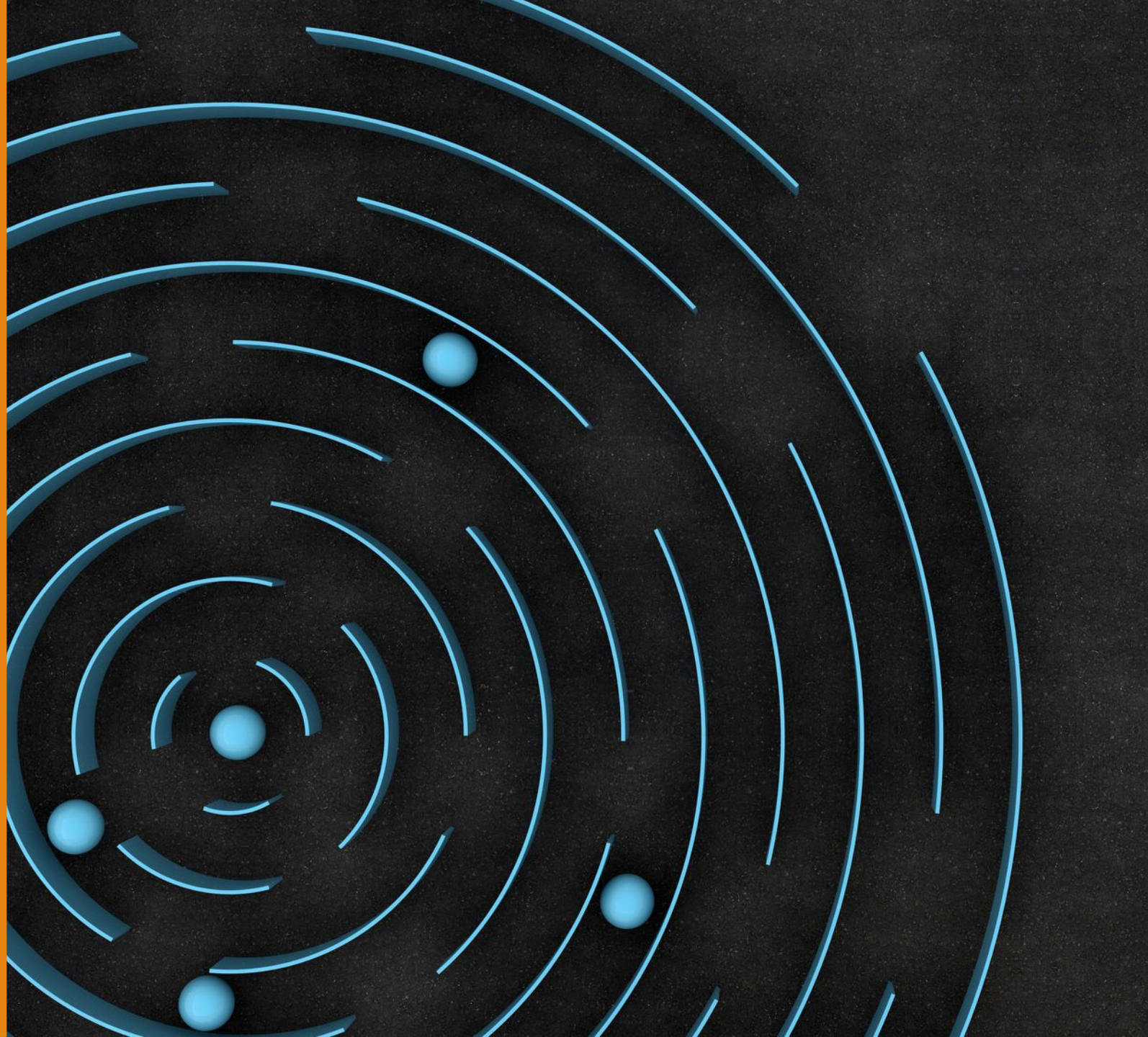


# Cognitive systems

PERCEPTION: VISION

HUMAN VS. AI (COMPUTER  
VISION)



**Q: Is this dress blue/black  
or white/gold?**



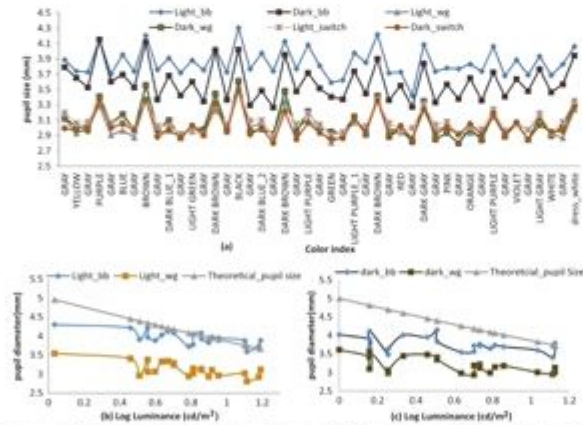
to 60 years was conducted. The survey participants viewed the image on their personal electronic devices like laptops, smart phones, and desktop monitors and then filled in an online questionnaire with choices: "b/b," "w/g," or "seen both." We found no dependency on age or gender with 48.5% reported seeing the dress in blue/black and 51.5% selecting the white/gold-brown option. With regard to gender, the breakdown was 50% of male and 51% of female participants seeing the dress as blue and black, while 49% male and 48% female participants report the color as white and gold/brown. Around 10% of the survey participants mentioned the ability to switch from white/gold-brown initially to blue/black but not being able to switch back.

### B. Color Slide Experiment

Pupil size measurements while viewing colors displayed on a light-emitting LCD screen were collected from 55 respondents with the following breakdown: blue/black (21), white/gold (16), and switch (16). For the analysis, 2 participants' data (one each from b/b and w/g) were discarded due to insufficient eye tracking data. Average pupil size across all subjects in each group for individual colors is plotted for both light conditions in Fig. 1(a). Since the average pupil size measured over a period of 5 s for each color stimulus is considered, pupillary onset or *Appac*, which is a low-frequency random fluctuation (0.02–2 Hz) with amplitude of approximately 0.25 mm [18], could be safely neglected. The average pupil size for the b/b group is higher across all colors compared to the w/g or switch groups.

Interestingly, the w/g and switch groups had nearly equal pupil size across most of the colors. The pupil size variation for adjacent colors is nearly similar for all three groups, with small differences (0.1–0.2 mm) between the b/b and w/g/switch for gray-red or red-gray and gray-pink-gray-orange sequences. The data collected with the room lights off condition show the b/b group's pupil size having a shift downward with a maximum of 0.49 mm for "dark blue" and a minimum for the "purple"; also, the intercolor pupil size change for the green-gray-red-gray-orange sequence was 0.2 mm on average in the dark room. Similar significant changes were not observed for the w/g or switch groups except for the "gray-blue" (0.2 mm) sequence. The pupil size changes for the red, green, and blue hues and the white/black screen adhere to expected gradients, with the "black" screen inducing a pupil size increase and the bright "white" forcing a reflexive pupil size decrease. The luminance measured using the light meter for each color presented on the screen was plotted against pupil size. The log luminance versus pupil diameter plot [Figs. 1(b) and 1(c)] shows a constriction of the pupil for "green" (1.11 cd/m<sup>2</sup>) and "yellow" (1.17 cd/m<sup>2</sup>) and dilation for "black" (1.08 cd/m<sup>2</sup>) as could be expected. The theoretical pupil diameter calculated using the equation  $pupil\ size = 4.9 - 3 \tanh(0.4 \log L)$ , where  $L$  is luminance measured by the light meter at 2 in. from the screen for each color [19,20], is also included in the plots for the lighted [Fig. 1(b)] and dark room [Fig. 1(c)] conditions. A Mann-Whitney U test was carried out to study the difference in pupil

# BLUE AND BLACK



**Fig. 1.** (a) Pupil diameter (mm) while viewing slides of various colors on an LCD monitor at a distance of 60 cm. The different colored graphs are named as the condition group, where the condition is either light (for a lighted room environment) or dark (for a fully dark room condition) and the group is one of the b/b respondents (who saw the dress as blue/black), w/g (for white/gold), or switch (who switched from w/g to b/b). (b) The pupil diameter as a function of the log luminance measured for each color for (b) lighted and (c) dark. The theoretical pupil size for the log luminance of each color is also plotted.

Pupil Size

### Correspondence

## Striking individual differences in color perception uncovered by 'the dress' photograph

Rosa Lafer-Sousa<sup>1</sup>, Katherine L. Hermann<sup>1</sup>, and Bevil R. Conway<sup>1</sup>

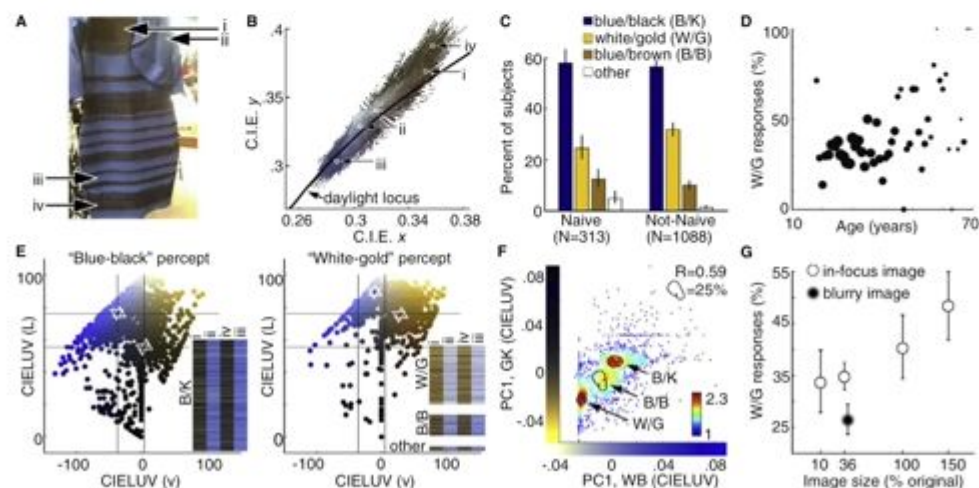
'The dress' is a peculiar photograph; by themselves the dress' pixels are brown and blue, colors associated with natural illuminants [1], but popular accounts (#TheDress) suggest the dress appears either white/gold or blue/black [2]. Could the purported categorical perception arise because the original social-media

question was an alternative-forced-choice? In a free-response survey (N = 1401), we found that most people, including those naïve to the image, reported white/gold or blue/black, but some said blue/brown. Reports of white/gold over blue/black were higher among older people and women. On re-test, some subjects reported a switch in perception, showing the image can be multistable. In a language-independent measure of perception, we asked subjects to identify the dress' colors from a complete color gamut. The results showed three peaks corresponding to the main descriptive categories, providing additional evidence that the brain resolves the image into one of three stable percepts. We hypothesize that these reflect different internal priors: some people favor a cool illuminant (blue sky), discount shorter wavelengths, and

perceive white/gold; others favor a warm illuminant (incandescent light), discount longer wavelengths, and see blue/black. The remaining subjects may assume a neutral illuminant, and see blue/brown. We show that by introducing overt cues to the illumination, we can flip the dress color.

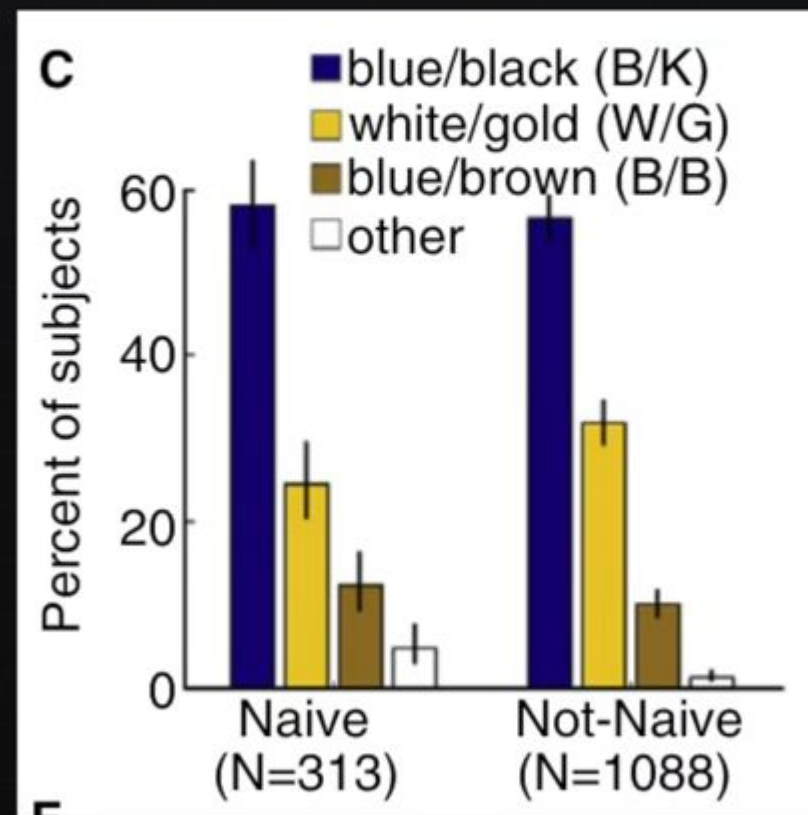
Popular accounts suggest that 'the dress' (Figure 1A,B) elicits large individual differences in color perception [2]. We confirmed this in a survey of 1,401 subjects (313 naïve; 53 tested in laboratory; 28/53 re-tested). Subjects were asked to complete the sentence: "this is a \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ dress" (see Supplemental Experimental Procedures in the Supplemental Information).

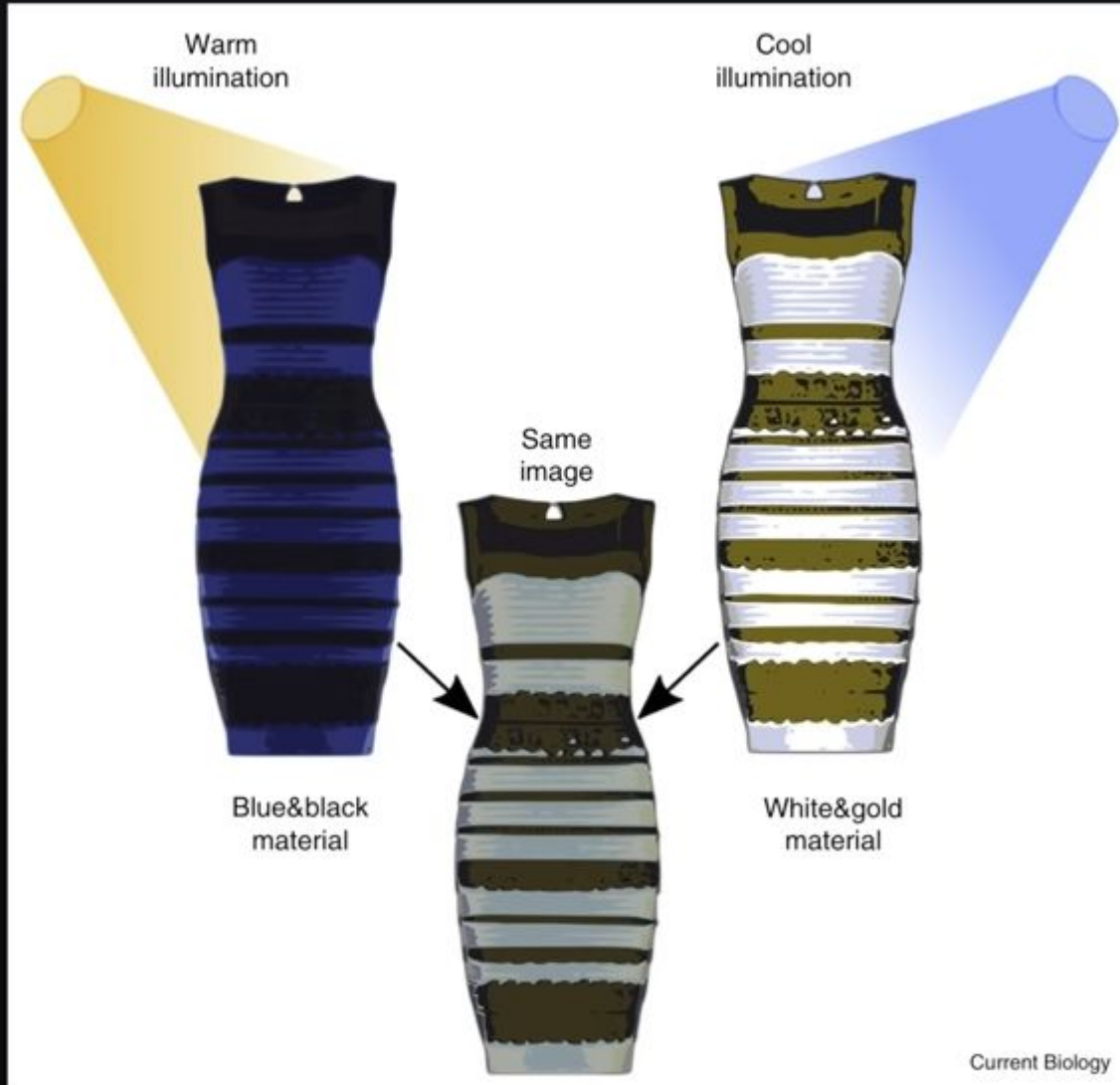
Overall, 57% of subjects described the dress as blue/black (B/K); 30% as white/gold (W/G); 11% as blue/brown (B/B); and 2% as something



(n = 1401)

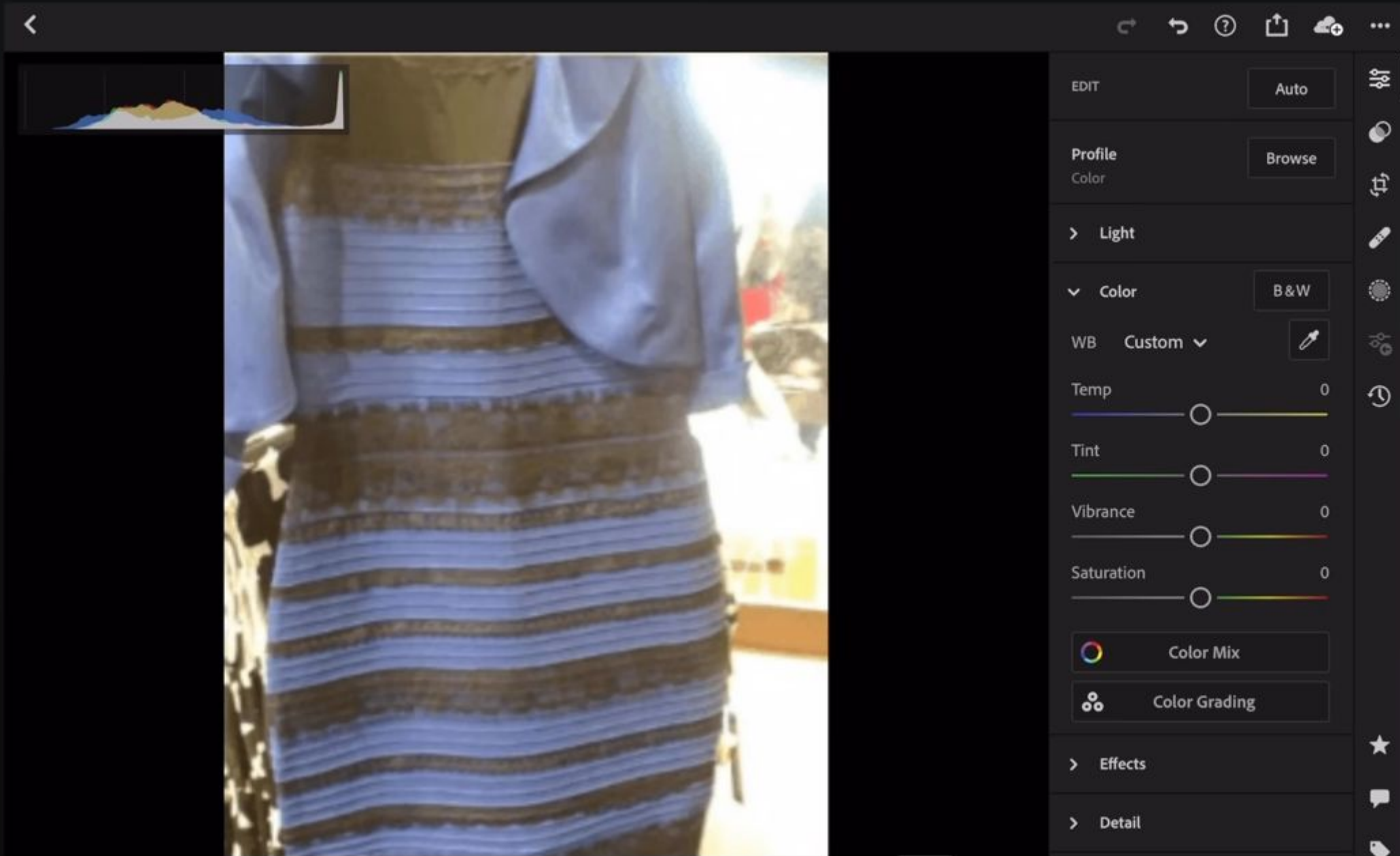
57% = B/K

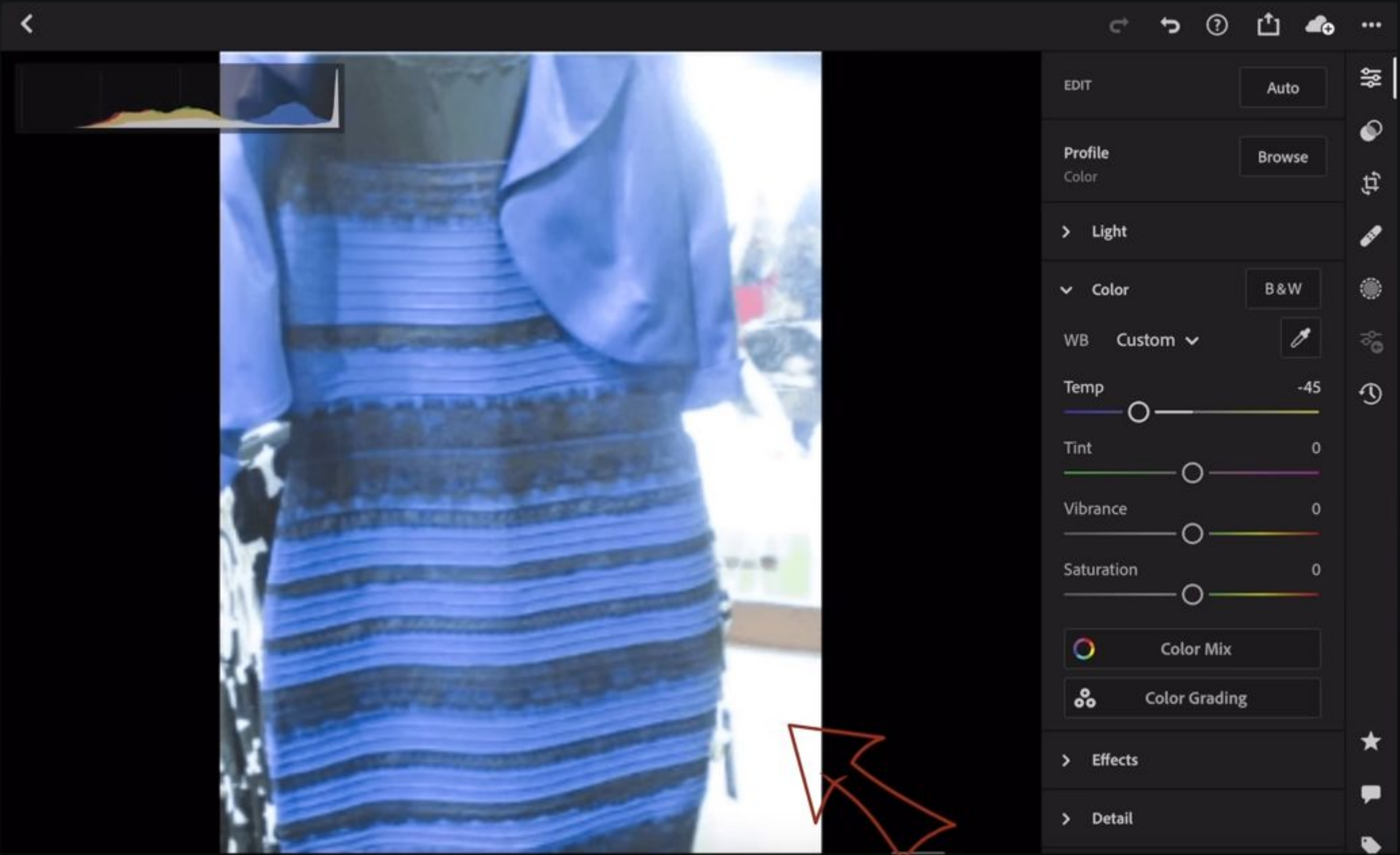




**Blue/Black**  
= likely to unconsciously  
correct for a warm illumination

**White/Gold**  
= likely to unconsciously  
correct for a cool illumination





←

↶ ↷ ? 📁 ☁️ ⋮

EDIT Auto

Profile Color Browse

Light

Exposure -3.44

Contrast 0

Highlights 0

Shadows 0

Whites 0

Blacks 0

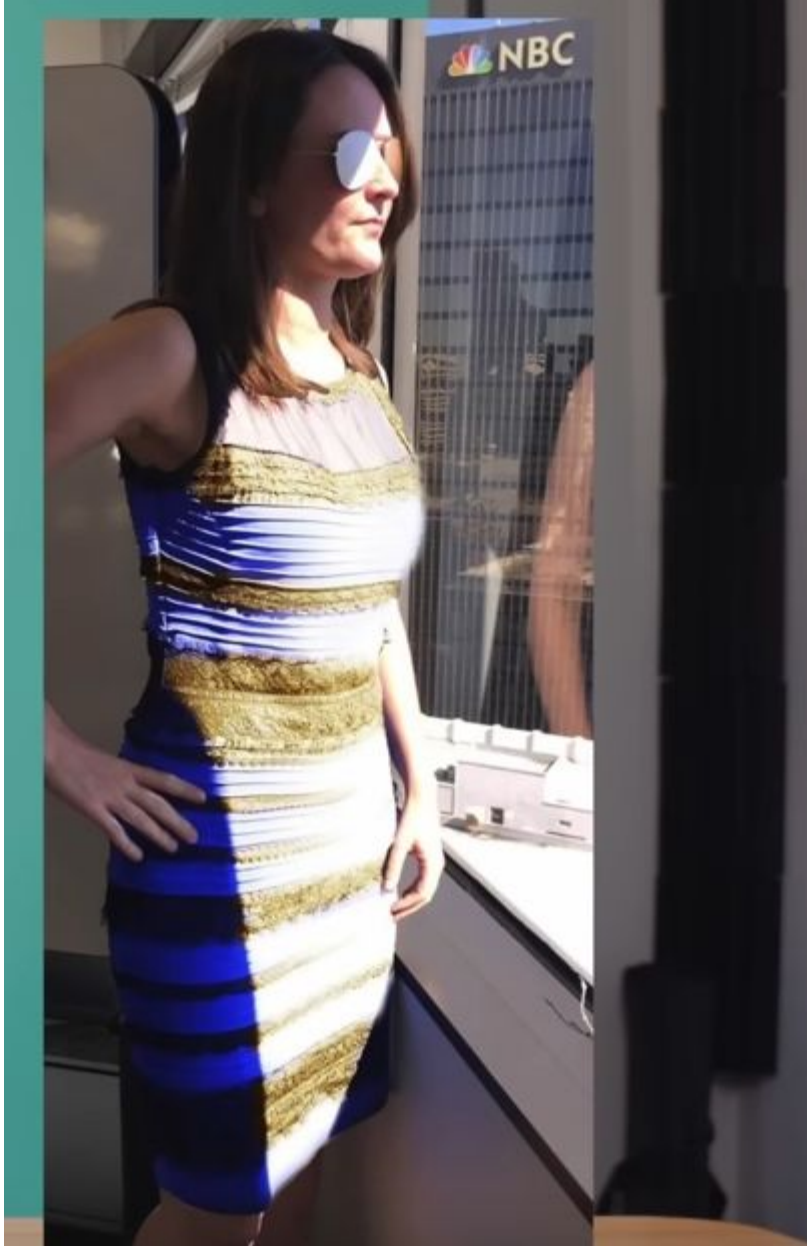
> Color

> Effects

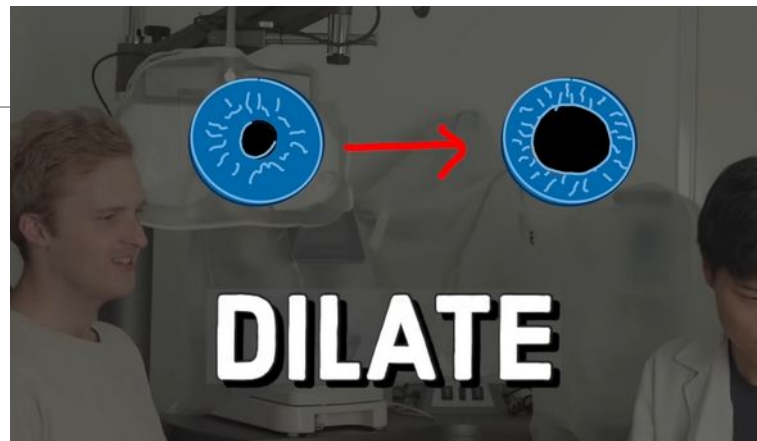
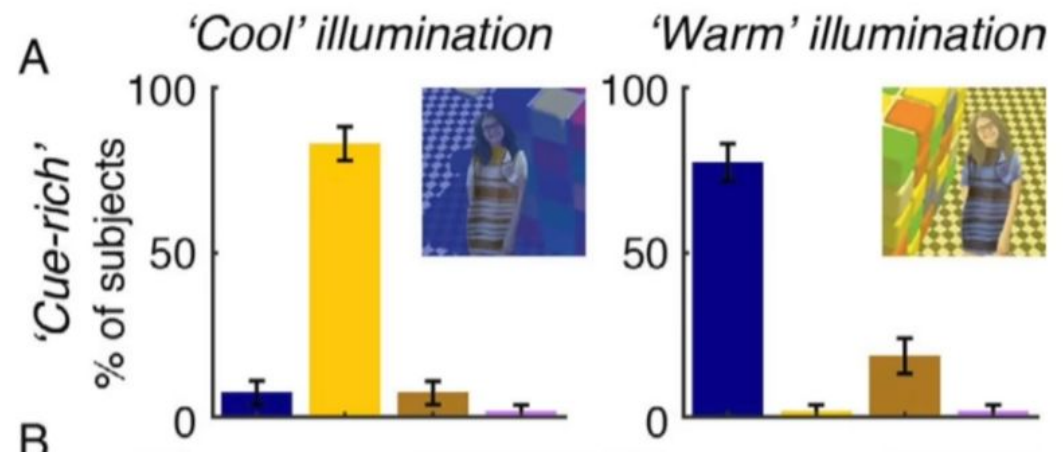
> Detail

> Optics

🔧 🌙 🔄 🎯 📱 ⭐ 🗨️ 🏷️



- blue/black
- white/gold
- blue/brown
- other



**Vnímání** (též percepce) zachycuje to, co v daný okamžik působí na smysly, informuje o vnějším světě (barva, chuť) i vnitřním (bolest, zadýchání). **Vnímání** je subjektivním odrazem objektivní reality v našem vědomí prostřednictvím receptorů. Umožňuje základní orientaci v prostředí, respektive v aktuální situaci.

Otázka: Proč subjektivní? Co vše je dělá subjektivní?

# Perception

---



Example image that illustrates the complexity of recognizing chairs as no single technique in terms of contours, appearance, components etc. is adequate to correctly allow 'counting of the number of chairs'. (Source: Bühlhoff, Max Planck Institute for Biological Cybernetics (MPIK), Tübingen, Germany.)

# Vision

---



# Vision

---

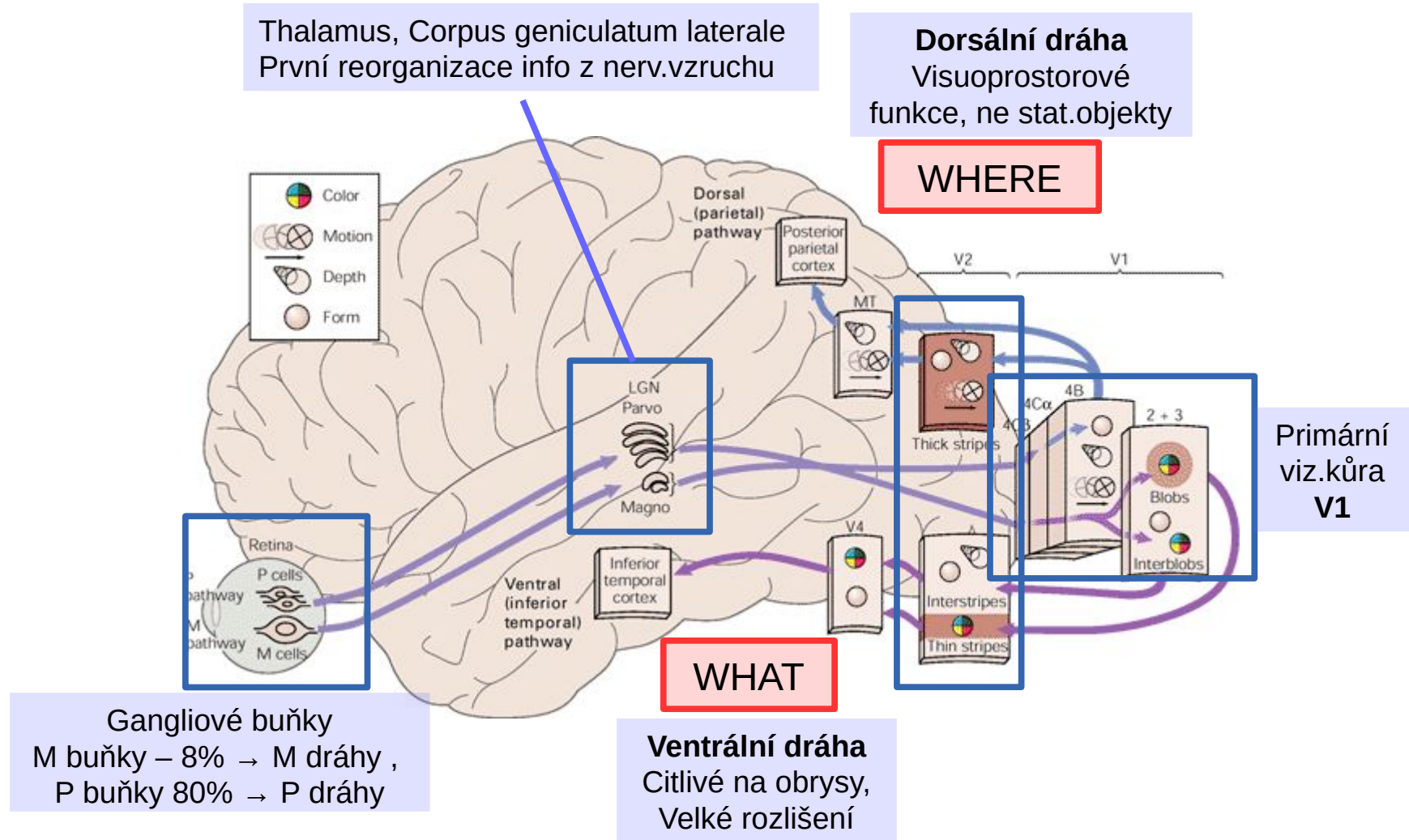


# Vision

---

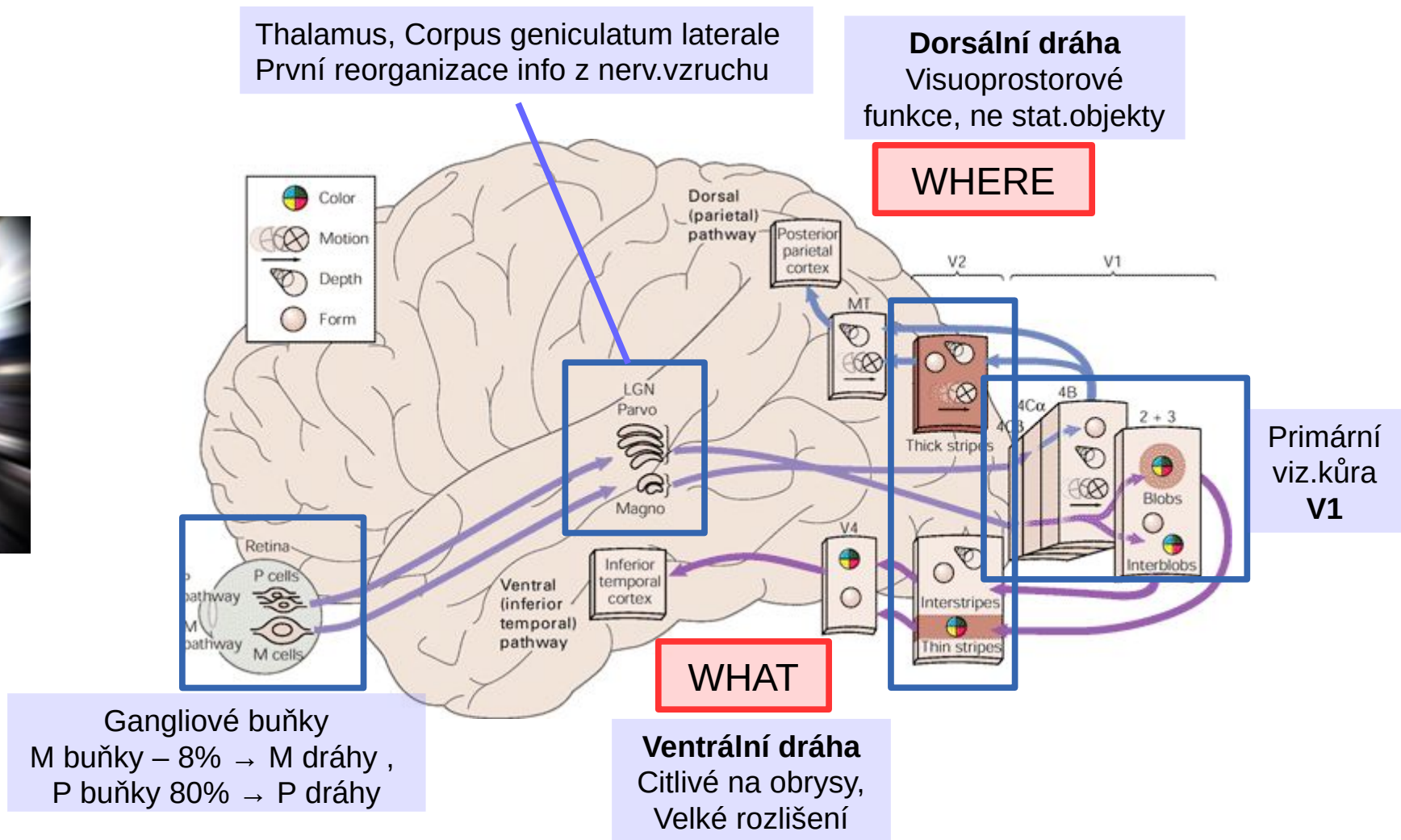
## Human vision:

- 50% neural tissue
- 66% activity

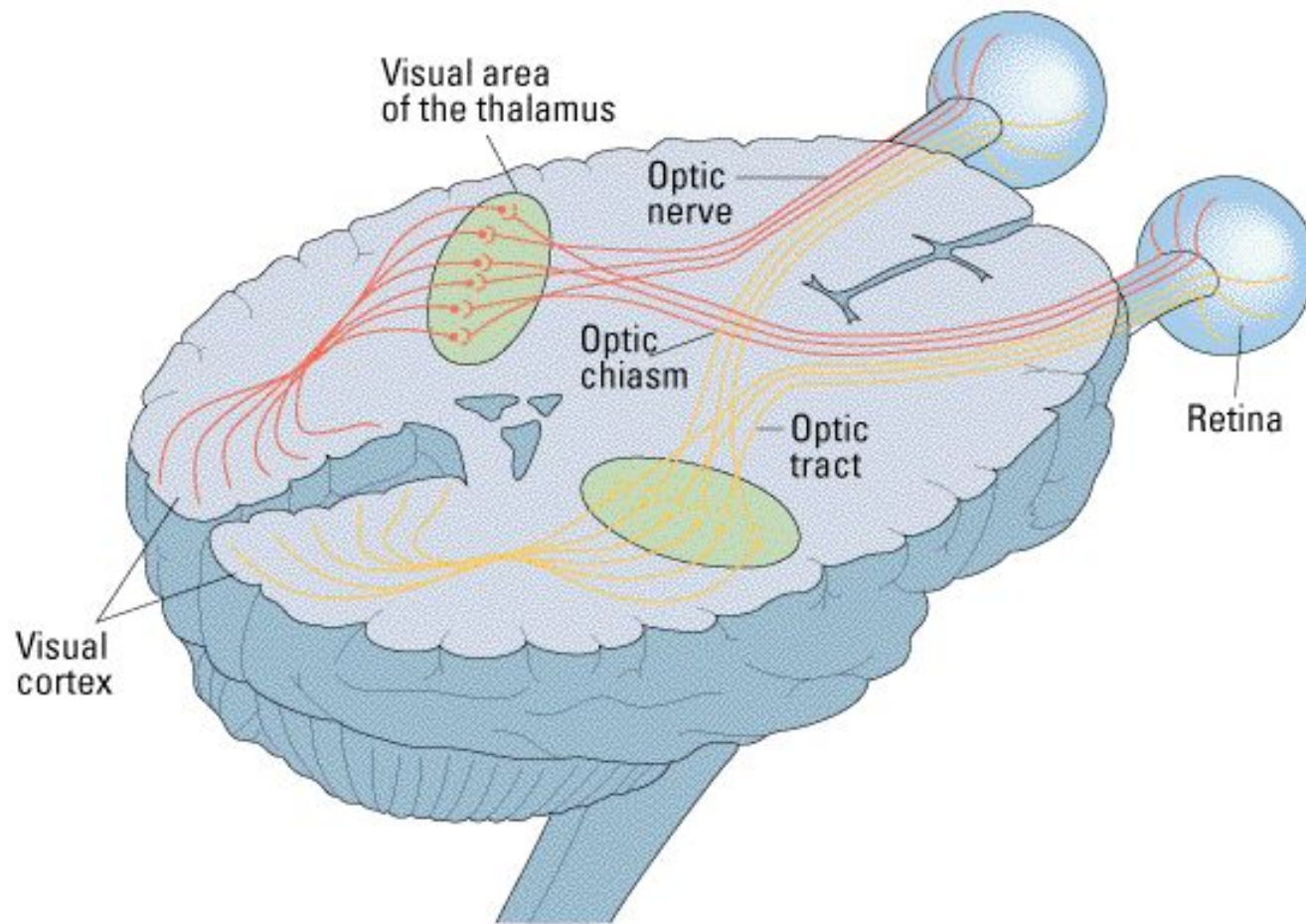


## Human vision:

- 50% neural tissue
- 66% activity

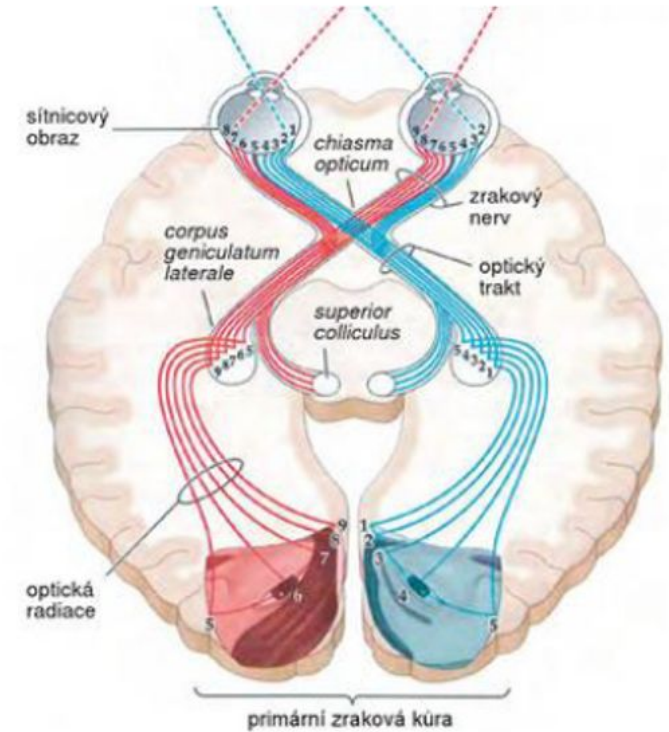
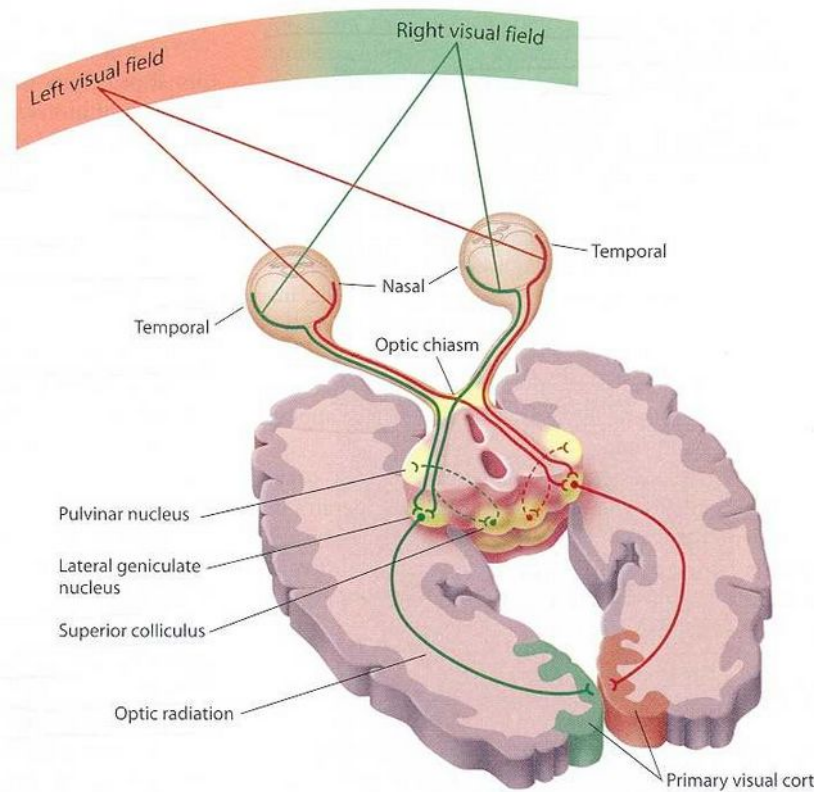
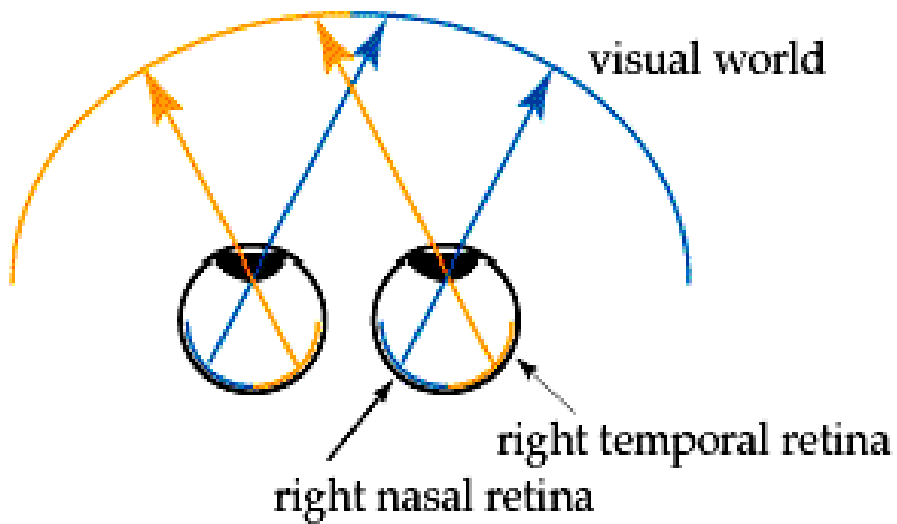


# Nervové zpracování



# Chiasma optikum

Překřížení drah optického nervu, aby byla zpracovávána separátně pravá a levá část zorného pole



- (1) the neuron fired only the line was in a particular place on the retina,
- (2) the activity of the neuron changed depending on the orientation of the line, and
- (3) sometimes the neuron fired only when the line was moving in a particular direction (different neurons respond to different angles)

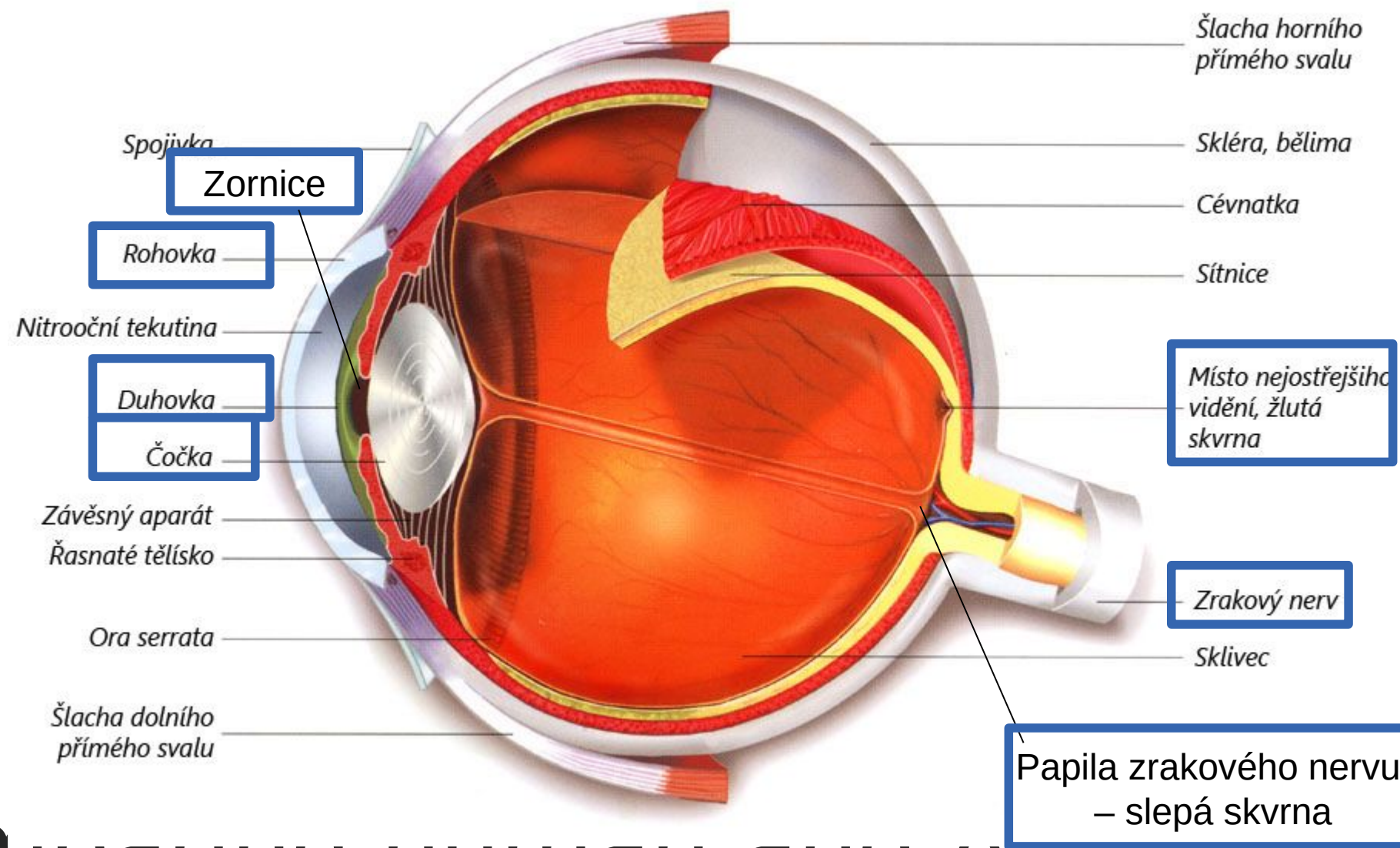
Simple and complex cells

<https://www.youtube.com/watch?v=986eXtR8080>



# Human vision



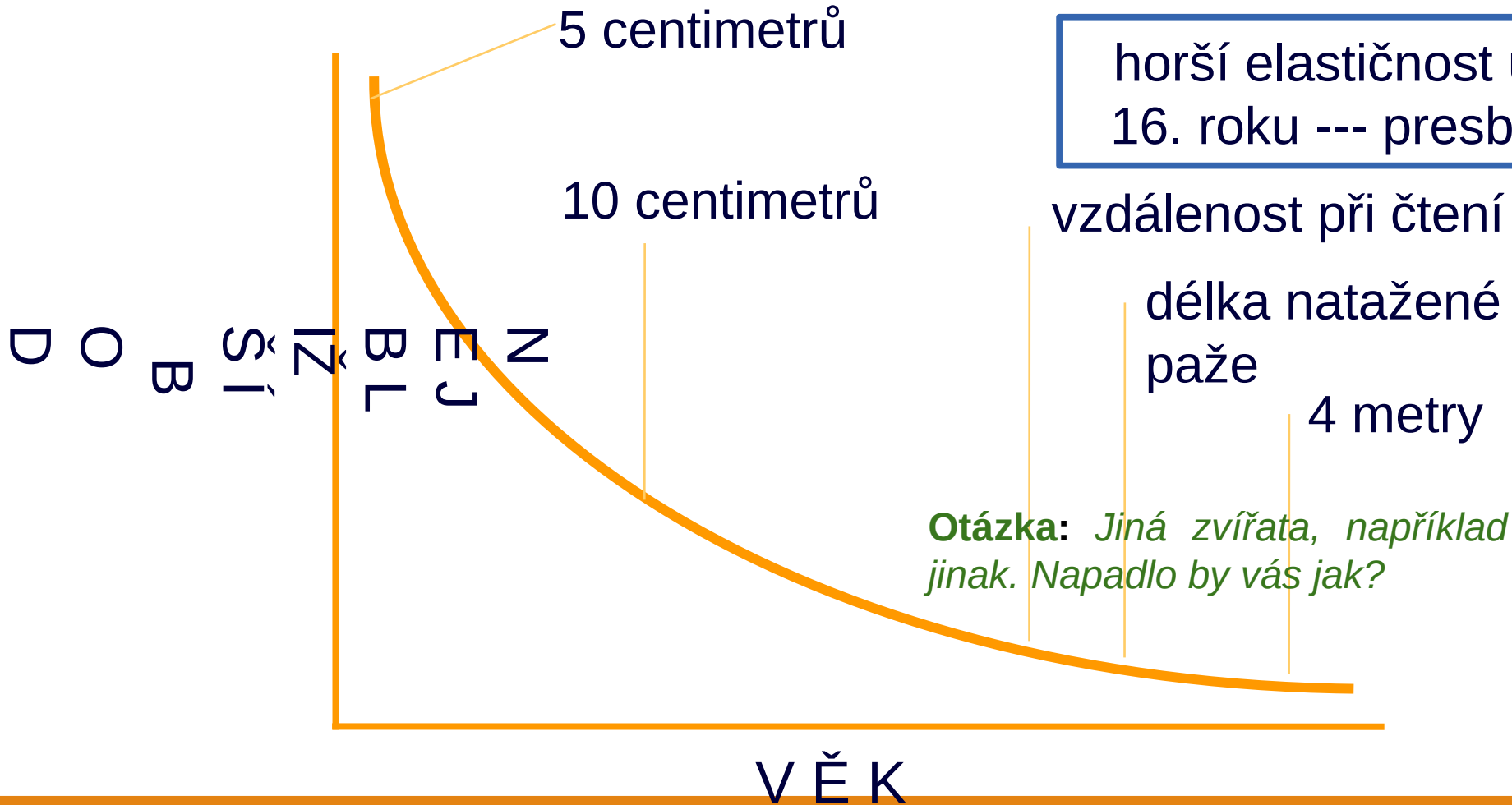


# Сопоставить названия илу А1 VISION

# Akomodace čočky

**Optická soustava:**

rohovka (usměrnění) → komorový mok → zornice → čočka → sklivec → sítnice



**Otázka:** Jiná zvířata, například ryby, akomodují čočku jinak. Napadlo by vás jak?

# Akomodace čočky

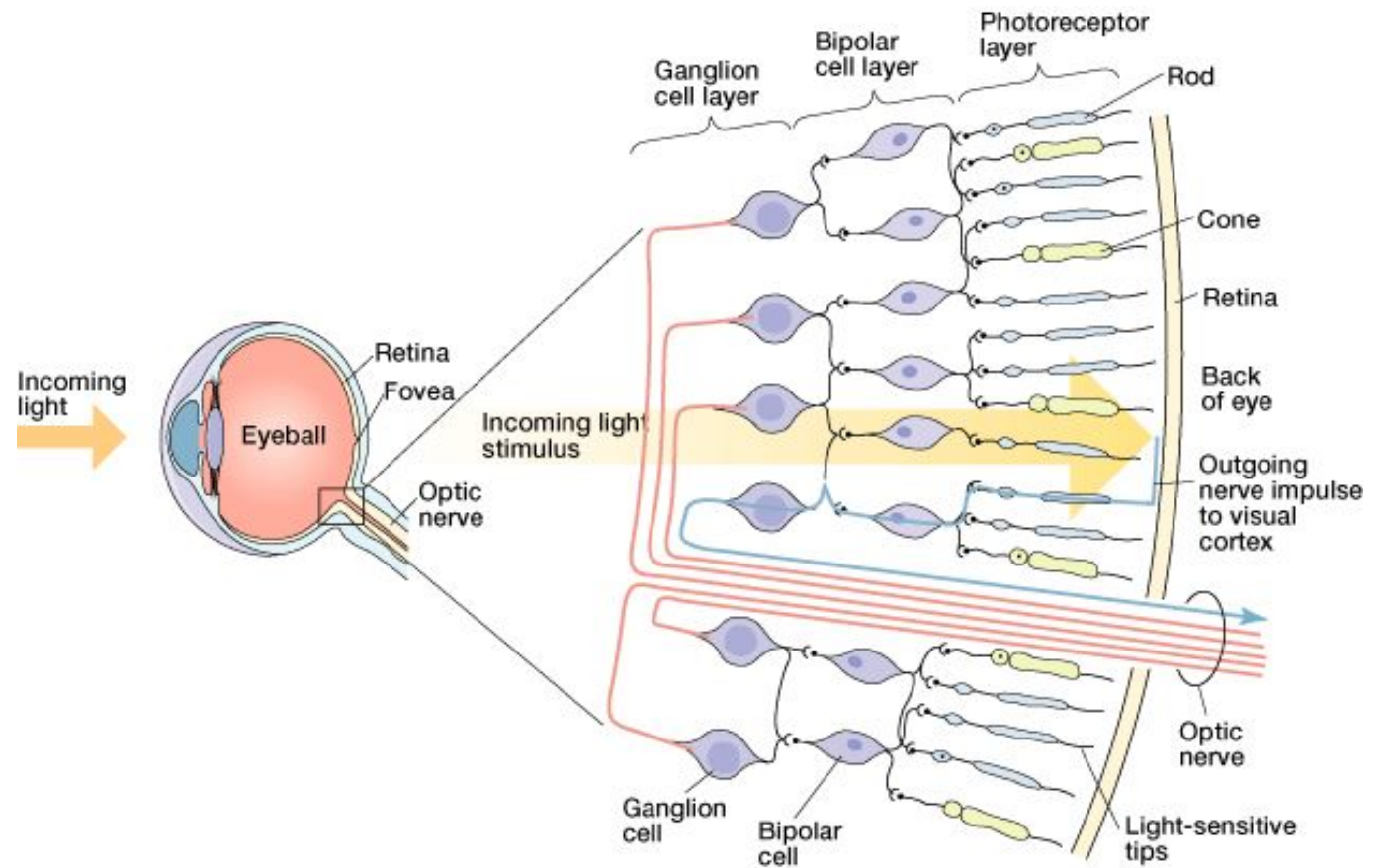
## Optická soustava:

rohovka (usměrnění) → komorový mok → zornice → čočka → sklivec → sítnice

## Problémy:

- Krátkozrakost
- Dalekozrakost
- Strabismus Co ho způsobuje?
  - různá délka očních svalů
  - → ukázka úloh na léčbu

<https://cyber.felk.cvut.cz/novakpe/Osobni/Info/Strabismus.pdf>



- Za sítnicí pigmentový epitel – absorpce (melanin)
- Axony nemyelizované → transparentní ve žluté skvrně ostatní buňky na straně

# Fotoreceptors

# Fotoreceptory

## Tyčinky

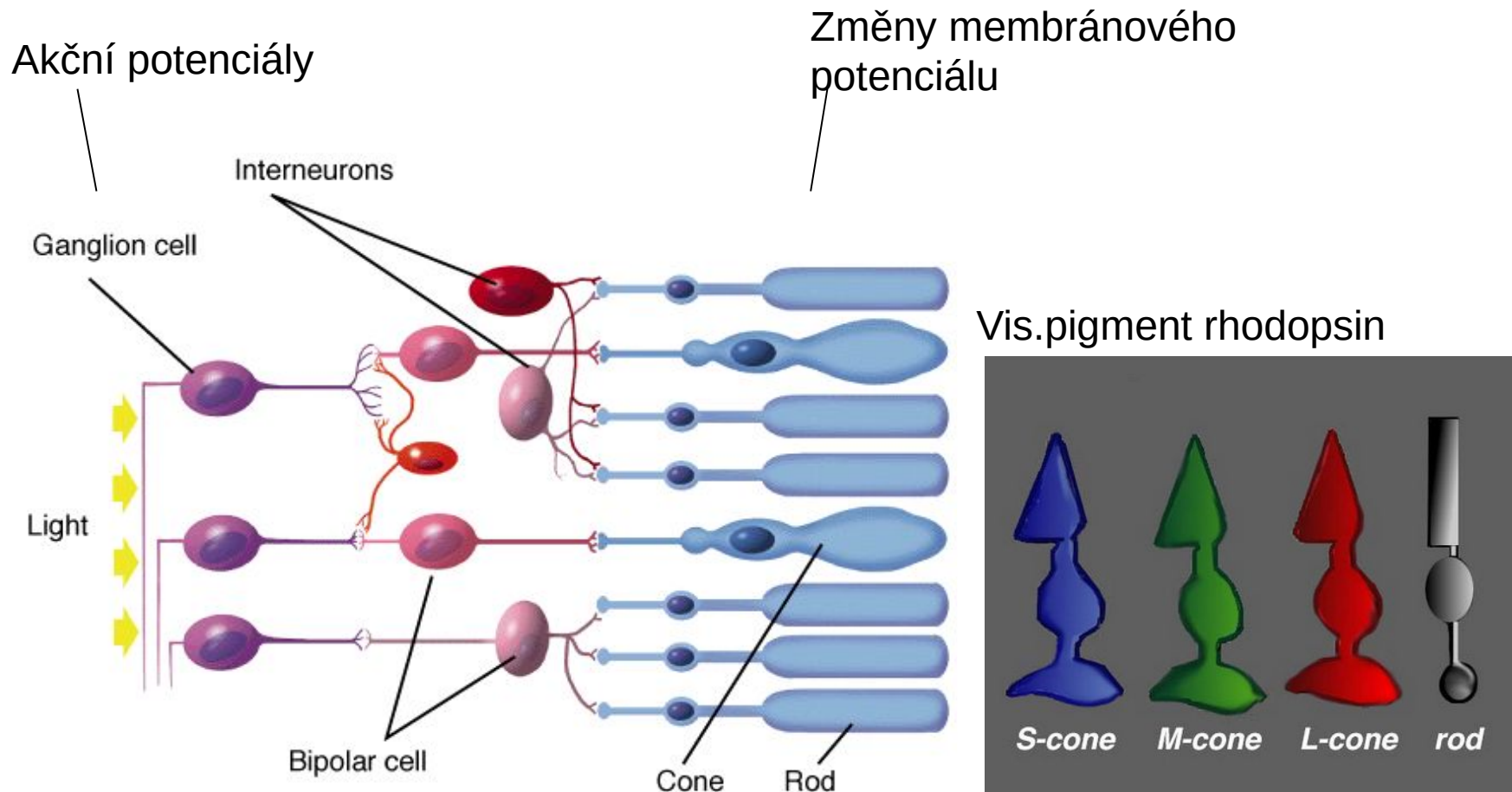
- 100-120 miliónů
- Umožňují rozlišení světla a tmy, resp. odstínů šedi
- Funkční při nižším osvětlení – 6 fotonů (větší zesílení)
- Nejcitlivější asi 20° od žluté skvrny
- Ve žluté skvrně absentují
- Plná adaptace na tmu trvá 20-30 minut
- Min.12 Hz změny, 100ms

## Čípky

- 7 miliónů
- Umožňují rozlišení barev - 3 druhy ftopigmentu
- Funkční při vyšším osvětlení – méně citlivé
- Nejcitlivější na žluté skvrně
- Ve žluté skvrně výhradně čípky
- Plná adaptace na světlo nepřesáhne 1 minutu
- Změny až 55 Hz

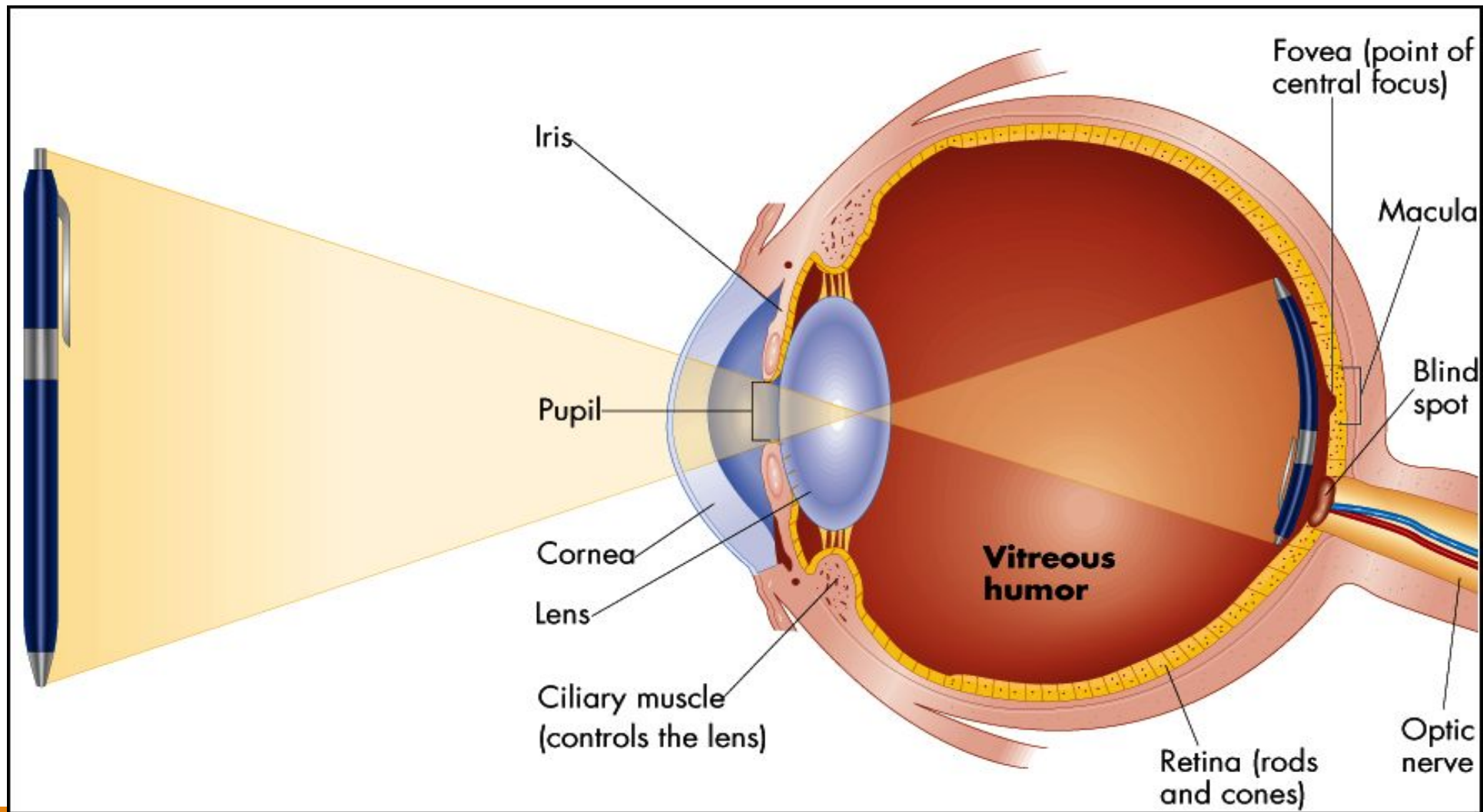
→ čípky ostřejší, lepší rozlišení změn, barvy, jen v šeru špatné

# Fotoreceptory

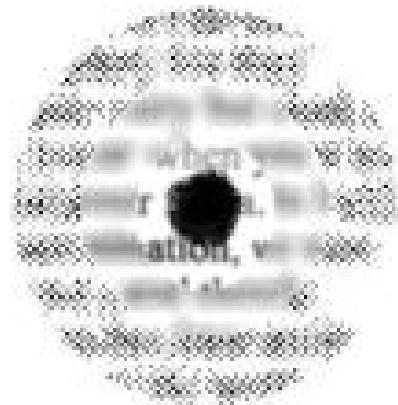


Proč má systém čípků lepší rozlišení než systém tyčinek,  
i když je poměr tyčinek:čípkům 20:1?

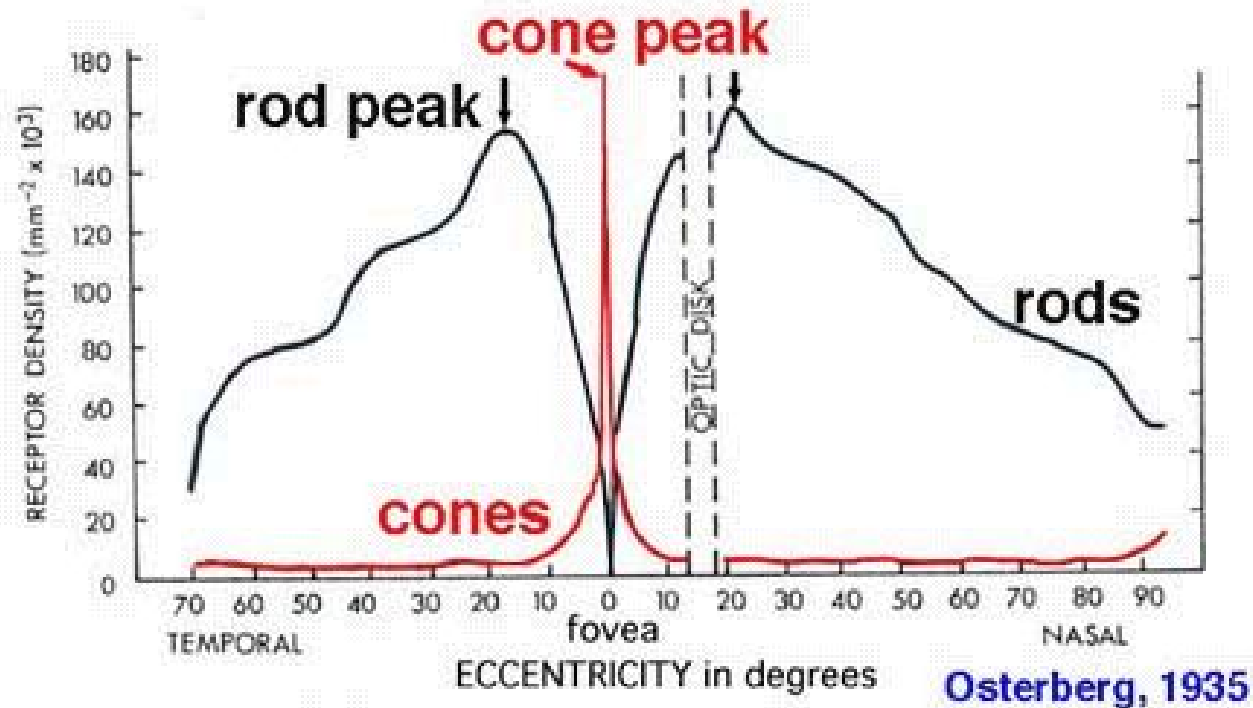
# Sítnicový obraz



# Sítnicový obraz



# Distribuce tyčinek a čípků

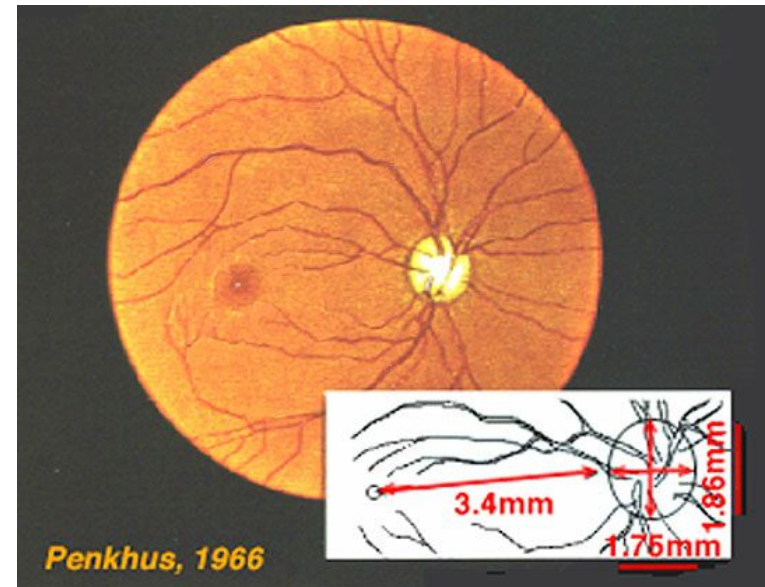
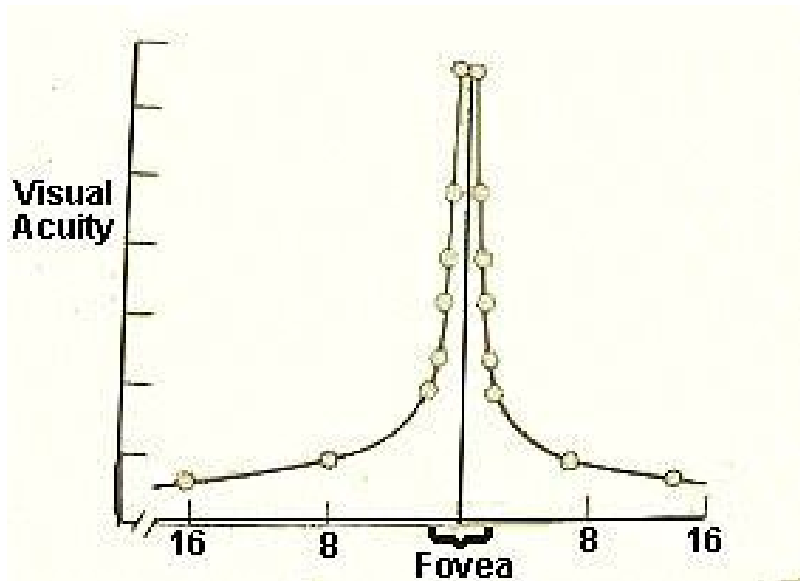


Klesající citlivost se  
vzdáleností podnětu od žluté  
skvrny



# Žlutá skvrna

- zde se promítá obraz sledovaného objektu
- místo nejostřejšího vidění
- výhradně čípky

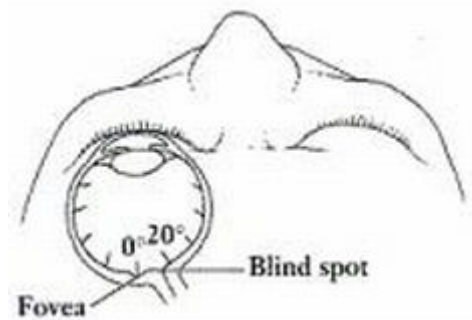
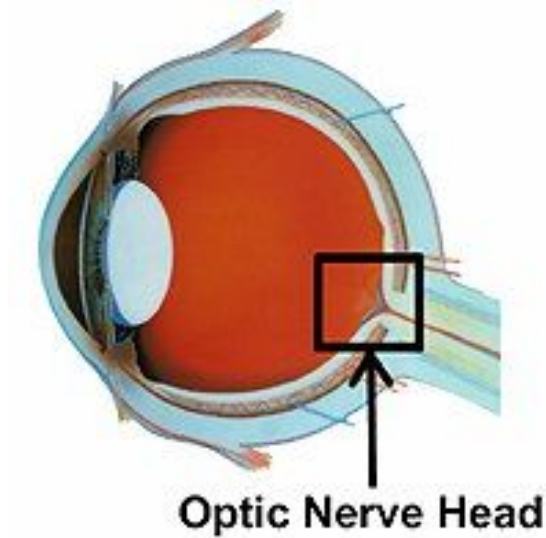


# Slepá skvrna

Ústí optického nervu

17° od žluté skvrny

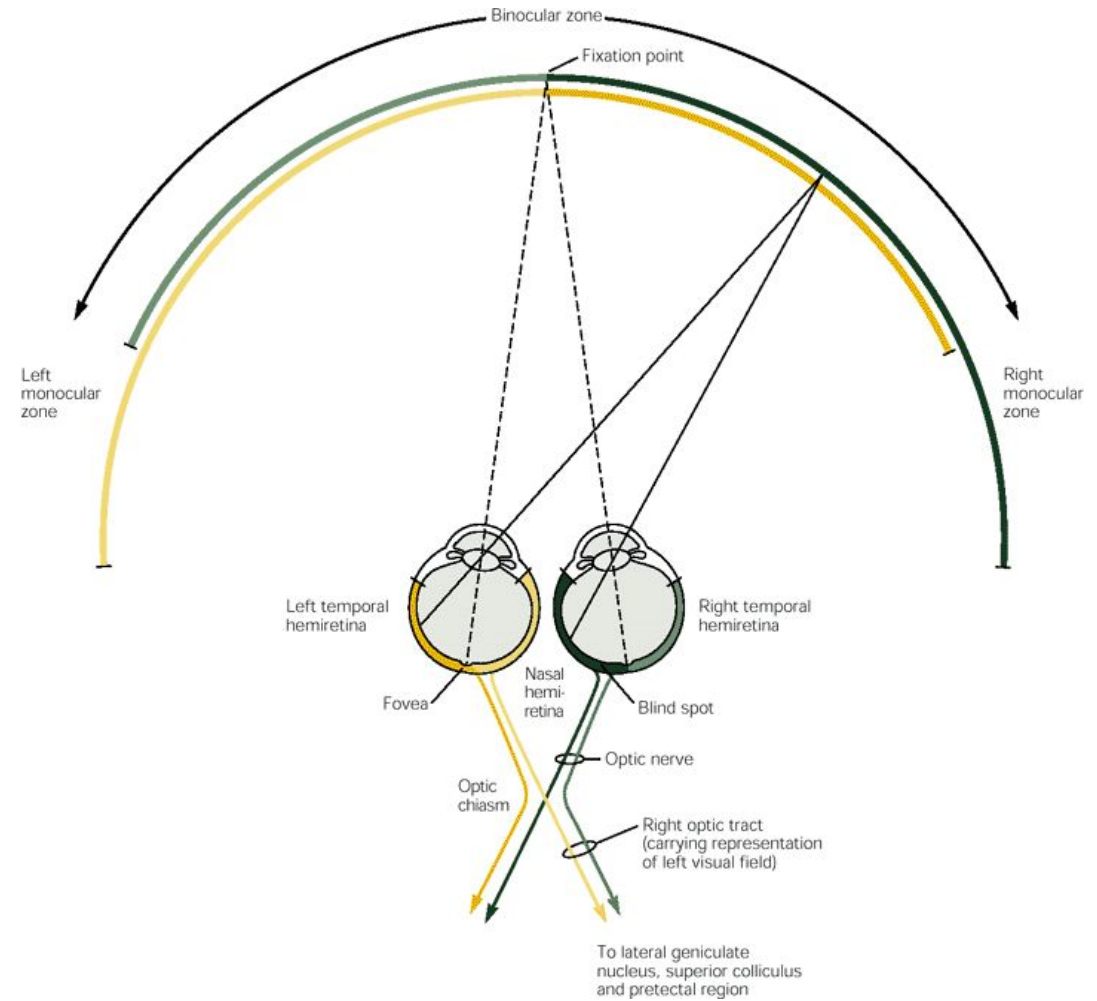
Proč naše vidění nelimituje?



# Zorné pole



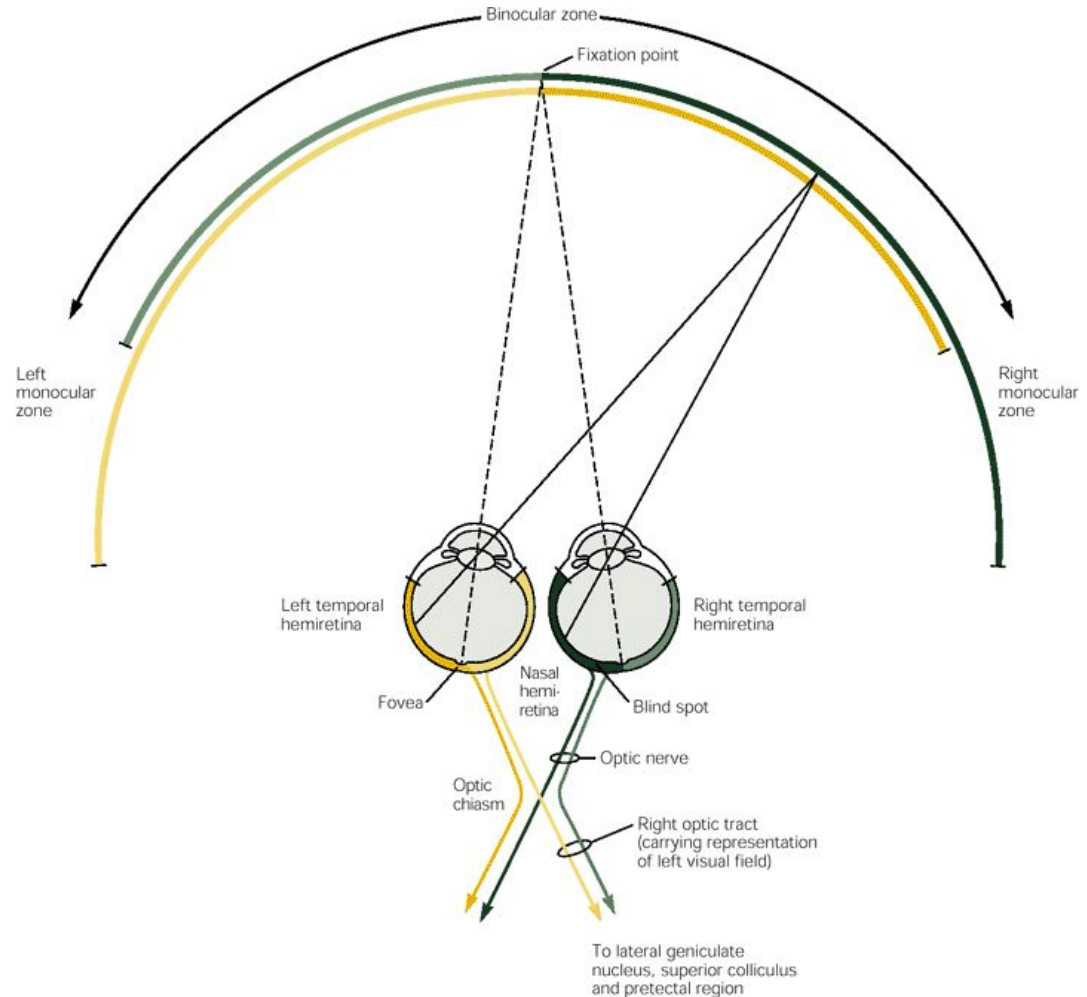
# Zorné pole



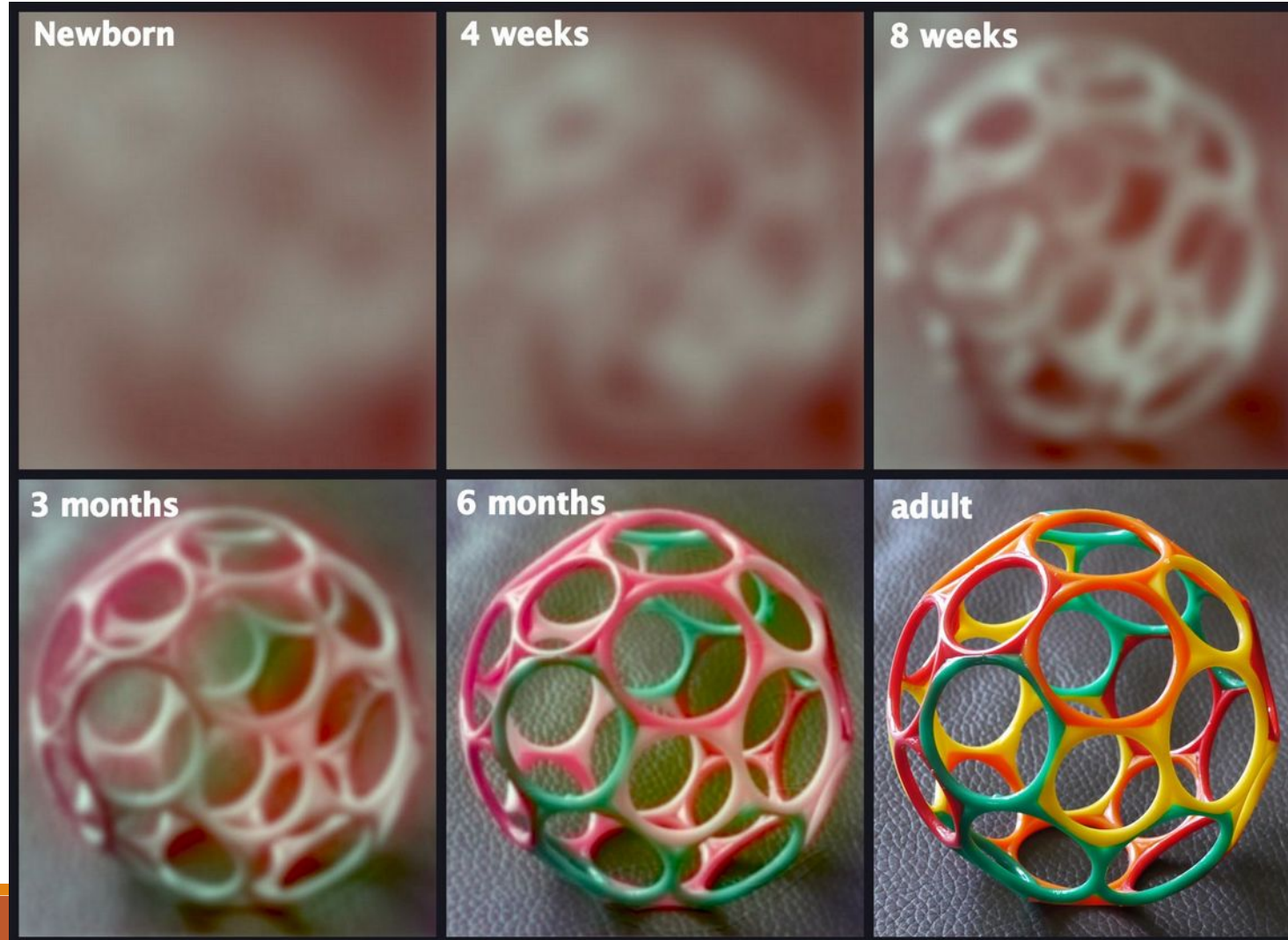
# Zorné pole

## Šířka zorného pole

- \* Jedno oko:  
160° (š) x 175° (v)
- \* Obě oči:  
200° (š) x 135° (v)
- \* Oblast binokulárního  
překrytí:  
120° (š) x 135° (v)



# Vývoj vidění



# Vývoj vidění

- **Ostrost vidění**

- oční svaly (2 měsíce)
- Vzdálenost rohovky a sítnice
- Vyvinutí sítnice, mozkových drah (6m)

- **Tváře**

- test matka x cizinec
- Matka v šále (1 měsíc)

- **Barva**

- Sílení čípků, raději delší vlnové délky (x dospělí)
- Až po 3měsících

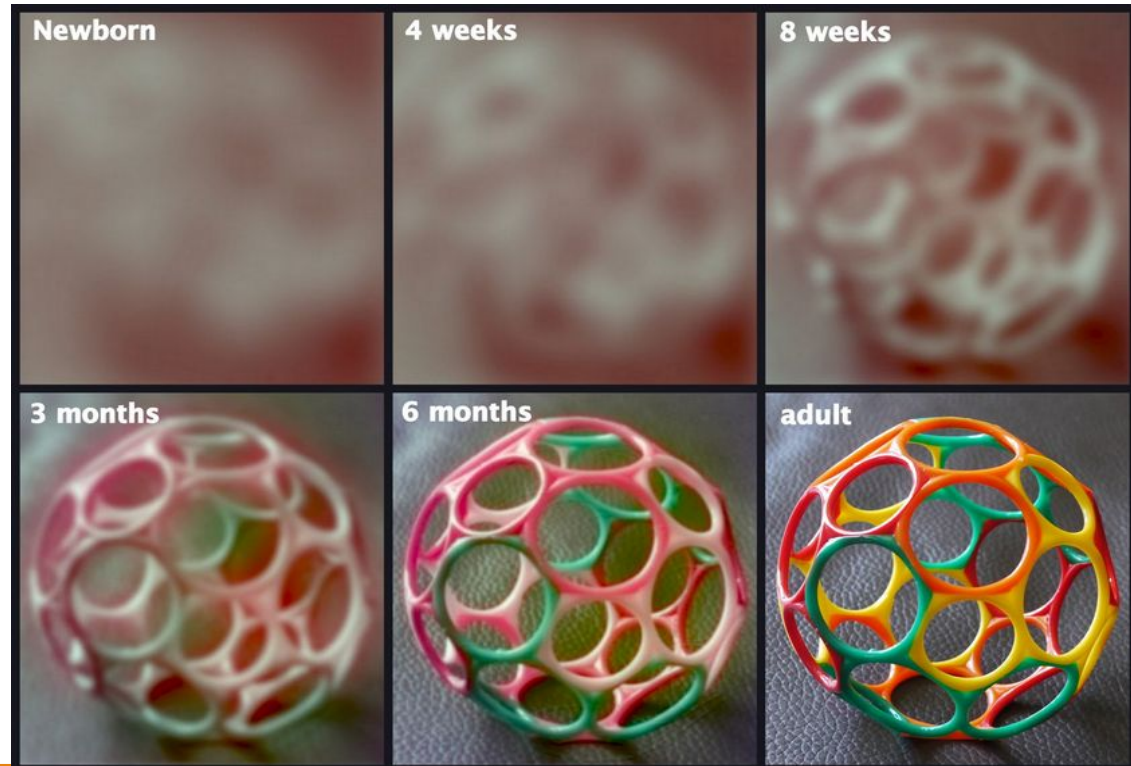
- **Citlivost na světlo**

- 50x výše práh než dospělý
- Prodlužování fotoreceptorů, vývoj sítnice

- **Vnímání hloubky**

- Náповědi – důležitost očních svalů
- Vizualní hrana – Eleanor J. Gibson

<https://www.youtube.com/watch?v=p6cqNhHrMJA>



# Oční pohyby

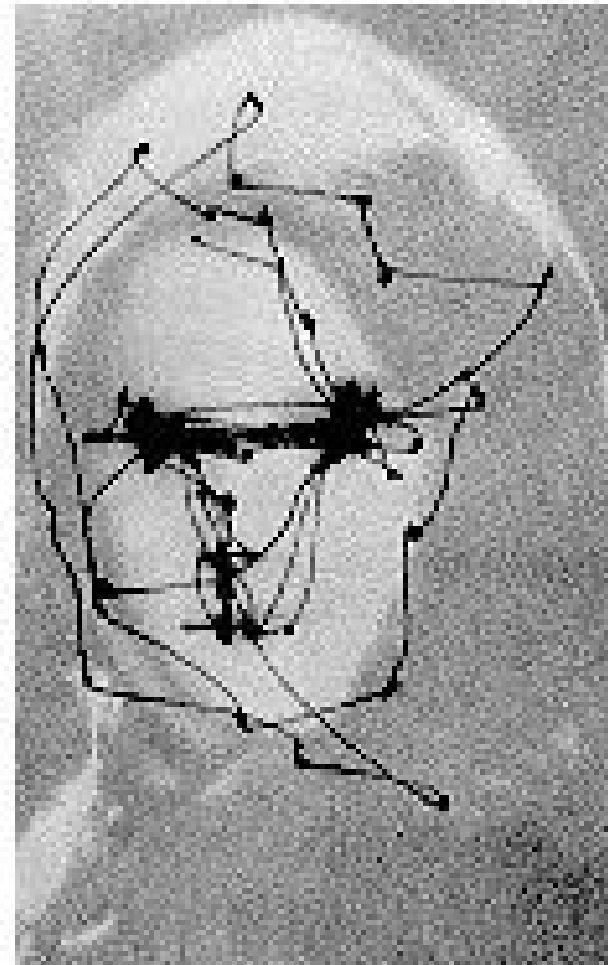
## Druhy očních pohybů

Jejich úkolem je udržet předmět našeho zájmu v oblasti žluté skvrny

Vyhasínání vjemu při stabilizaci promítaného obrazu objektu

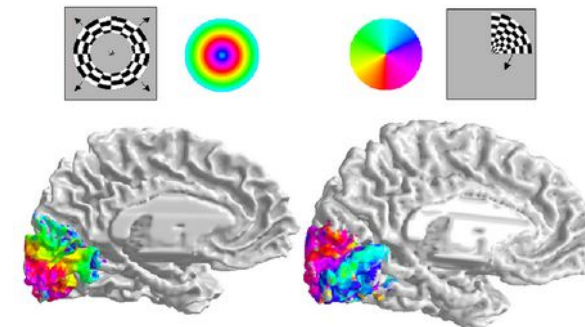
- **Volní** – parietální kůra -> frontální oční pole (premotorická část frontálního laloku) -> střední mozek -> most -> retikulární formace -> hlavové nervy -> okohybné svaly
- **Nevolní**
  - Sakadické oční pohyby – neplynulé, 3-4x/s
    - Hladké sledovací pohyby – fovea
    - Rychlé trhavé pohyby
  - Vestibulookulomotorický reflex – s natočením hlavy
- Provázející oční pohyby
- Kon/Divergence

# Sakadické oční pohyby



# Vizuální informace zpracována v různých oblastech mozku

- Hierarchický systém X oddělená centra
- fotoreceptory → bipolární b. → gangliové b. → optický nerv → thalamus → primární viz.kůra → extrastriate oblasti
- Retinotopic map, retinotopy (zač.20 st. na lidech s lézemi, 1941 experimentálně)

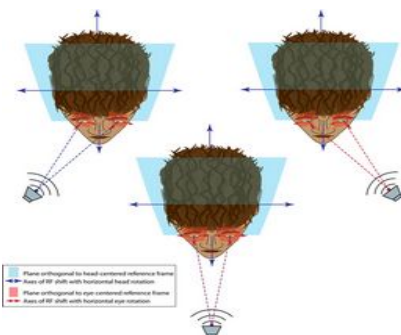


**Head – centered ref. rámec**

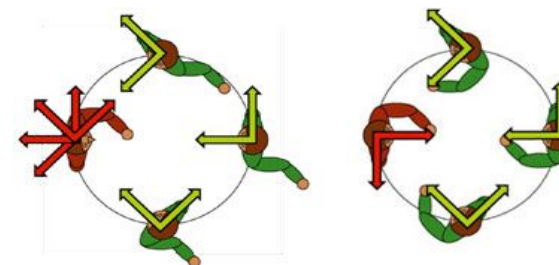
X

**body – centered ref. rámec**

Retinotopic map +  
Pozice očí



Retinotopic map + oči + hlava



## • Makak

- přes 50% neokortexu vizuální informaci, 11% somatosenzorickou, 3% sluch
- centra pro viz.info se liší velikostí
- aktivitu buněk jednotlivých oblastí, odpovědi neuronů na podnět různé orientace [http://youtu.be/y\\_l4kQ5wjiv](http://youtu.be/y_l4kQ5wjiv) (1:30)

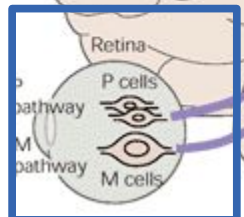
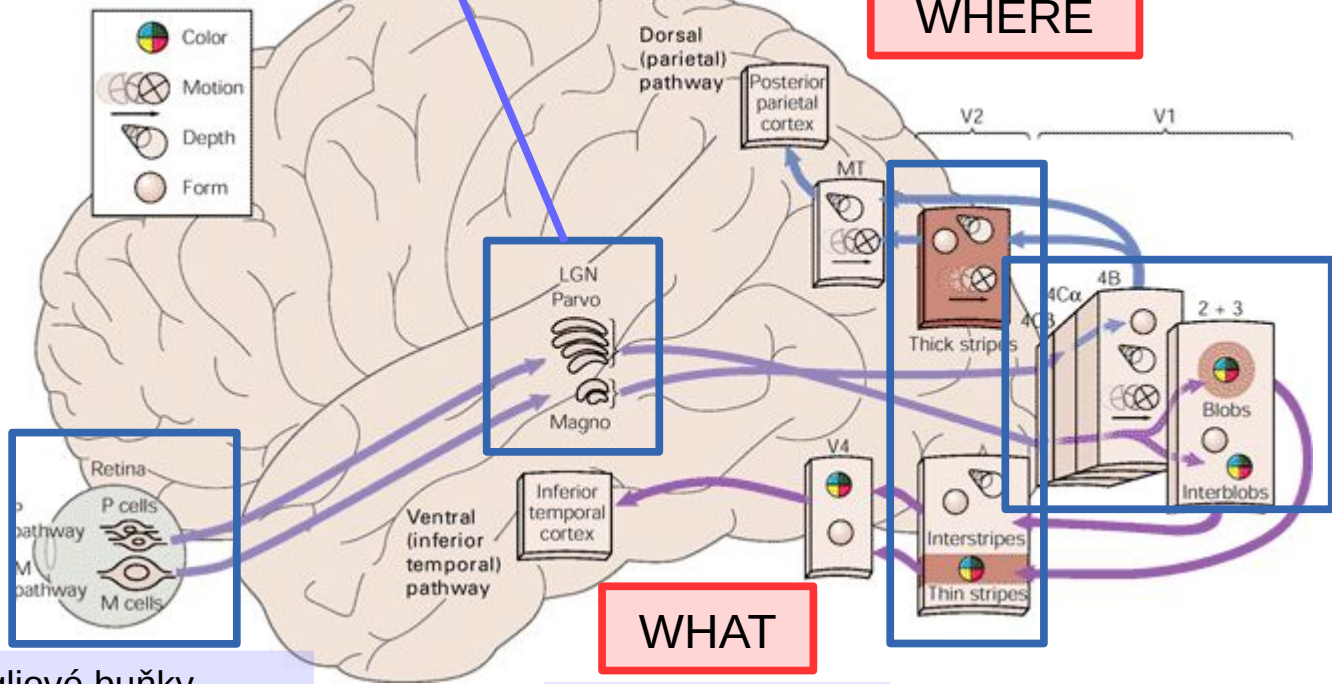
# Vizuální informace zpracována v různých oblastech mozku

	Parietální kůra	Temporální kůra
<b>Léze u lidí</b>	Visual neglect – ne slepou skvrnu (léze V1), ale kontralaterální neglect → <b>prostorová reprezentace</b>	Problém rozlišení objektů, vizuální paměť, rozpoznání tváří → <b>object recognition</b>
<b>Léze u opic</b>	Problém lokace objektů (dát ruce) <b>Neovlivní identifikaci</b>	Problém identifikace objektů – barva, orientace, vzor, tvar <b>Neovlivní lokaci</b>
<b>BOLD - PET</b>	Lateral occipital extrastriate region	
	Object location, při pozornosti na <b>rychlost</b> objektu	Rozpoznání objektů, pozornost na <b>barvu, tvar</b>

Thalamus, Corpus geniculatum laterale  
První reorganizace info z nerv.vzruchu

**Dorsální dráha**  
Visuoprostorové  
funkce, ne stat.objekty

**WHERE**



Gangliové buňky  
M buňky – 8% → M dráhy ,  
P buňky 80% → P dráhy

**WHAT**

**Ventrální dráha**  
Citlivé na obrysy,  
Velké rozlišení

Primární  
viz.kůra  
**V1**

# Korespondence postupných úrovní

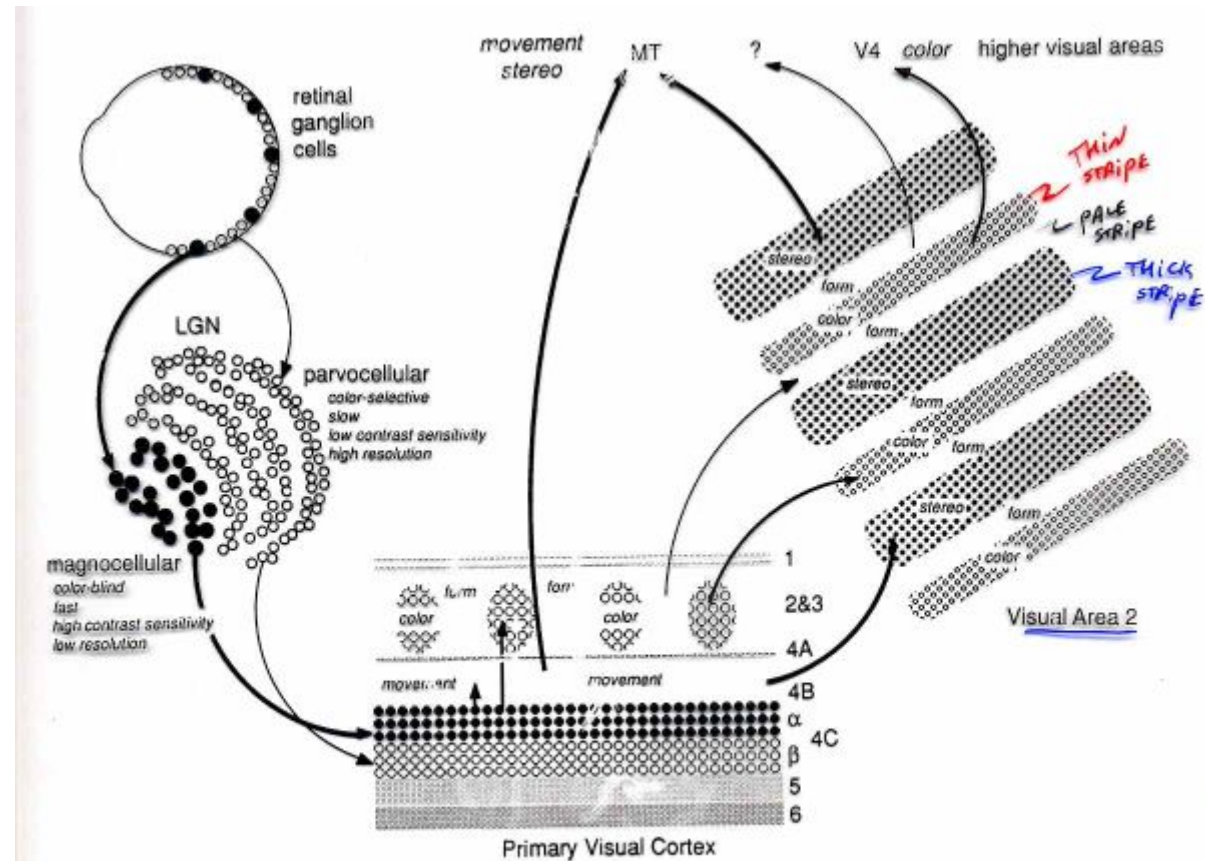
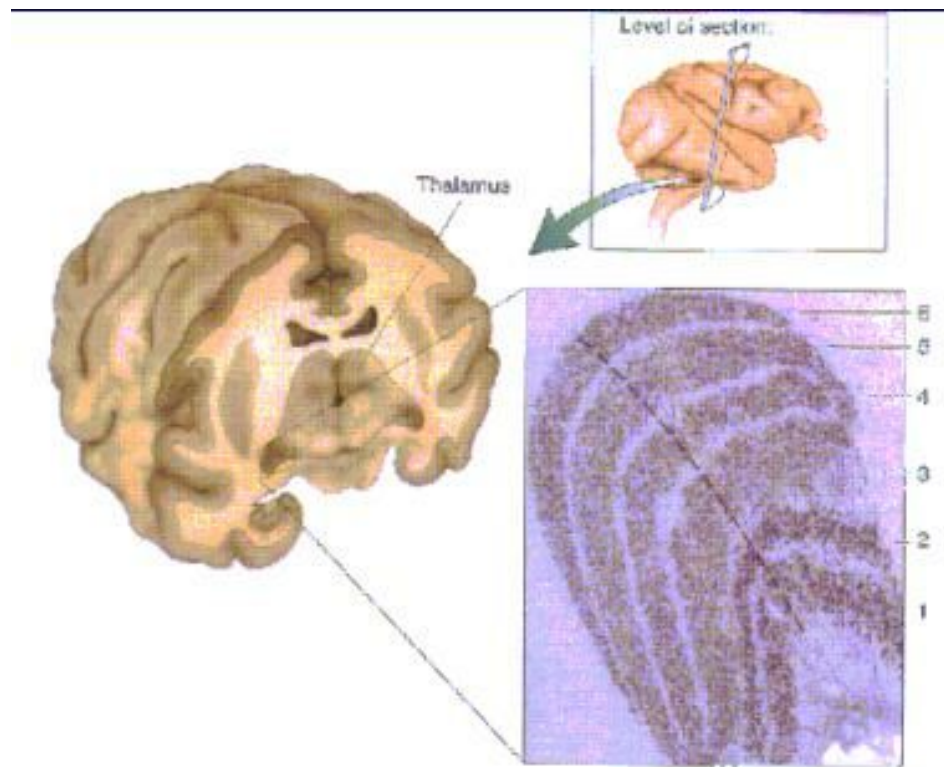


Fig. 2.10: Anatomical interconnection scheme of the neurons of the human color-coding system. The retinal ganglion cells project into the parvocellular lateral geniculate nucleus (LGN) and via the  $\beta$ -band of the primary visual cortex and visual area 2 (V2) to visual area V4. (After Livingstone and Hubel, 1988.)

# Corpus geniculatum laterale

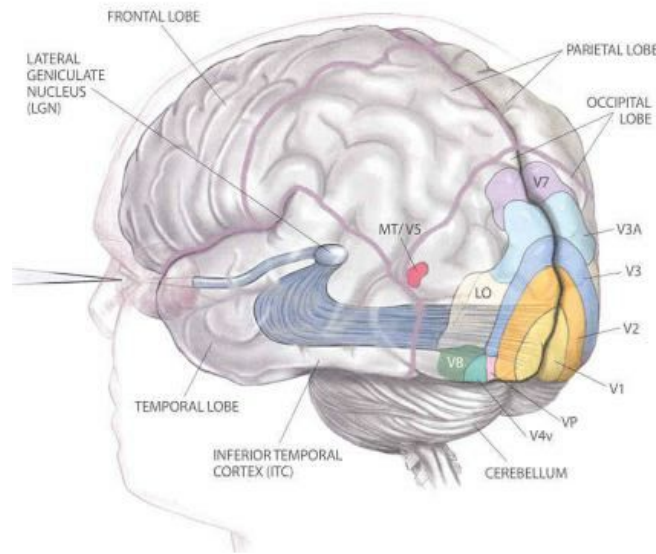


thalamus

první reorganizace  
informací obsažených  
v nervovém vzruchu

magno- a  
parvocelulární  
systém

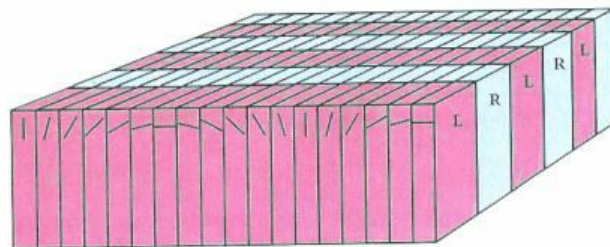
# Primární zrakový kortex (V1)



Primární analýza a detekce jednotlivých elementů

separátní zpracování obou stran zorného pole

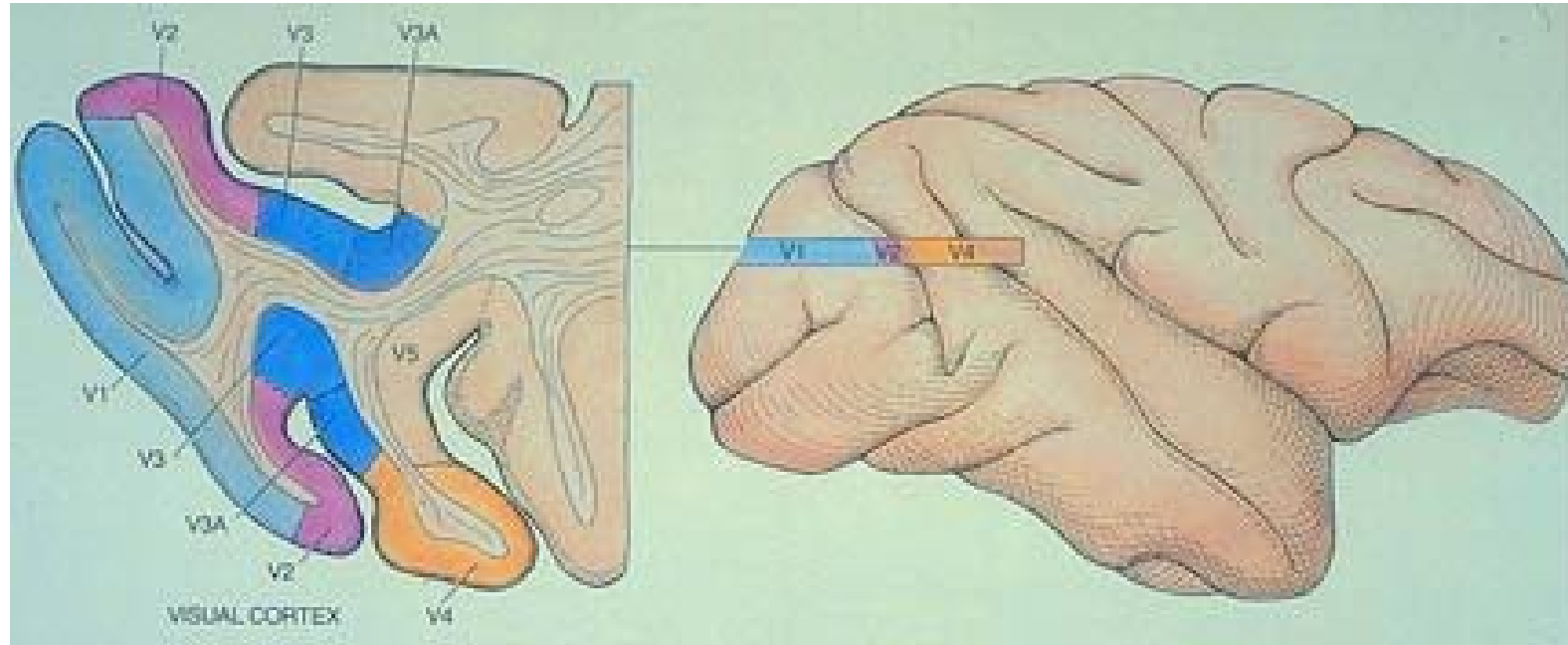
magnifikace obrazu na žluté skvrně



Orientation and ocular dominance columns

Hypersloupec – ze sloupců pro všechny orientace z jednoho regionu prostoru

# Další zpracování



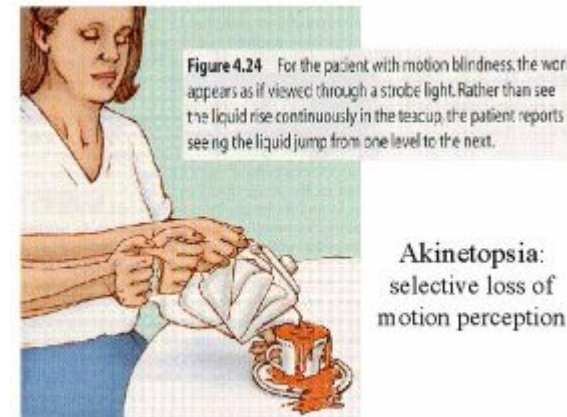
zpracování různých modulů podnětu v různých úrovních  
s postupující úrovní rostoucí specialisace nervových buněk

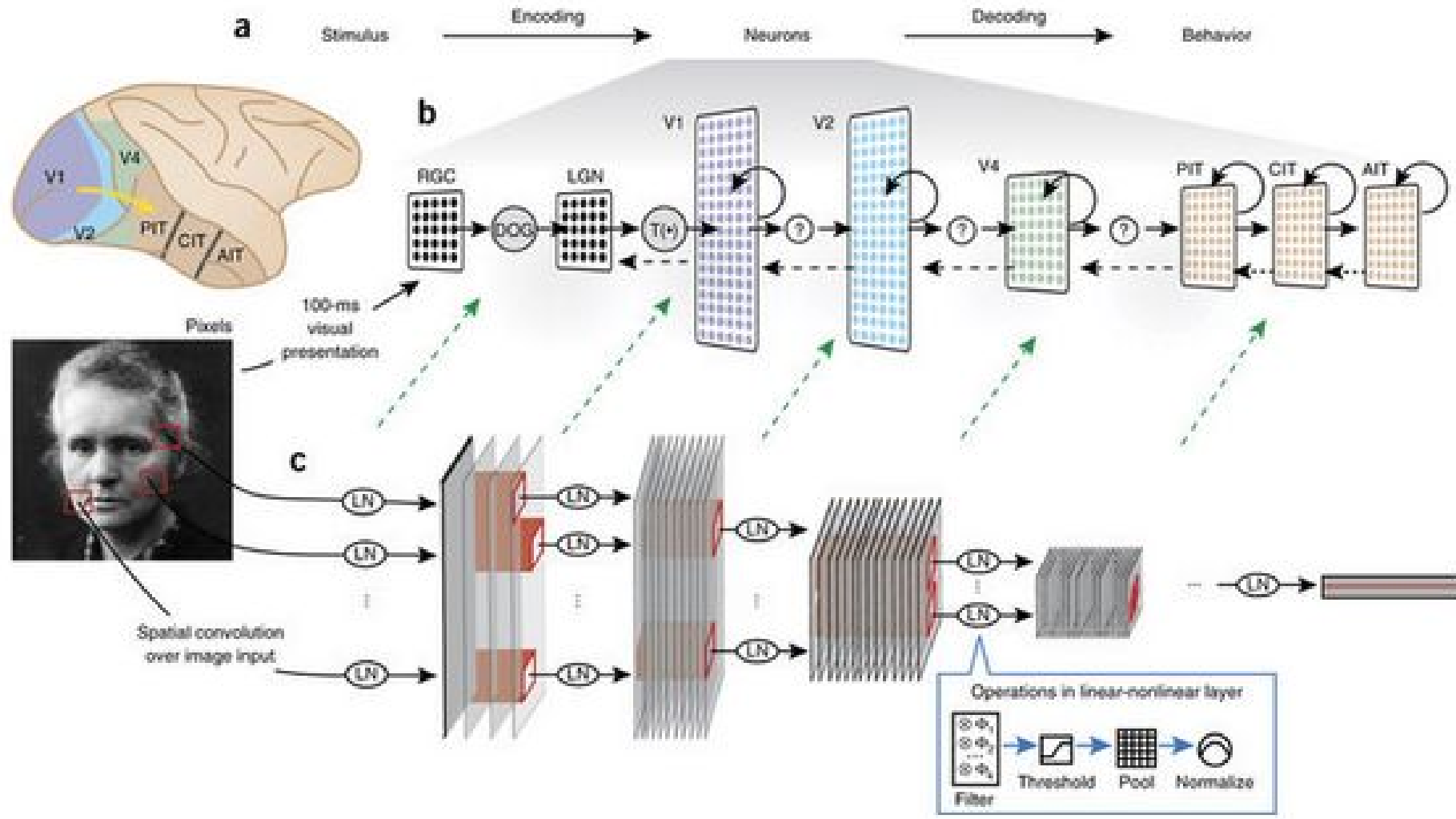
# Další zpracování (V3, V4, V5, IT)

**Barva** : V4, achromatopsie

**Tvar** : více sekvencí (V3, IT, V4); speciální zpracování tváří; agnosie, prosopagnosie

**Pohyb** : V5, akinetopsie



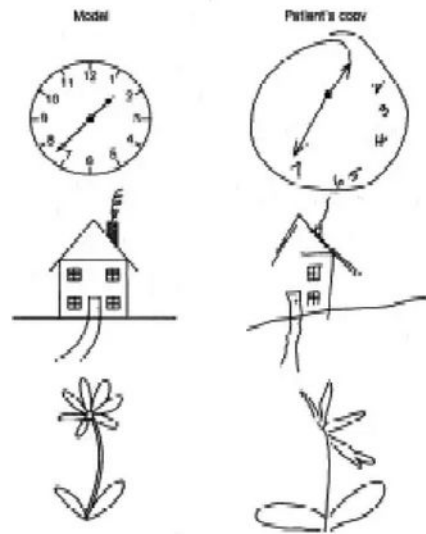


<https://becominghuman.ai/from-human-vision-to-computer-vision-convolutional-neural-network-part3-4-24b55ffa7045>

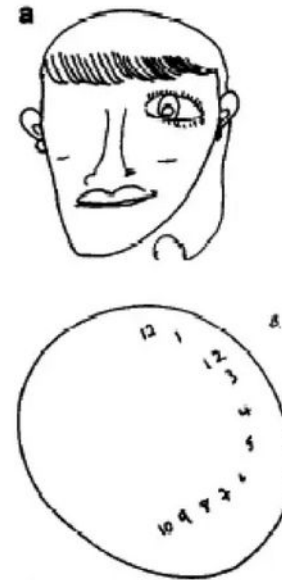
# Poruchy vnímání (hemispatial neglect)

- Left visual neglect after stroke

Copying:



Spontaneous drawing:



# Poruchy vnímání

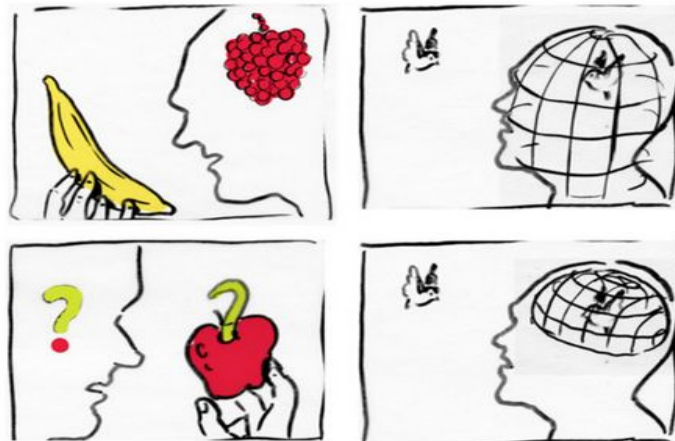
- Agnosie

= ztráta schopnosti, znalosti

– S.Freud – ne problém sensorů

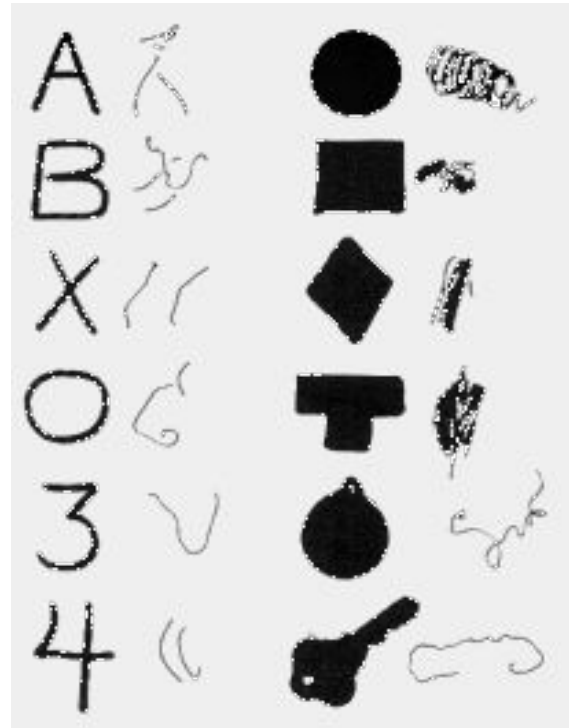
– Neschopnost rozpoznat a identifikovat objekty a osoby, přestože o nich má subjekt předchozí znalost

– Poukazuje na specifická centra perceptuálního systému



# Vizuální agnosie

- **Aperceptivní agnosie**
  - Neschopnost pojmenovat, napodobit nebo rozpoznat objekty prezentované vizuálně.
  - Je zachována schopnost vnímání barev, identifikace objektu a nevizuálních nápovědí.
- **Asociační agnosie**
  - Porušená identifikace objektů
  - Rozpoznají objekt, ale ne mu dát význam



# Prosopagnosie

- deficit v oblasti vnímání tváří
- Mrtvice, degenerativní onemocnění
- Typy:
  - aperceptivní typ ~ vnímání
  - amnestický typ ~ poruchy paměti na tváře
- Problém při sledování filmu – neudrží děj

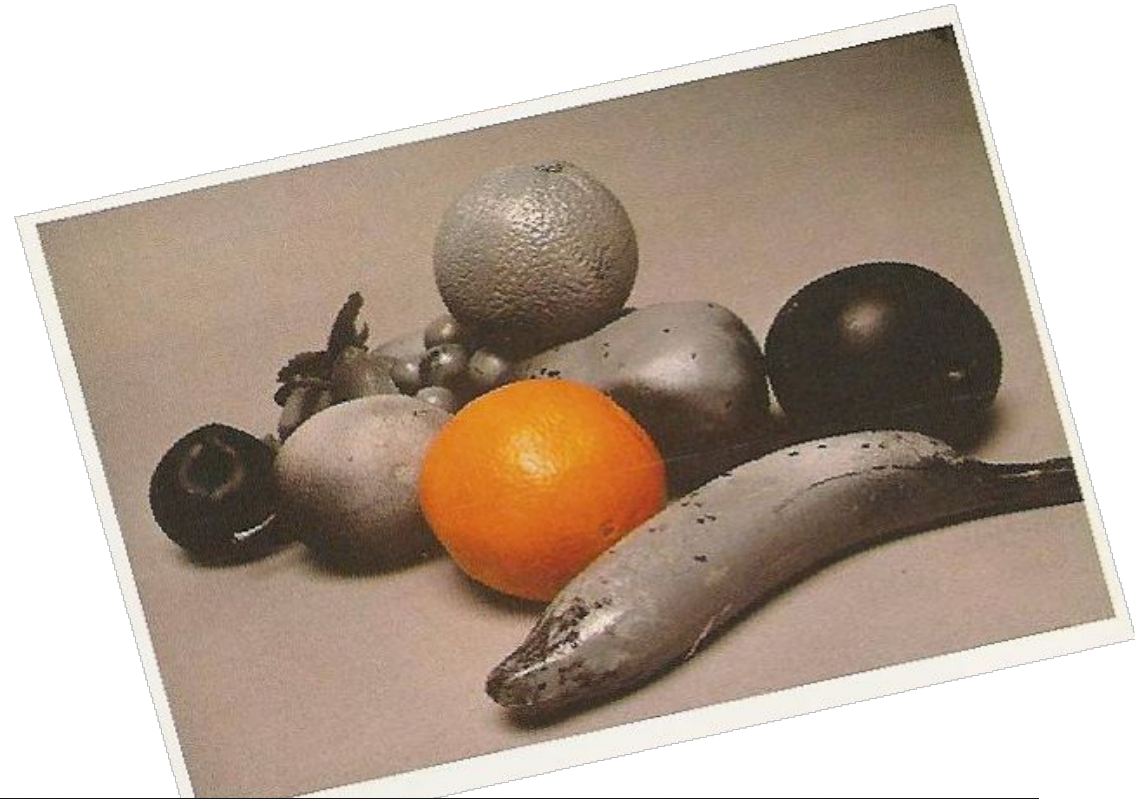


**Bilaterální inferior temporal cortex**

# Achromatopsia

- Poškození vnímání barev v celém spektru
- + fotofobie, malá ostrost

Bilateral temporal cortex



## Příčiny:

- nefunkčnost čípků
- dědičná čípková slepota
- některá onemocnění sítnice



# Akinetopsie

- **Neschopnost vnímat pohyb** díky poškození dorzální vizuální dráhy (V5/MT).
- 2 typy
  - Pohyb~ série fotografií
  - Nevidí pohyb – jako by ztuhl

<http://youtu.be/B47Js1MtT4w>



**Figure 4.24** For the patient appears as if viewed through the liquid rise continuously in seeing the liquid jump from

# Simultagnosie

Schopnost vnímat pouze jedno slovo nebo objekt v jeden okamžik



# Poruchy vnímání

- slepota ke slovům
  - Agnosie k orientaci objektů
  - Slepota k hloubce
  - Slepota ke gestům
  - Slepota k prostředí (rozpoznat v jakém se nachází prostředí)
- ...
- sběratel známek nepozná známky
  - pozorovatel ptáků nerozpozná ptáky
  - může být selektivní pro živé/neživé/pro slova/pohyb...