nagel: “What is it like to be a bat? (1974). I kdybych znal naprosto všechny pochody v mozku, nebudu vědět, jaké to je, být netopýrem.
- S obrovským rozvojem neurozobrazovacích metod není nereálné si představit, že budeme znát do detailů, co se děje v našem mozku např. při prudké bolesti (tzv. „Snadný problém“ vědomí). Ale vědět, co to je bolest cítit, budeme zase **jen** my, a to srovnáním s jinými našimi zkušenostmi.

# Několik poznámek na závěr

- Není to zvláštní? Naše životy jsou postaveny na barvách, vůních, významech slov a vztahů, očekáváních, radostech a trápeních a přírodní vědy k tomu nemají přístup! V normálním životě to nijak nevadí a problém vlastně není nijak palčivý a je možné jej docela dobře ignorovat, ale hluboká puklina v našem světě tu je a provokuje.
- Popsat korelace mezi mozkovou aktivitou a vědomými stavy je věcí techniky a daří se stále lépe. Jak je ale propojeno subjektivní prožívání („Qualia“) a pochody našeho mozku je tzv. „Těžkým problémem“ filosofie a věd. Bylo učiněno mnoho pokusů jej rozlousknout, ale bez obecně přijatelného řešení.
- Lze říct, že tu rozpor není a zkoumáním mozku rozluštíme vše (redukcionalistický fyzikalismus mnoha přírodovědců). Nebo jako Thomas Nagel říct, že přírodní vědy a evolucionismus vědomí vysvětlit nedokážou a říká, že sám kosmos inklinuje ke vzniku vědomí (emergentismus). Lze jít cestou Cartesiánského dualismu (duše a tělo jsou nezávislé substance) nebo panpsychismu (každé jsoučno má jisté vědomí). Jiní, jako Colin McGinn jsou připraveni akceptovat, že tato oblast je prostě „intelektuálně uzavřena“.



# Několik poznámek na závěr

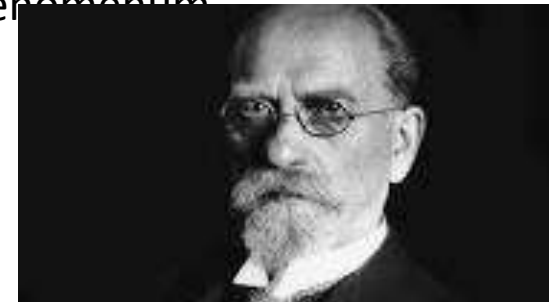
- Descartes otevřel neobyčejně plodnou cestu empirické vědě. Z jeho pochybování vychází metodologická skepse vědecké metody, která nevěří jen tak něčemu. Jako metodu si stanoví redukcionismus, který nebere neměřitelné (a nefalsifikovatelné - K.R. Popper) v úvahu. Zájem o „rozlehlá jsoucna“ přinesl obrovský technologický pokrok, *res cogitans* byla z metodických důvodů dána stranou.
- Duše určitě je závislá na těle (mozku). Naše vnímání je tak lehce chemicky ovlivnitelné! Úrazy mozku tak zásadně ovlivňují naše chování a prožívání. Paměť a s ní i náš vnitřní svět kamsi mizí při měřitelné mozkové degeneraci. Už se podařilo přečíst jednoduché myšlenky pomocí zobrazovacích metod.
- Jedno je závislé na druhém. Život obsahuje obě složky nedělitelně, ale těžký problém tím nezmizí. Ponechme stranou problém **svobodné vůle**, který je pro náš běžný život také dost zásadní – stojí na něm naše sliby, pojem rozhodování a také odpovědnosti a práva - a držme se otázky: **Proč prožívám?**

# Několik poznámek na závěr

- Prožívání není pro život nezbytné. Je zcela ve shodě s užitečným – udržovat život jídlem, pitím, sexem, vyhýbáním se bolesti je účelné, ale evoluce mohla zkonstruovat roboty bez emocí a prožitků (Nagel). Programy by se mohly zdokonalovat učením (jak jsme svědky u posledních generací automatů). Ale zrodí se jim v koncertu jejich elektronických signálů prožitek? Asi ne. A budou fungovat bezchybně dál, naopak naše závislosti, deprese, psychické problémy, mnoho chybných rozhodnutí stojí na existenci prožitkového světa. Proč tedy? Těžko uvěřit, že to co je pro nás tak podstatné, je jen podružnost.
- Životu obratlovců jsou evidentně prožitky vlastní a nevidíme kam na cestě k bezobratlým a jednobuněčným položit hranici, kde už život určitě je bez elementárního prožitku.
- Nemusíme hned věřit v nesmrtelnou duši, ale nemusíme také věřit redukcionalistické, fyzikalistické přírodovědě, když nám říká, že má na to aby o životě řekla vše a dokonce, že jen ona na to má nárok a všichni ostatní jsou podvodníci (R. Dawkins). Když nám není schopna objasnit tak podstatný aspekt našeho života.
- Život je zvláštní a vztah těla a vědomí je opravdu záhada!

# Několik poznámek na závěr

- V 18. století žil další filosof, který ovlivnil způsob myšlení současné vědy: **Immanuel Kant** (1724-1804). Podobně jako Koperník lidem zpřístupnil poznání, že ne nebeská klenba, ale my se pohybujeme, ukázal, že to, jak se nám svět jeví, zrcadlí **naše** vlastnosti stejně jako světa kolem. Mozek a zkušenost jsou velmi aktivní při zpracování reality.
- **Edmund Husserl** (1859-1938) dále ukázal, že naše zkušenost, předpoklady a apriorní a třeba i nedefinovaná **přesvědčení** určují, že nejsme nestrannými pozorovateli, ale dostáváme jen takový typ odpovědí, jaký čekáme. Při poznávání je třeba jít k čistým fenoménům



# Několik poznámek na závěr

- Smith, C.U.M. Biology of sensory systems. Wiley-Blackwell. 2008. ISBN: 978-0-470-51862-5
- <http://casopis.vesmir.cz/clanek/panpsychismus-zleva-zprava>
- <http://www.prospectmagazine.co.uk/philosophy/thomas-nagel-mind-and-cosmos-review-leiter-nation>