

Obečná fyziologie smyslů

Receptorové buňky jsou brány,
kterými vstupují signály do NS

Exteroreceptory x interoreceptory



VĚDOMÍ

Kůra telencefala

PODVĚDOMÍ
Reflexní,
automatické řízení

Motorický NS

Vegetativní NS

Hormonální S

Buněčné „oči“ a „uši“

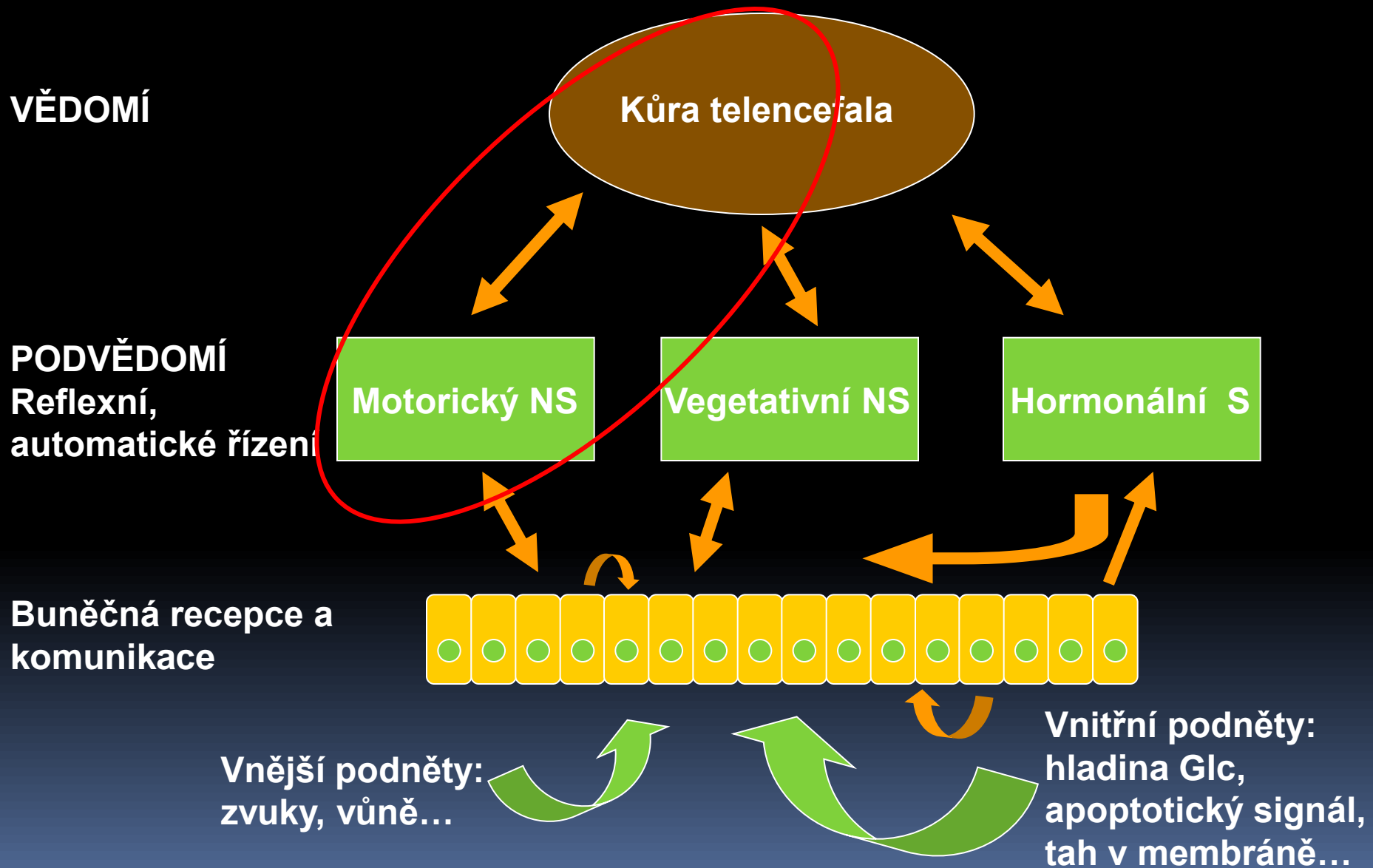
Buněčná recepce a komunikace

Vnější podněty:
zvuky, vůně...

Vnitřní podněty:
hladina Glc,
apoptotický signál,
tah v membráně...

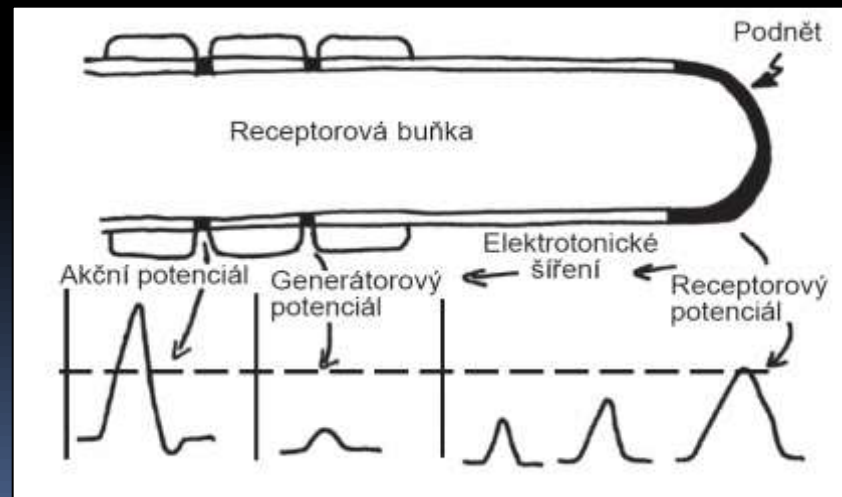


Klasické smysly propojené s kůrou, mechanismy ale stejné



Kanály v molekulární fyziologii smyslů

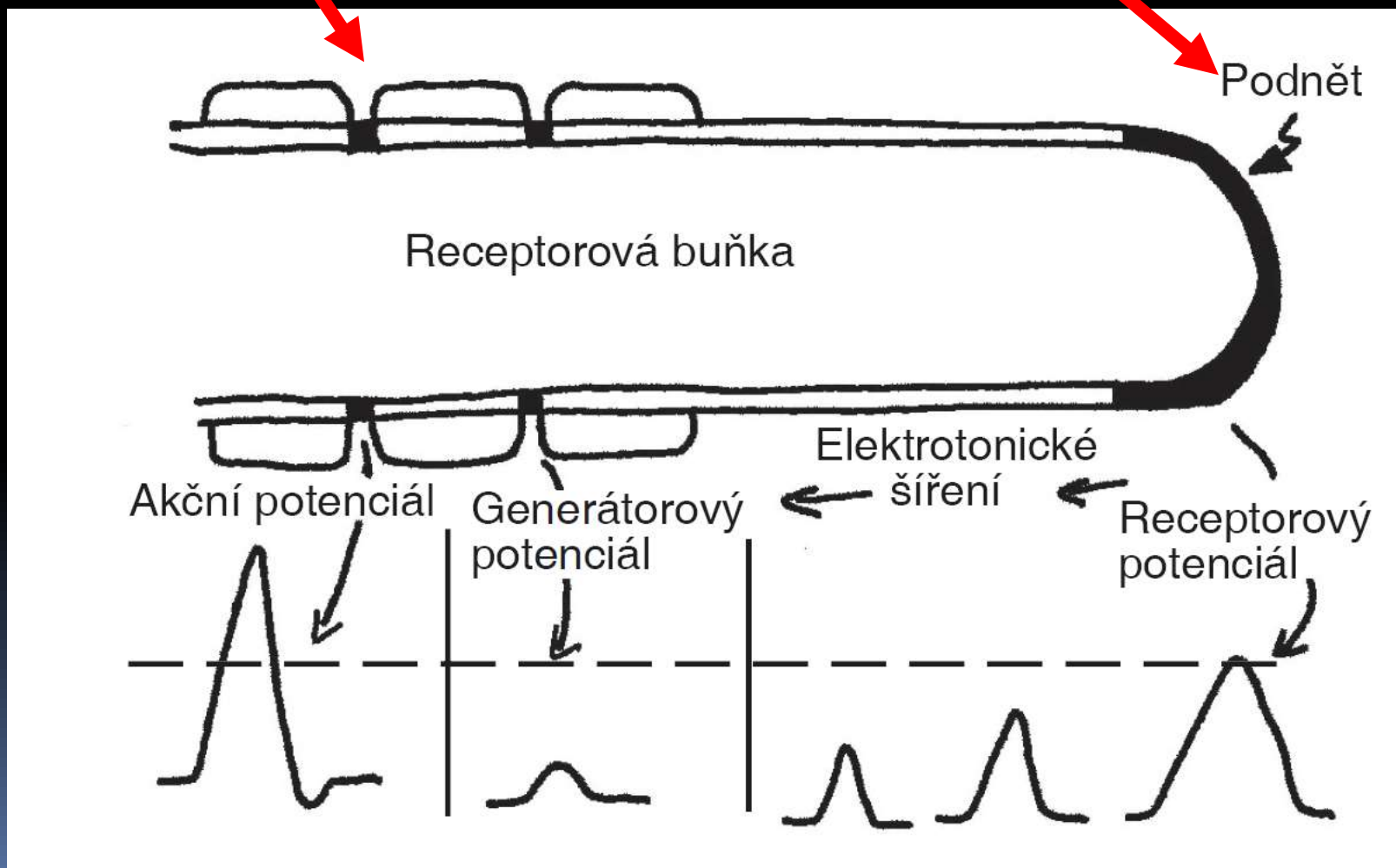
- Nervový systém vsadil na elektricky předávané informace.
- Kanály jsou odpovědné za regulaci membránového napětí a tedy klíčové pro vznik a přenášení nervových signálů.
- Nervový systém tedy „vidí“ jen to, co změní kanálovou propustnost.
- Pro vstup do NS podstatné to, co se děje mezi receptory a kanály



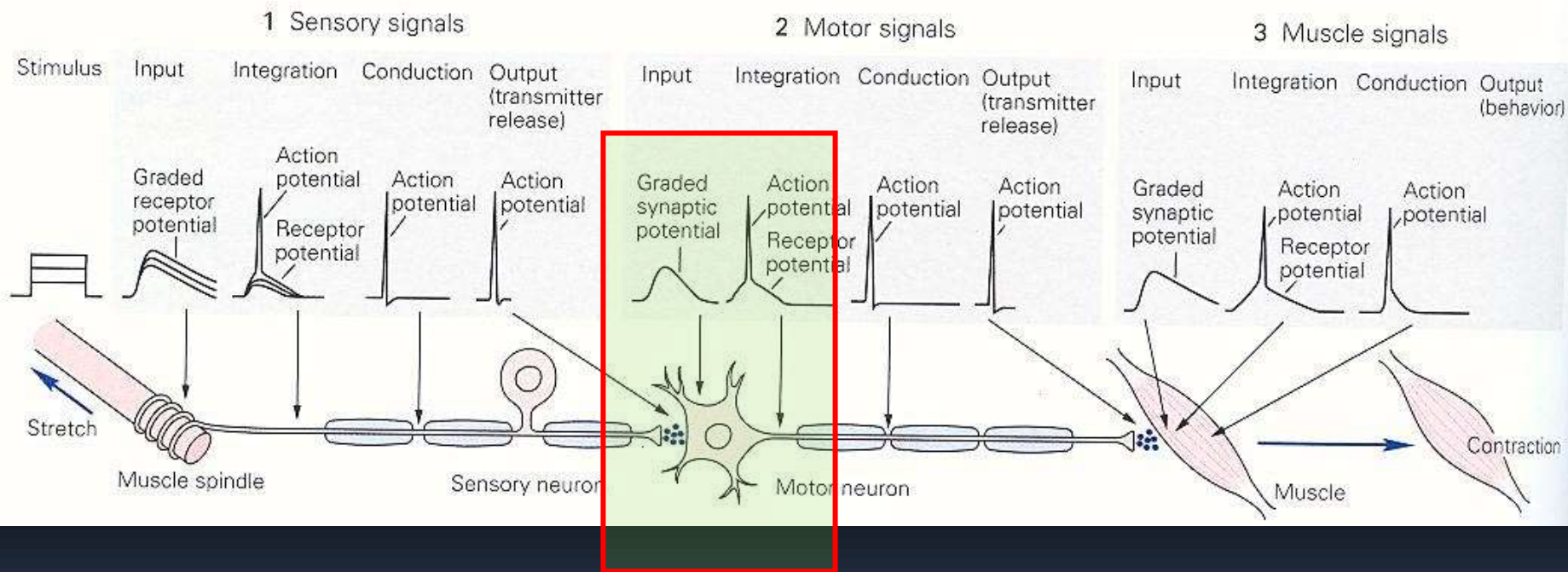
Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

Transformace

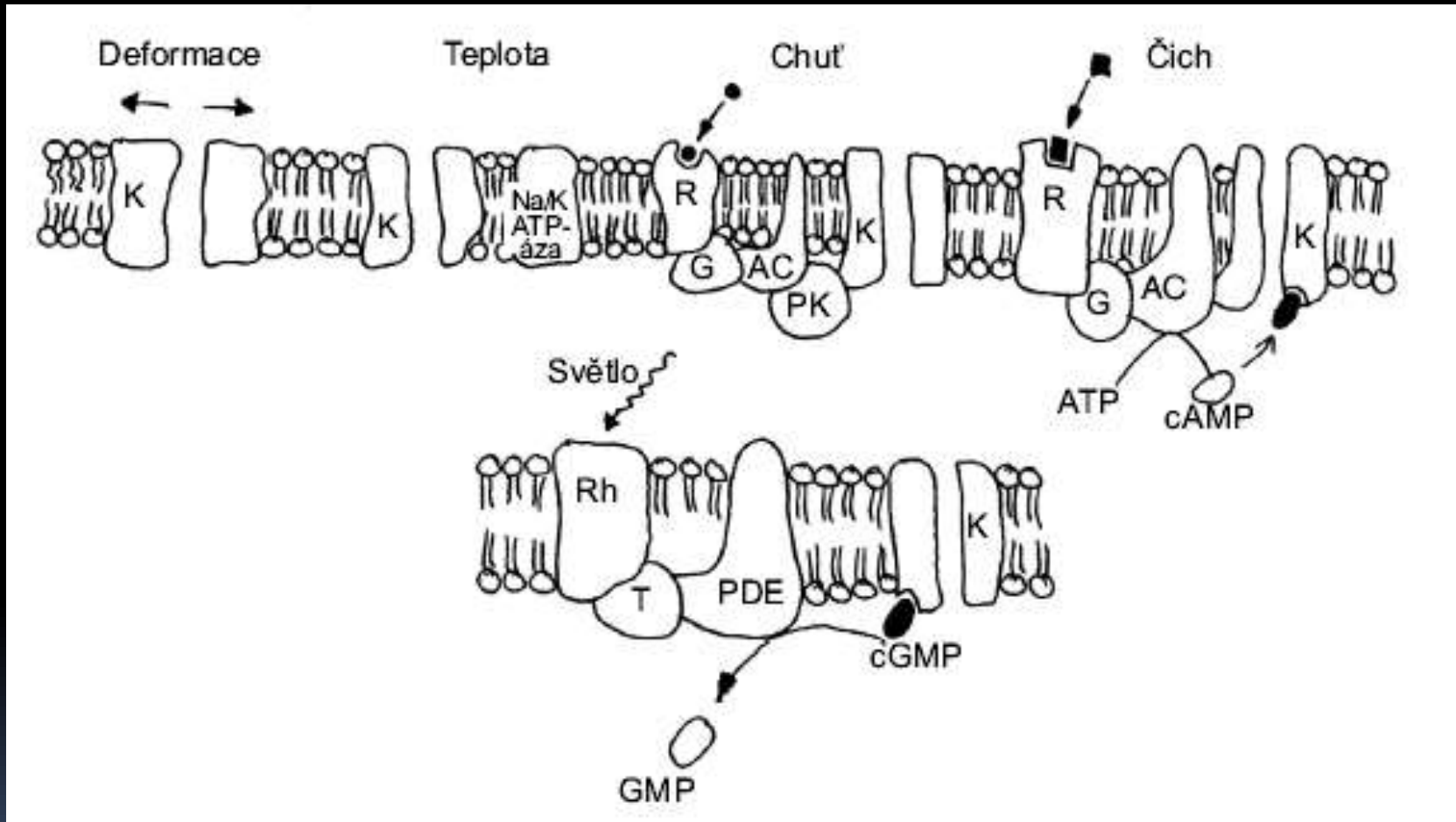
Transdukce



Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

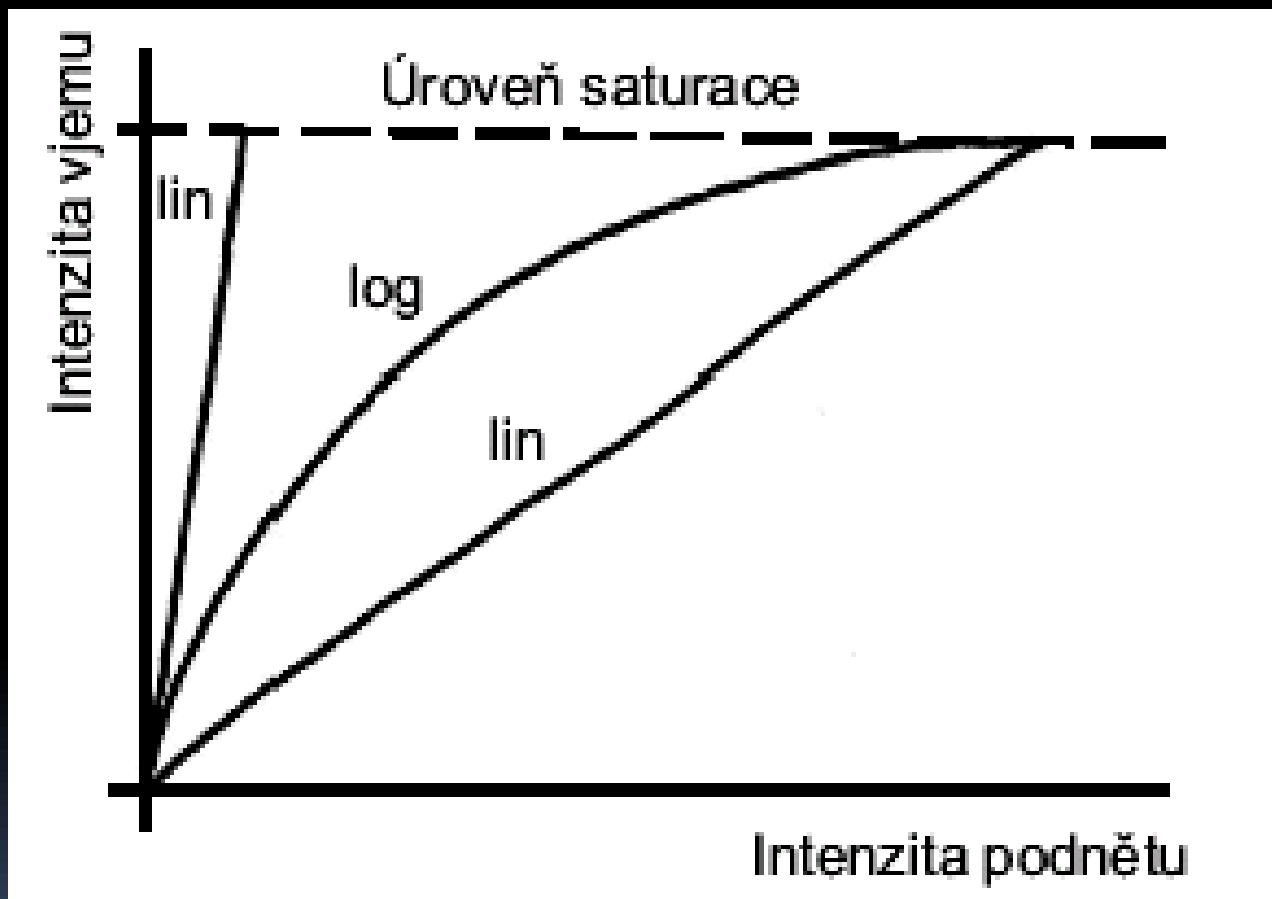


Vlastnosti membrány a cesta signálu ke kanálu jsou klíčem pro transdukcii.



Intenzita podnětu a intenzita odpovědi.

Logaritmická závislost je dobrý kompromis mezi potřebou citlivosti a rozsahem.

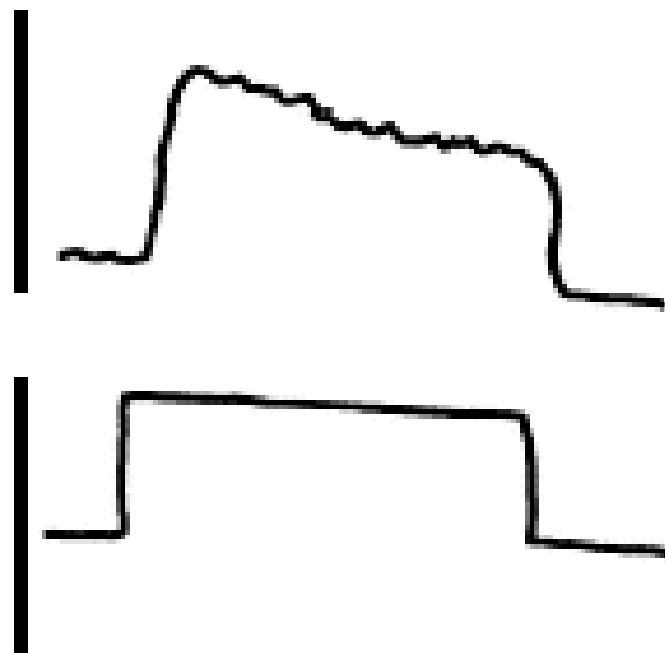
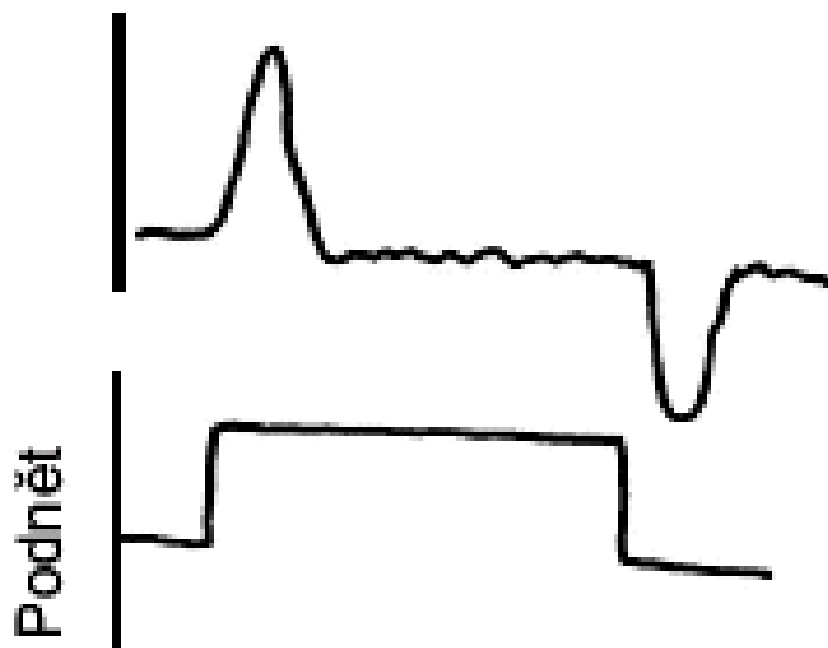


Trvání podnětu a trvání odpovědi.

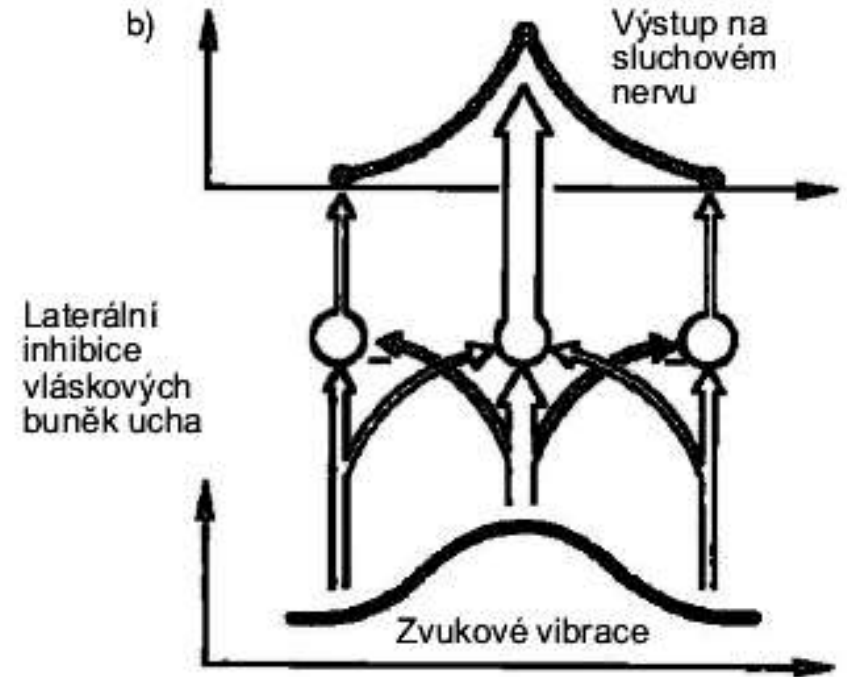
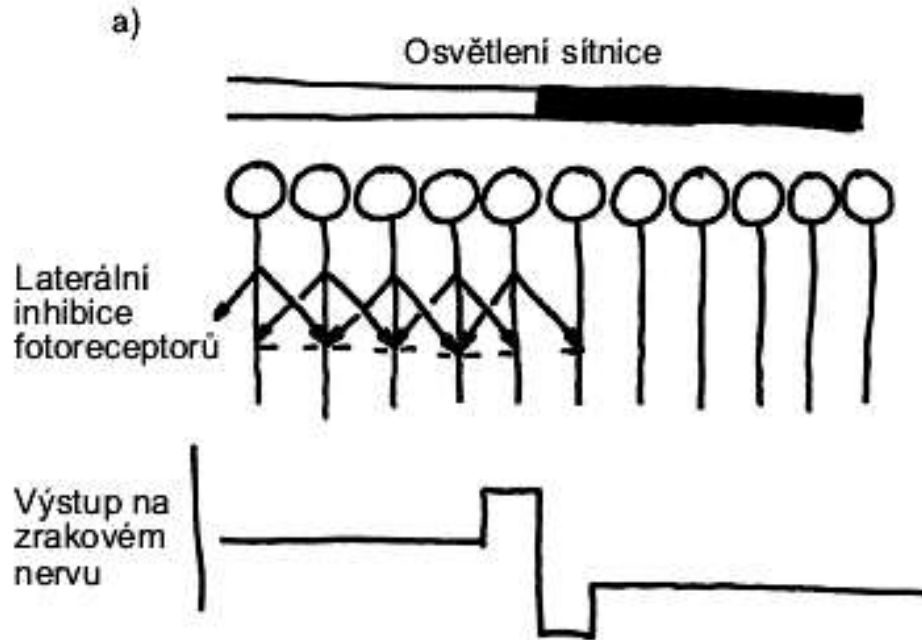
Většina exteroceptorů se v různé míře adaptuje.

Diferenční receptor

Proporcionální receptor



Laterální inhibice: vyšší rozlišovací schopnost zesílení kontrastů

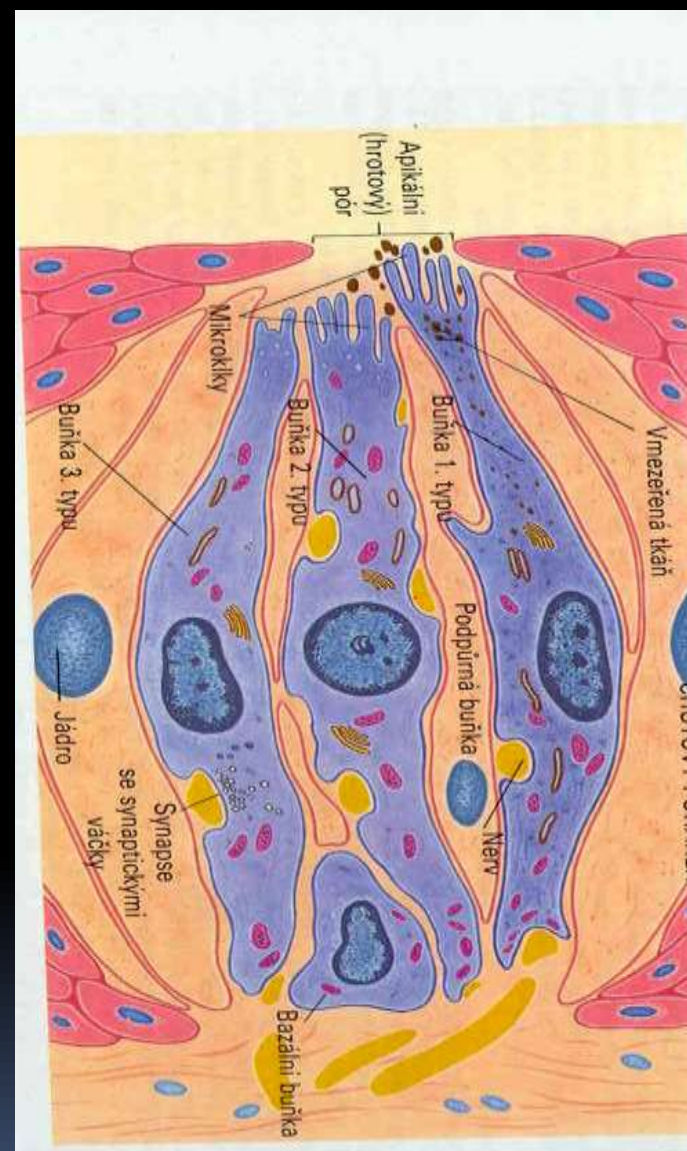
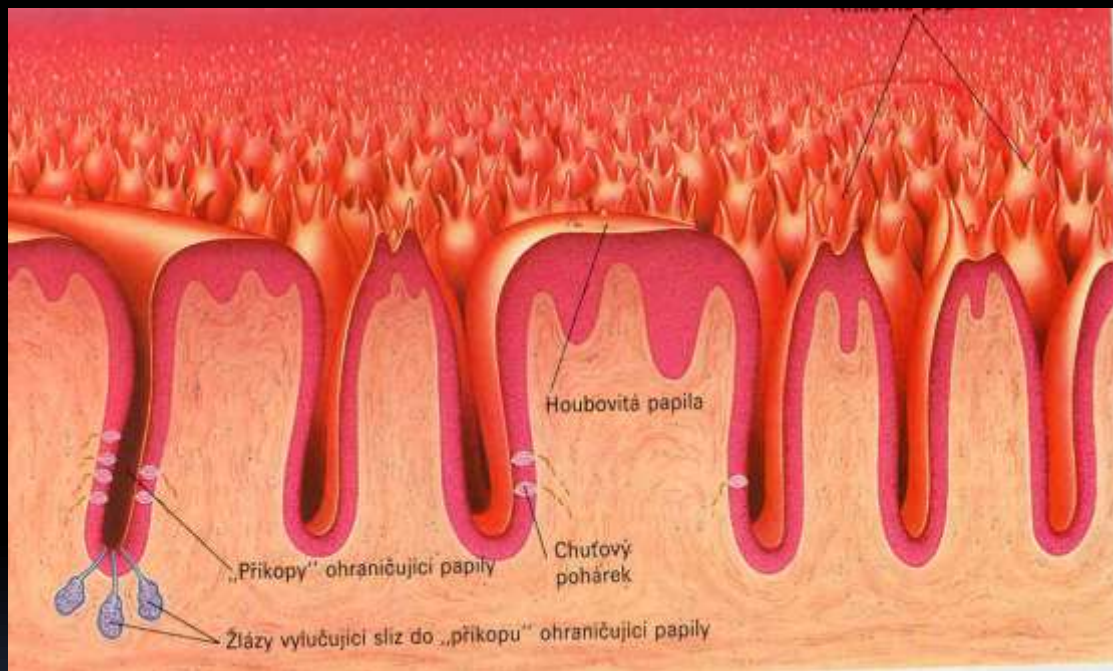


Smyslové dráhy

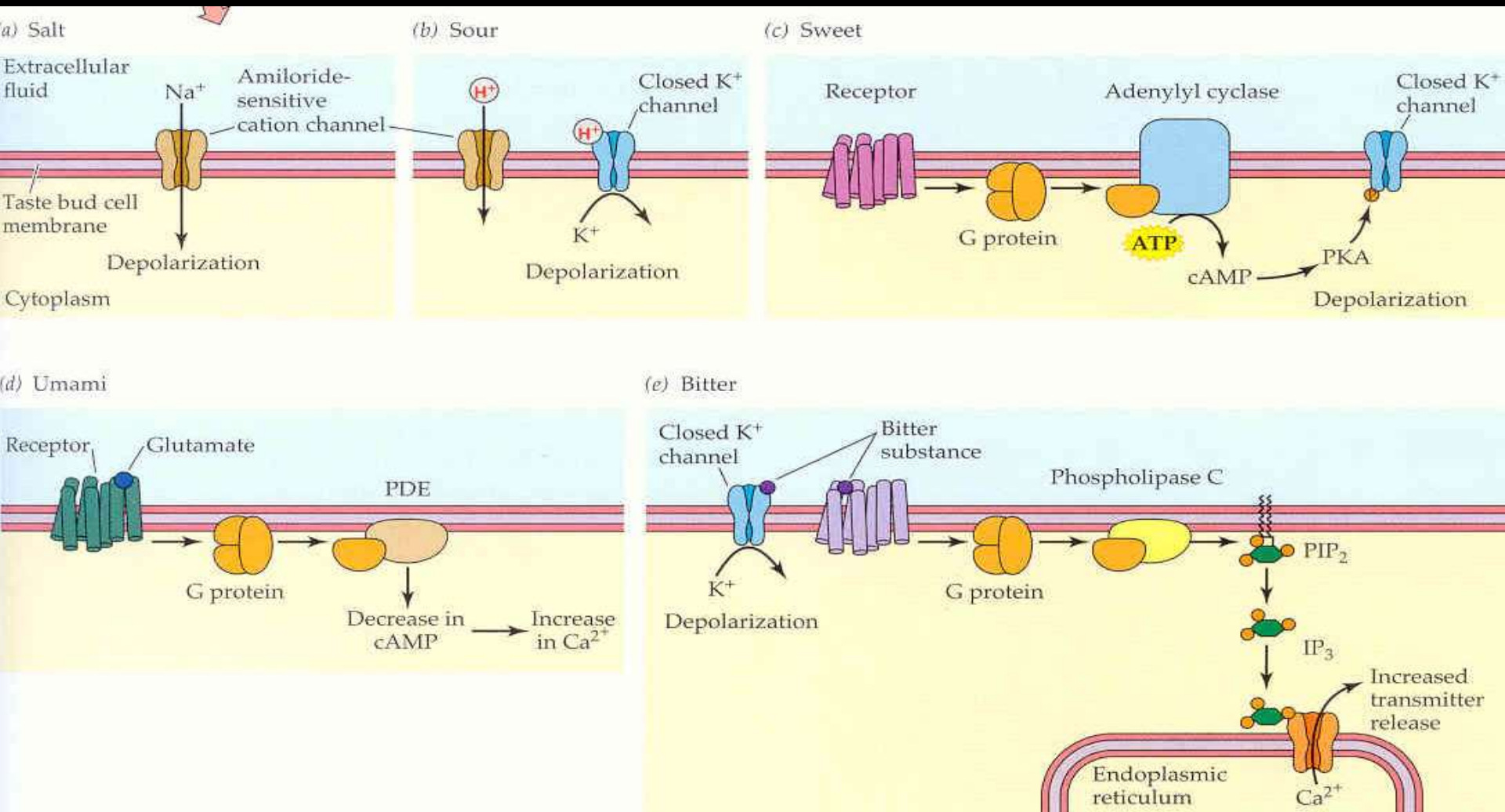
- Paralelní dráhy (co vidím se zpracovává odděleně od *kde*)
- Specializace analyzátorů smyslové dráhy (od jednoduchých rysů po komplexní)
- Úloha mozku integrovat do celku a interpretovat (zkušenost)



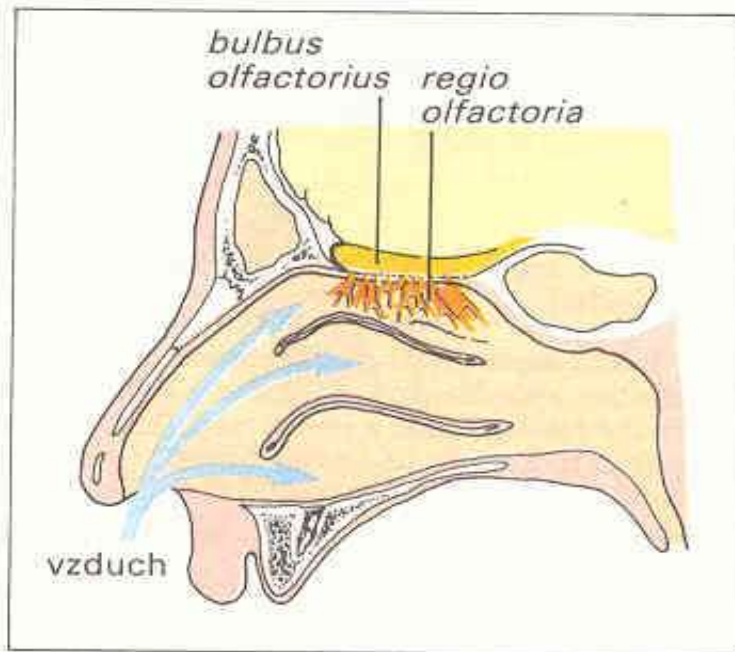
Chuť



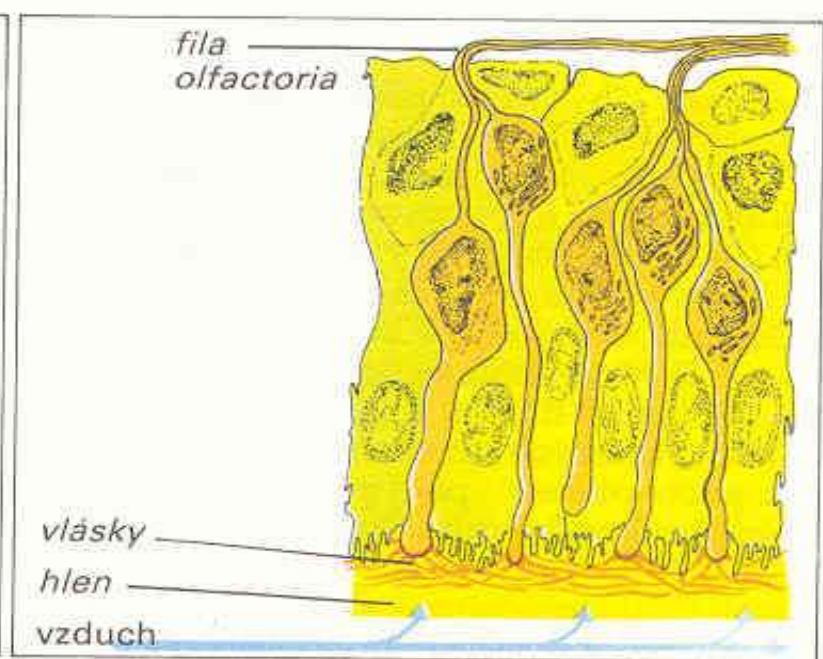
Různě složité transdukční cesty 5 základních chutí.



Čich

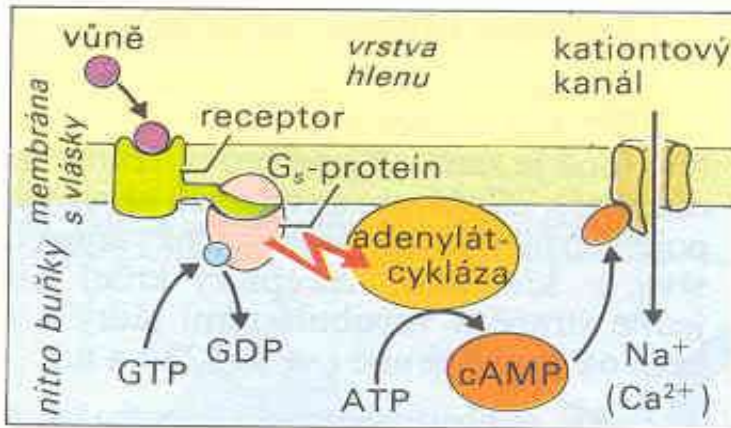


A. Nosní dutina a čichový orgán

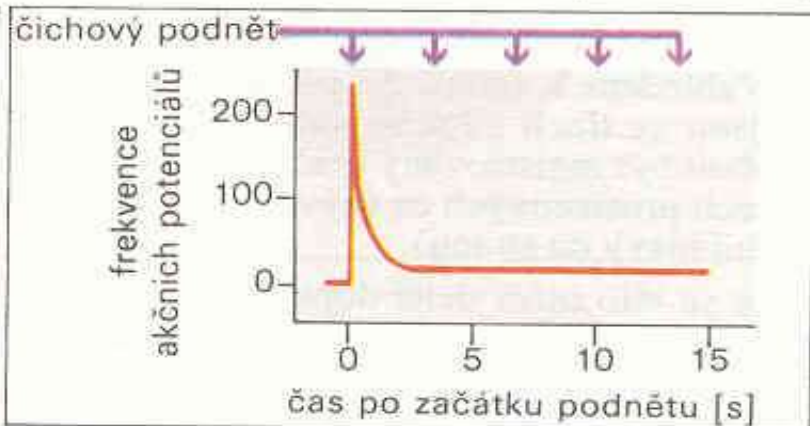


B. Čichový epitel

(podle Andrese)



C. Transdukce čichového podnětu



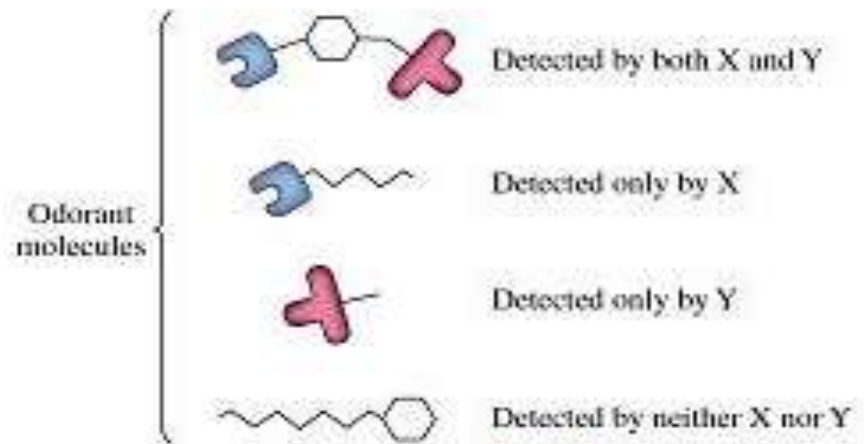
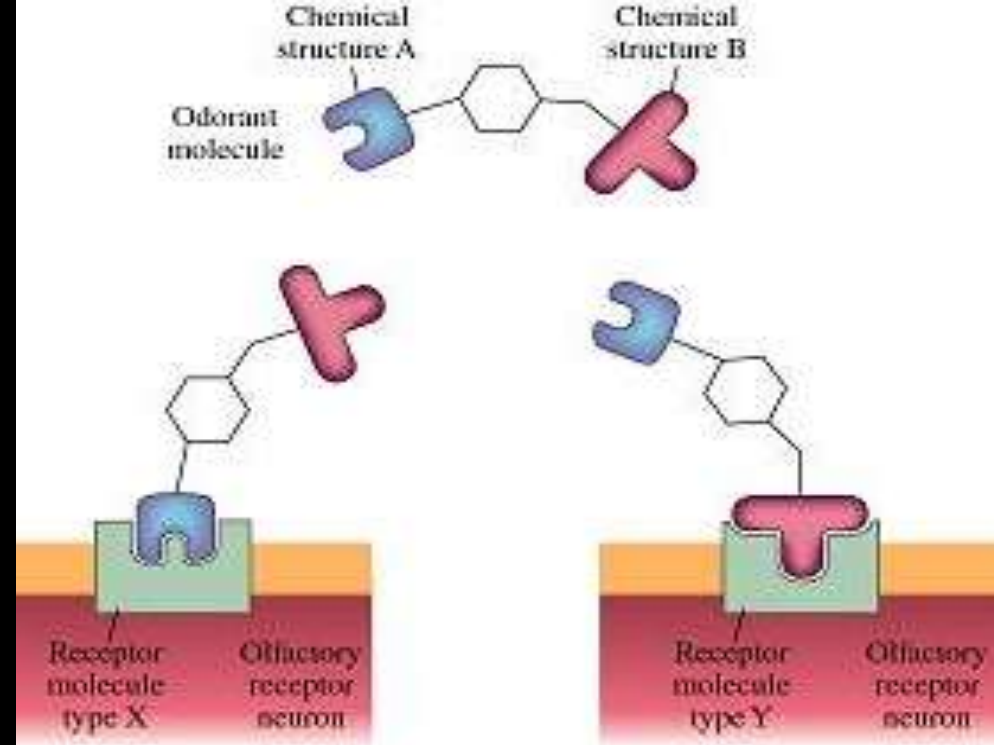
D. Adaptace čichu

Specifita srovnatelná s imunitní Cis/trans rozlišení



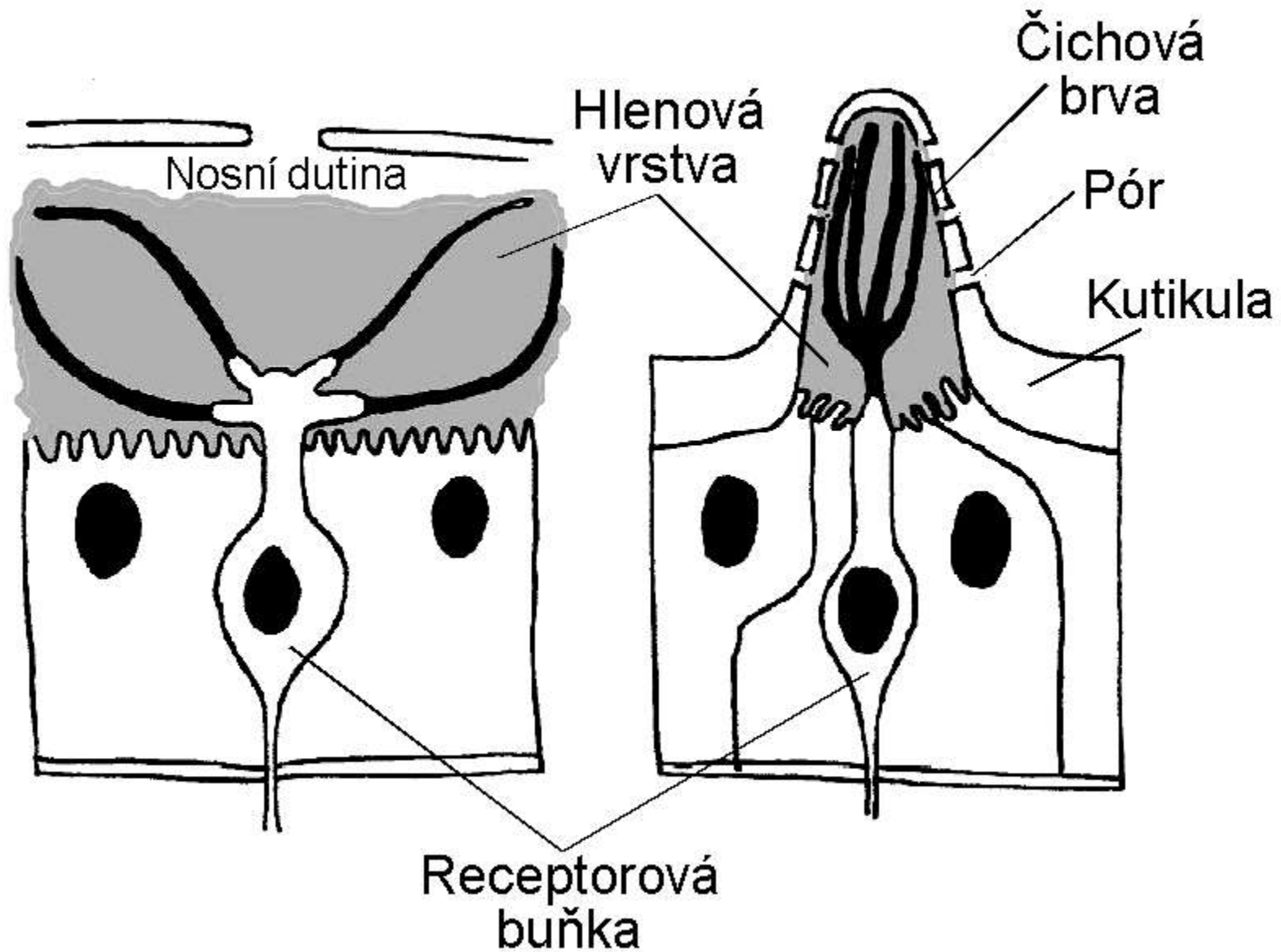
Specializace receptorů
Kombinace cca 350 receptorů člověka
3.000-100.000 vůní (?)

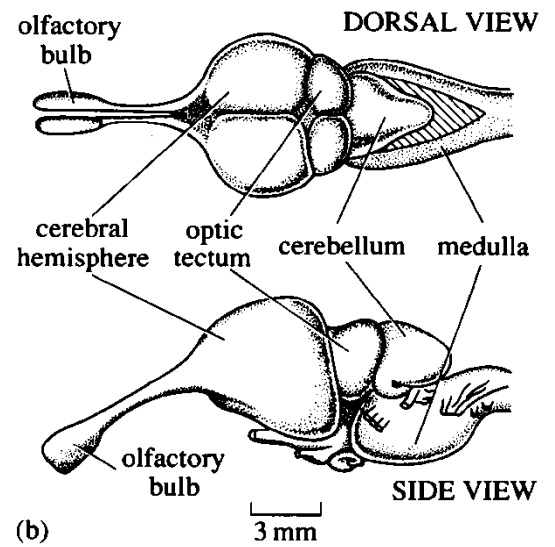
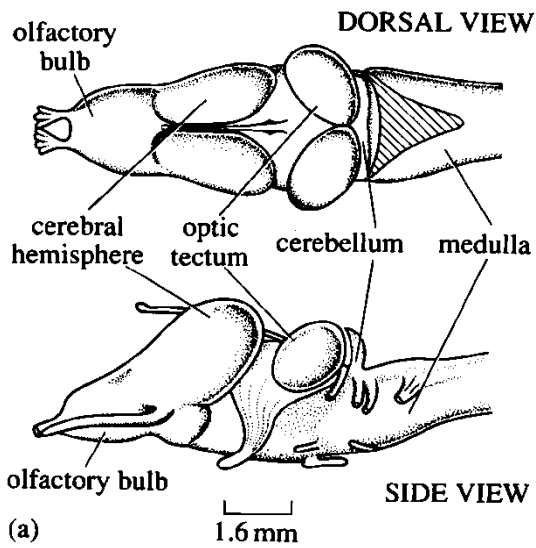
Ale: 21 MARCH 2014 VOL 343 SCIENCE
10¹² - trilion vůní



a) Savci

b) Hmyz





Čichový lalok koncového mozku

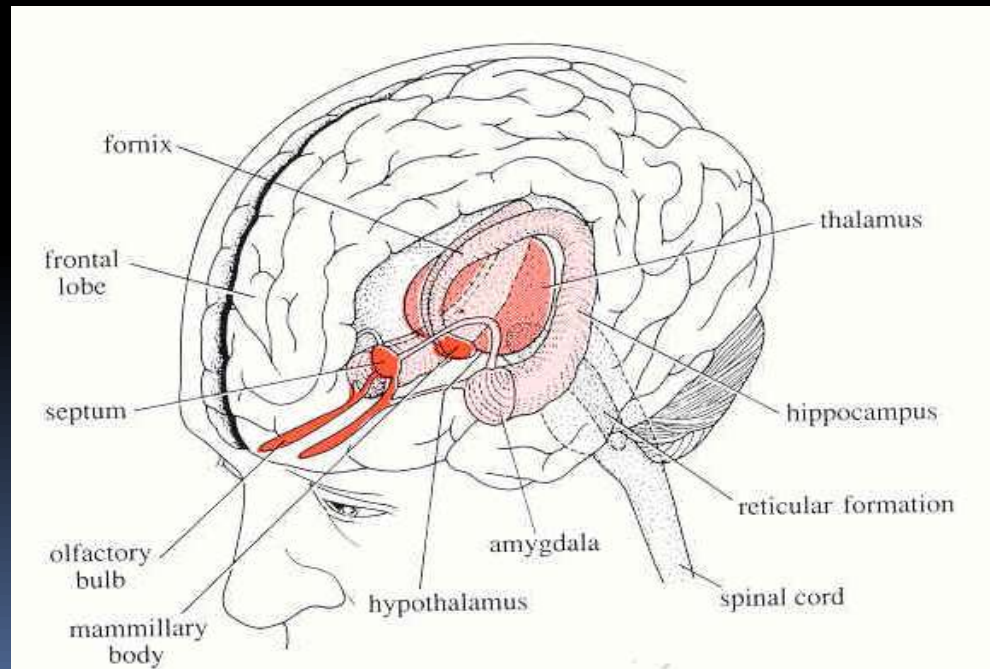


Figure 10.1 The limbic system (the main limbic system structures are shown in red)

Mapa vůní – vzorec aktivovaných glomerulů
 Konvergence neprostorového parametru
 na prostorový

savec

Drosophila

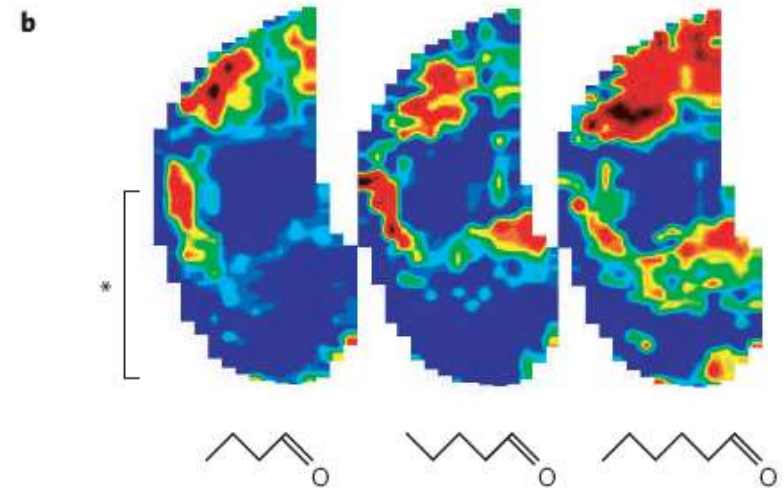
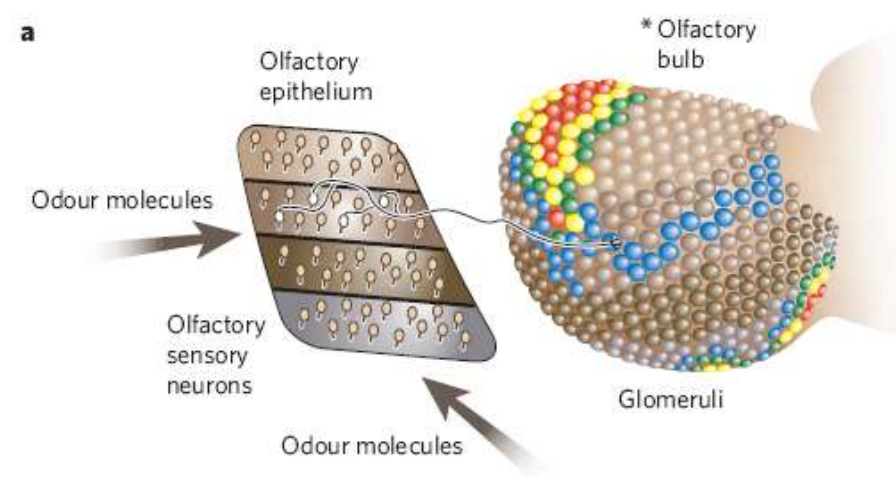
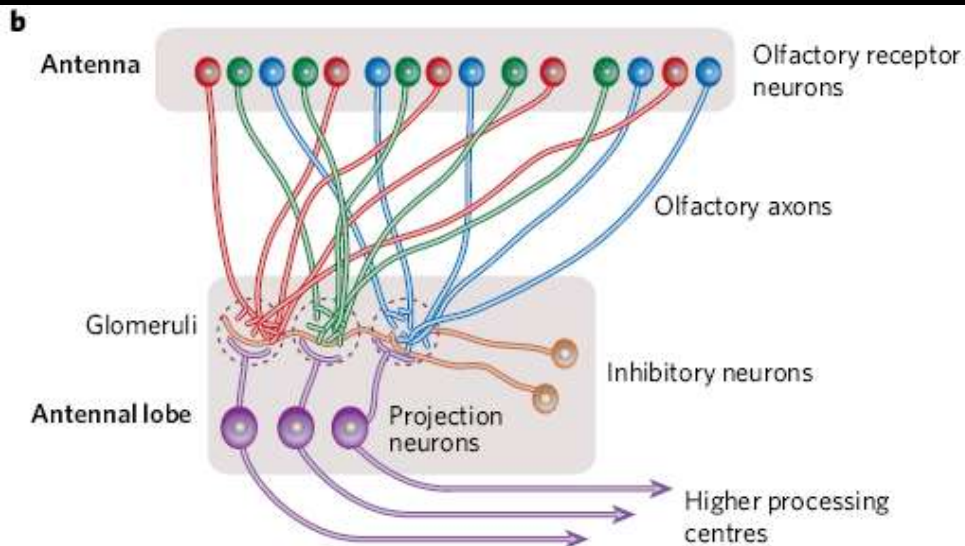


Figure 1 | Odour images in the olfactory glomerular layer. **a**, Diagram showing the relationship between the olfactory receptor cell sheet in the nose and the glomeruli of the olfactory bulb⁵³. **b**, fMRI images of the different but overlapping activity patterns seen in the glomerular layer of the olfactory bulb of a mouse exposed to members of the straight-chain aldehyde series, varying from four to six carbon atoms. The lower part of the image in the left panel corresponds to the image on the medial side of the olfactory glomerular layer as shown in **a** (see asterisk). (Image in **a** adapted, with permission, from ref. 53; image in **b** adapted, with permission, from ref. 10.)

Mechanorecepce

Bolest, dotek,
Propriorecepce,
Zvuk, gravitace,
Pohyb,
Vlhkost ?
Magnetické pole?

Jednotné molekulární schéma

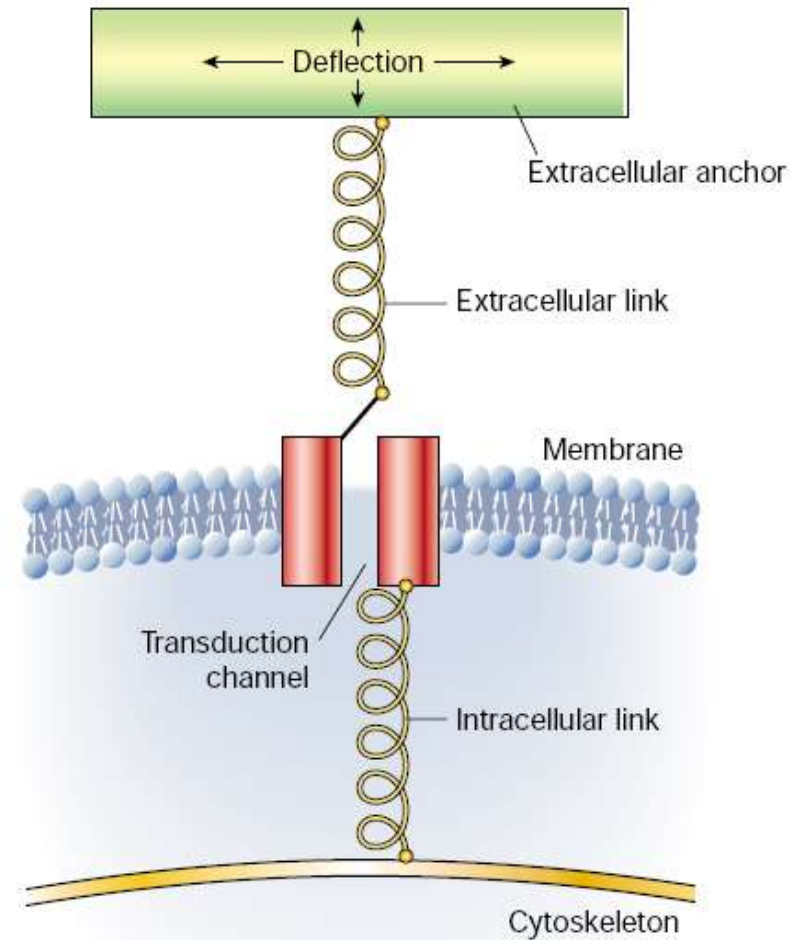
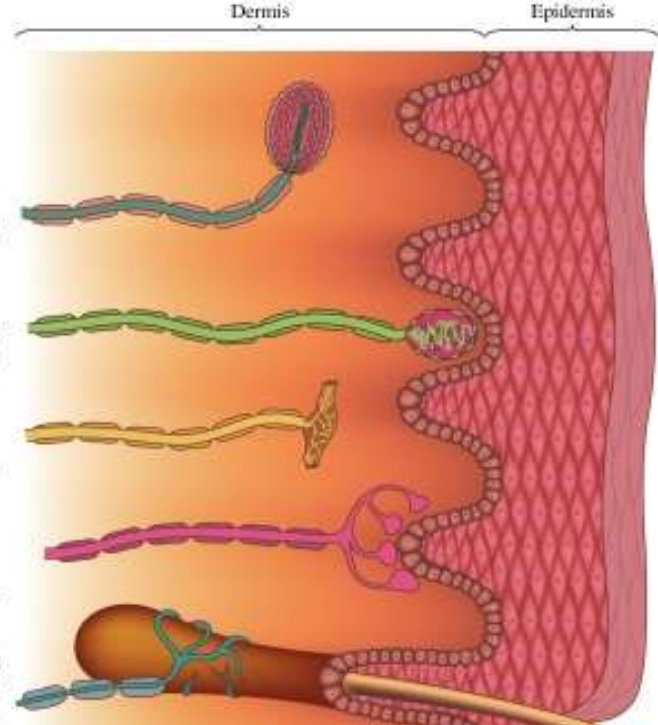
















Figure 1 General features of mechanosensory transduction. A transduction channel is anchored by intracellular and extracellular anchors to the cytoskeleton and to an extracellular structure to which forces are applied. The transduction channel responds to tension in the system, which is increased by net displacements between intracellular and extracellular structures.

Kožní citlivost - hmat

Mechanoreceptors

- Pacinian corpuscle**
Touch; vibration
Rapid adaptation
Myelinated axon
- Meissner corpuscle**
Touch; vibration
Rapid adaptation
Myelinated axon
- Ruffini corpuscle**
Touch; pressure
Slow adaptation
Myelinated axon
- Merkel disk**
Touch; pressure
Slow adaptation
Myelinated axon
- Hair follicle receptor**
Hair displacement
Rapid adaptation
Myelinated axon



Receptor subtype	Hair follicles	Meissner corpuscle	Pacinian corpuscle	Merkel cell-neurite complex	Ruffini corpuscle	C-fibre LTM	Mechano-nociceptor Polymodal nociceptor
Skin stimulus	Light brush 	Dynamic deformation 	Vibration 	Indentation depth 	Stretch 	Touch 	Injurious forces 
Afferent response	RA, LT 	RA, LT 	RA, LT 	SA, LT 	SA, LT 	SA, LT 	SA, HT 

Somatosensorické vnímání

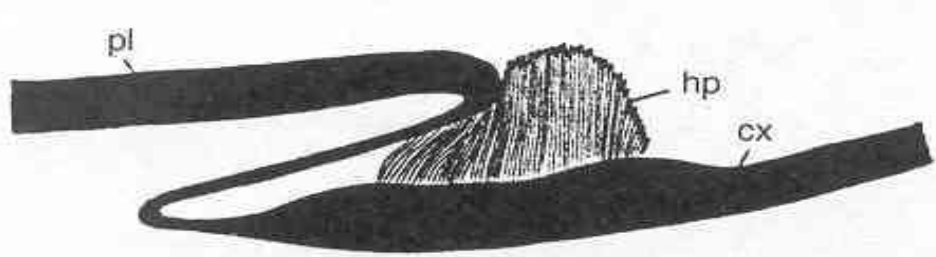
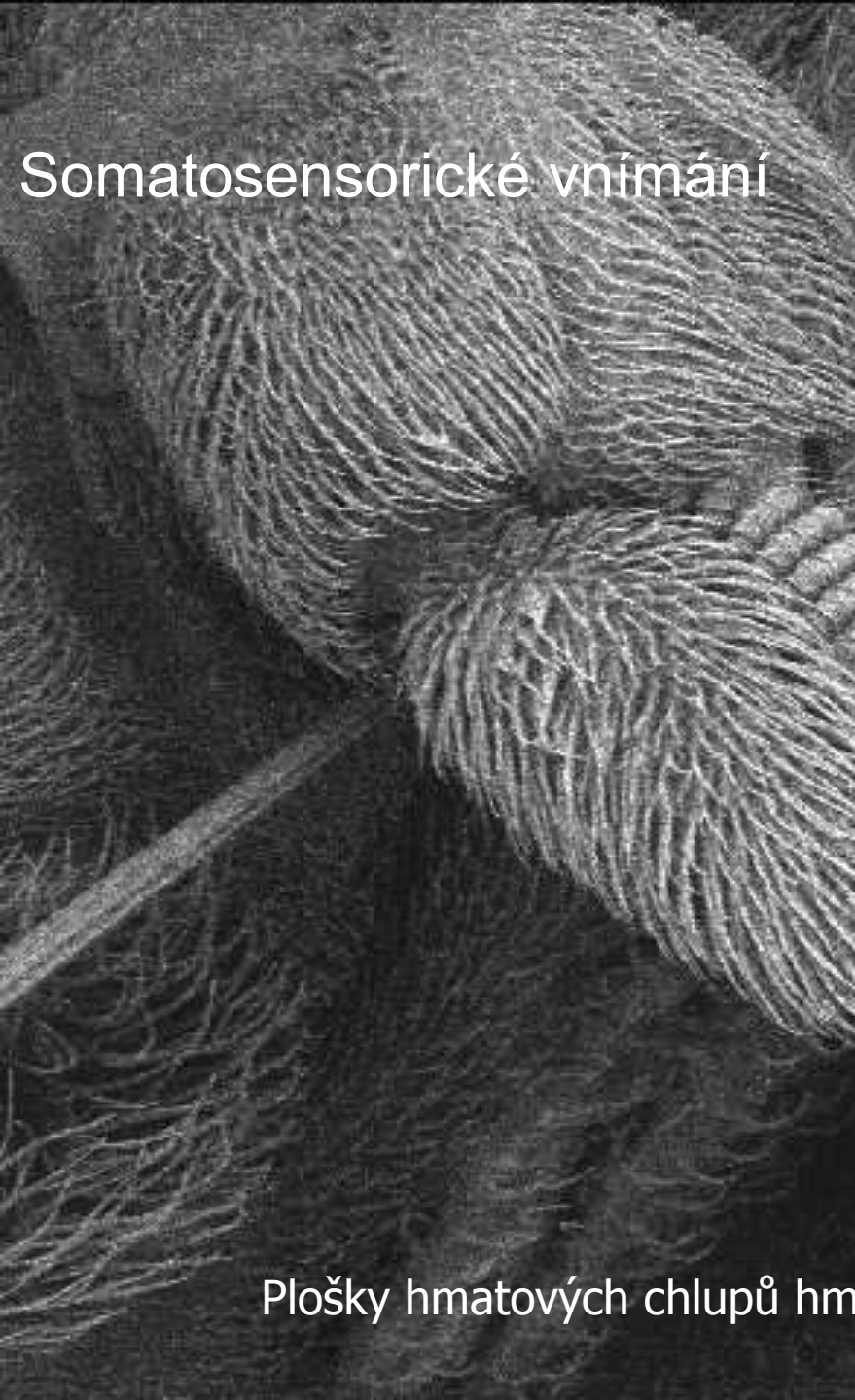
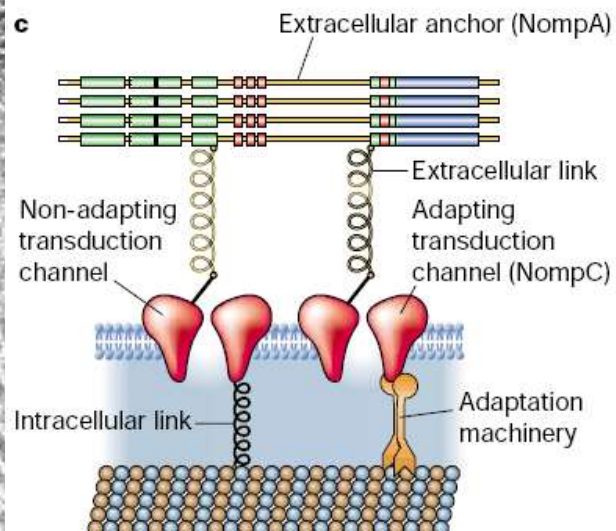
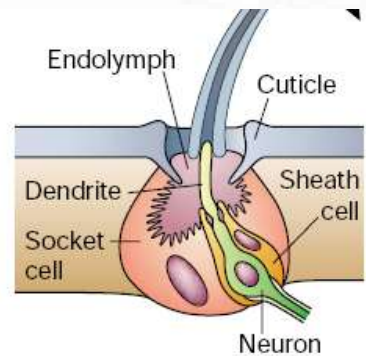


Figure 6.3 (a) The figure shows the brushwork of sensilla at the articulation of the second leg of the cockroach, *Periplaneta americana*. The thick cuticle of the pleuron (pl) thins to a delicate articular membrane and then thickens again to form the cuticle surrounding the coxa (cx), the first segment of the leg. The brush of sensilla forms a hairplate (hp). From Pringle, 1938

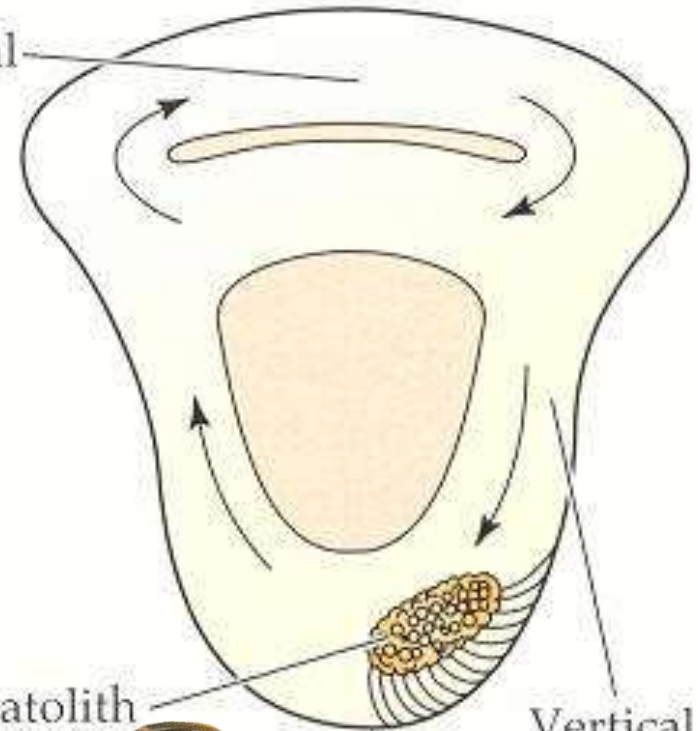
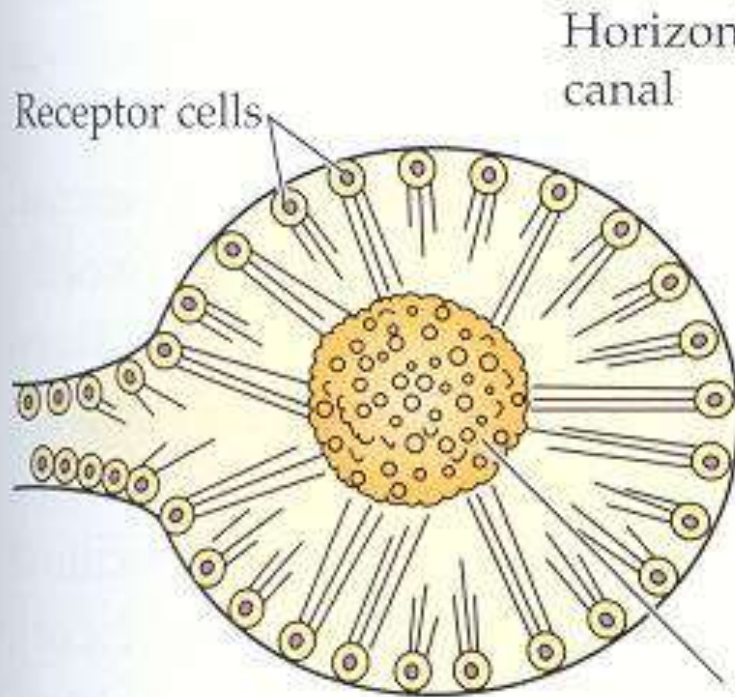


Plošky hmatových chlupů hmyzu

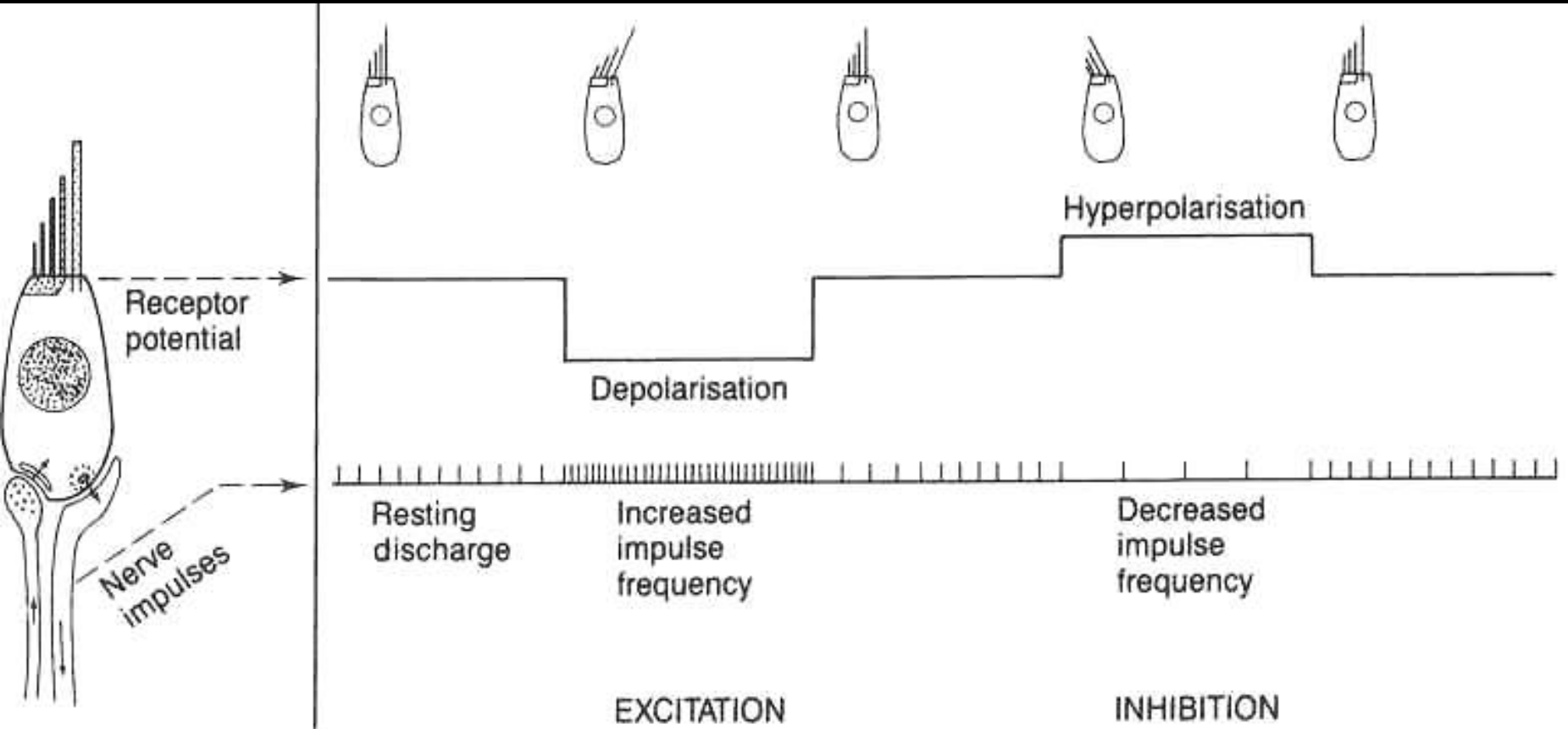
Smysl pro rovnováhu – Statocysta nebo kanálek

(a) Statocyst of a scallop (*Pecten*)

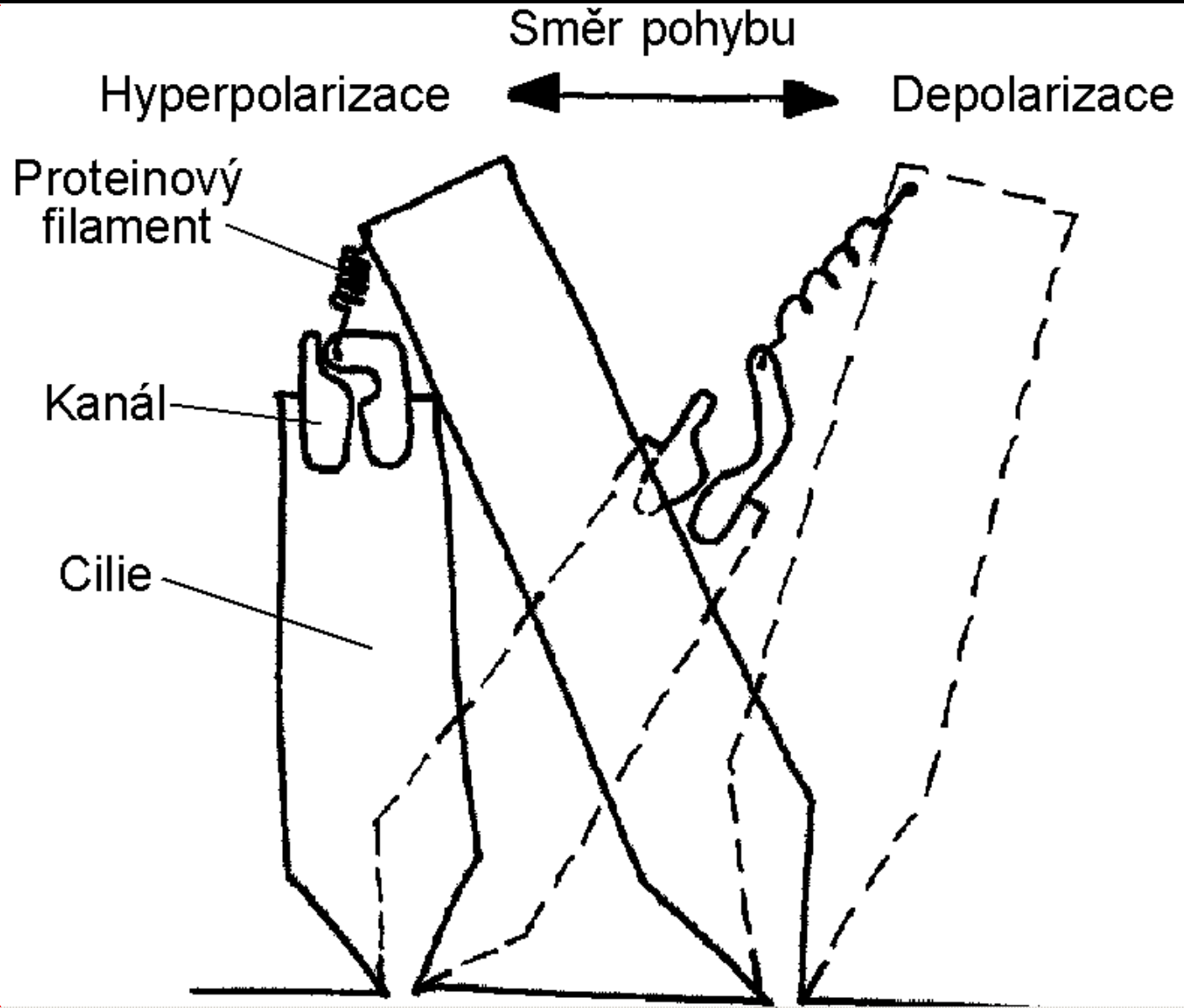
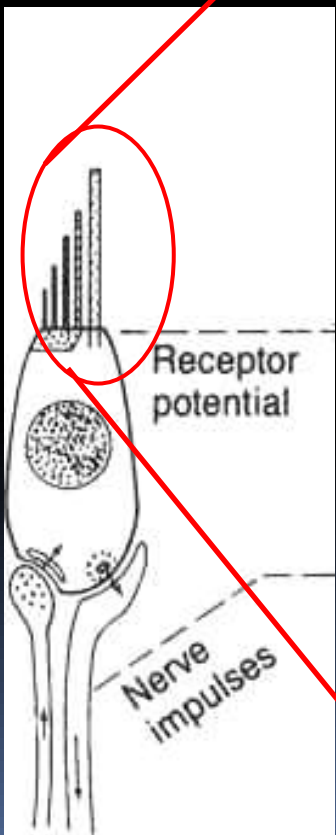
(b) Statocyst of a crab



Vlásková buňka obratlovců – specialista na jemný pohyb

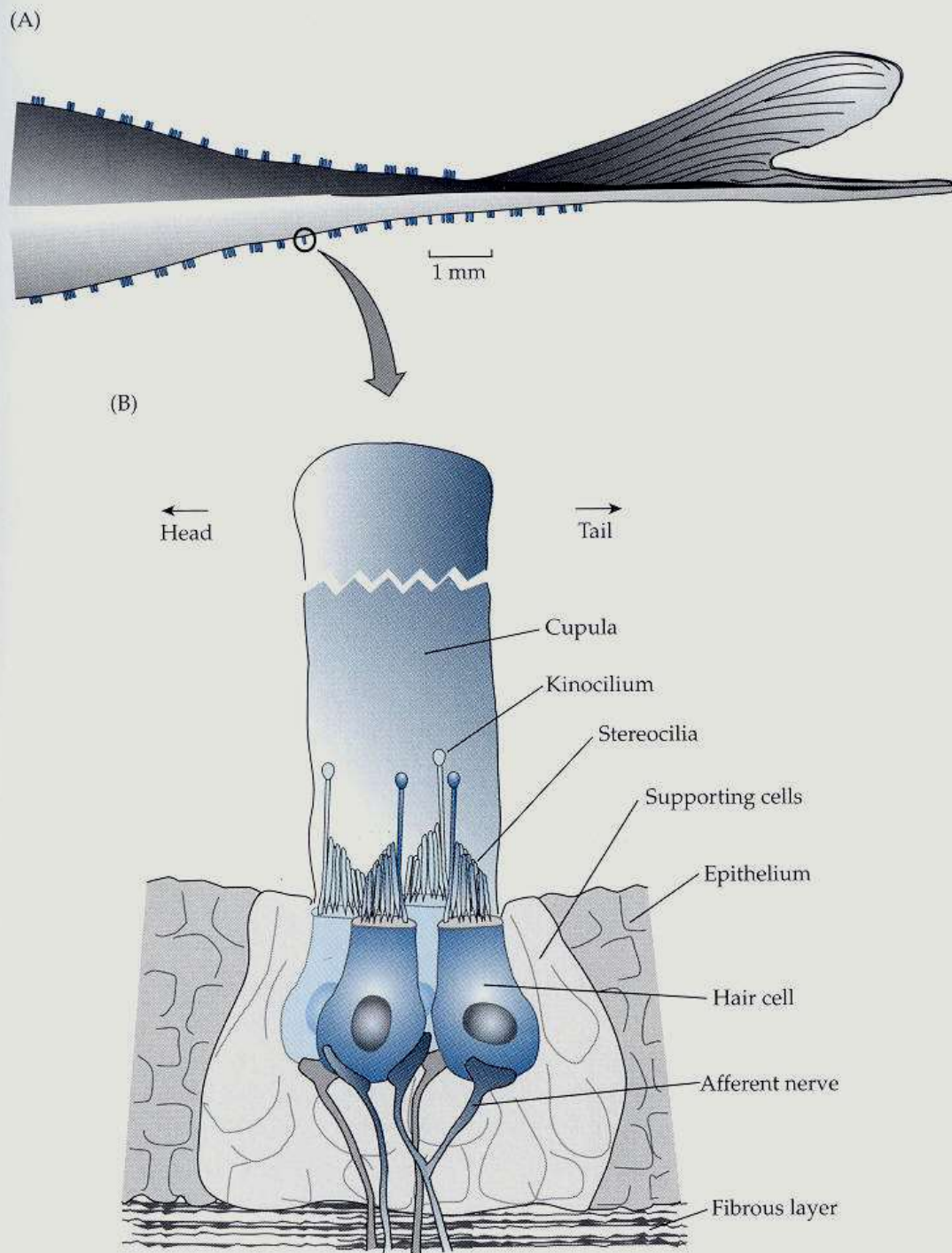


Vlášková buňka – specialista na jemný pohyb

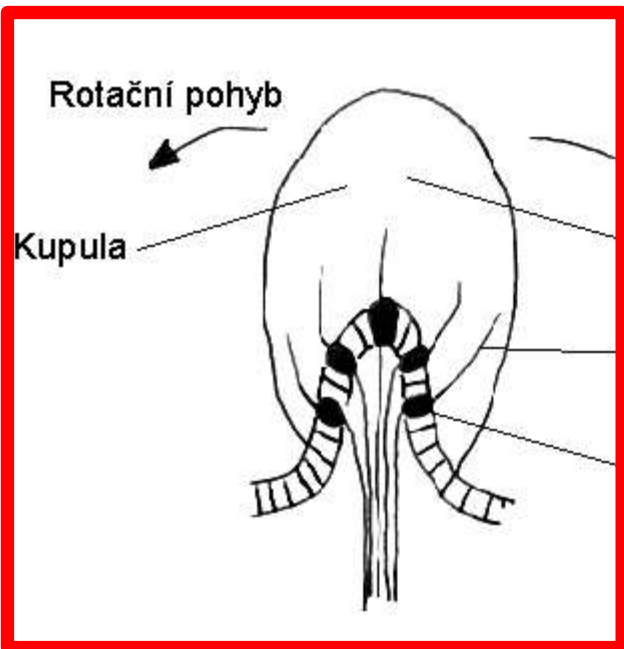
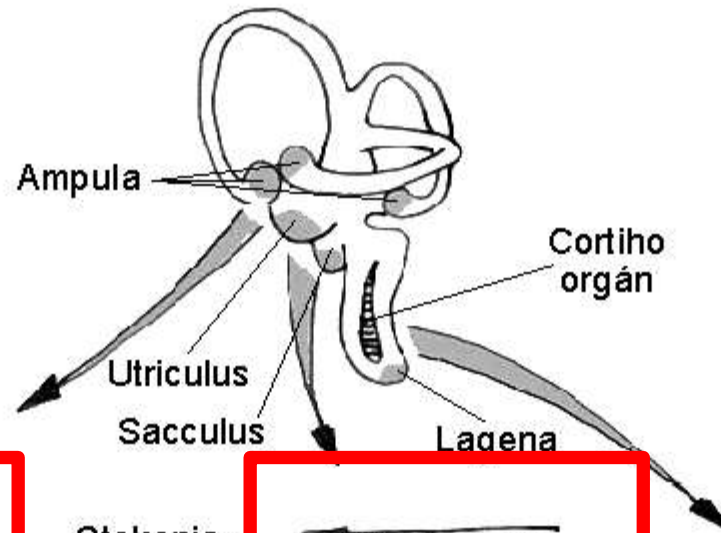


Proudový smysl -
Kanálek přepažený
kupulou s receptory

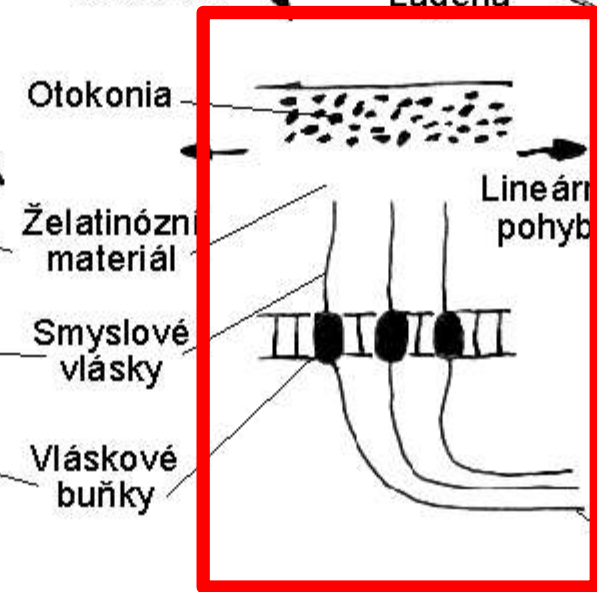
Ryba animace



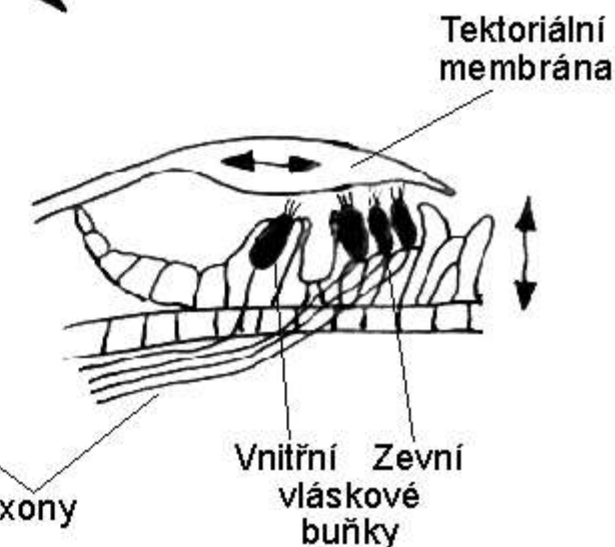
Vestibulární aparát a sluchový orgán



a)



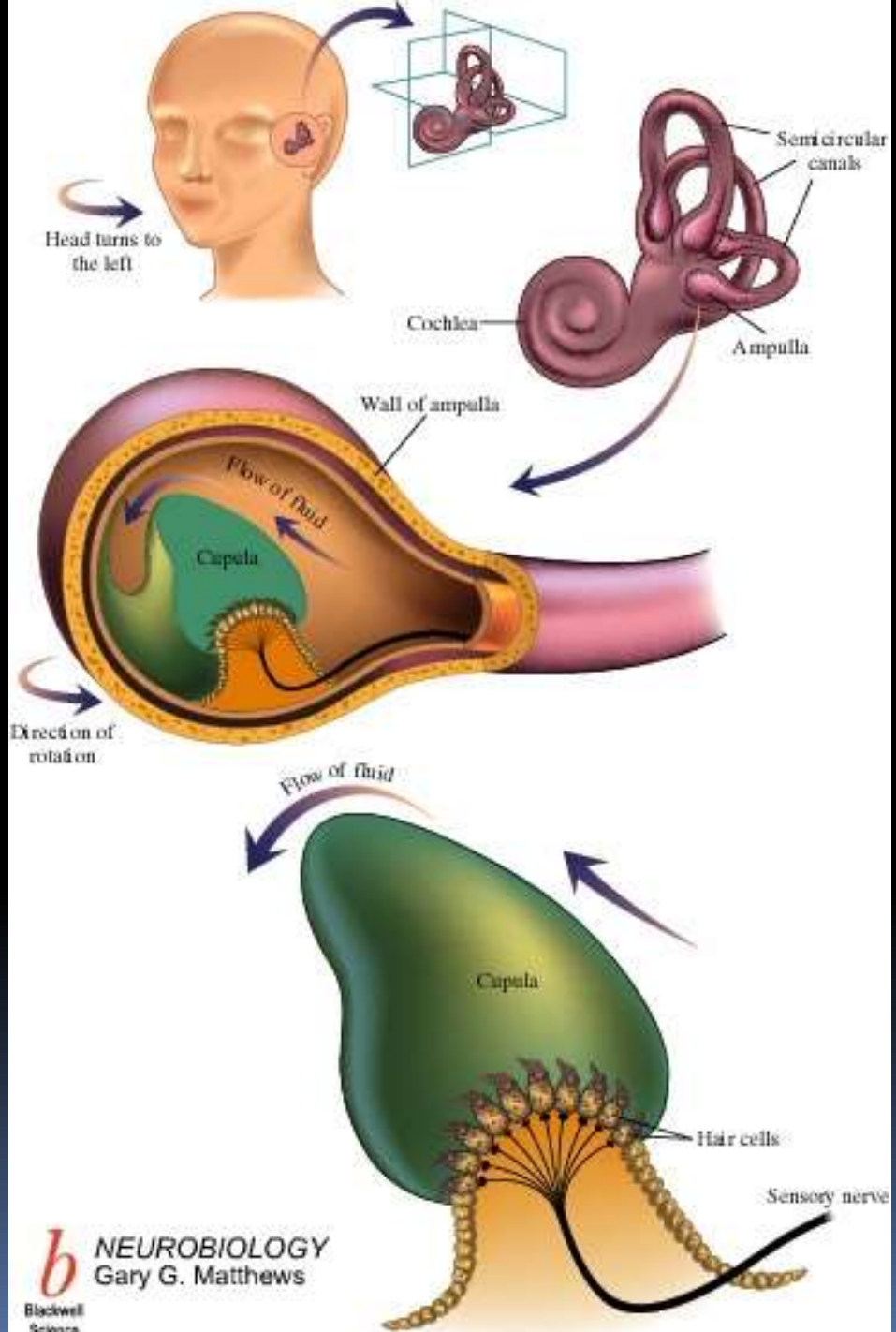
b)



c)

Axony

Lineární pohyb



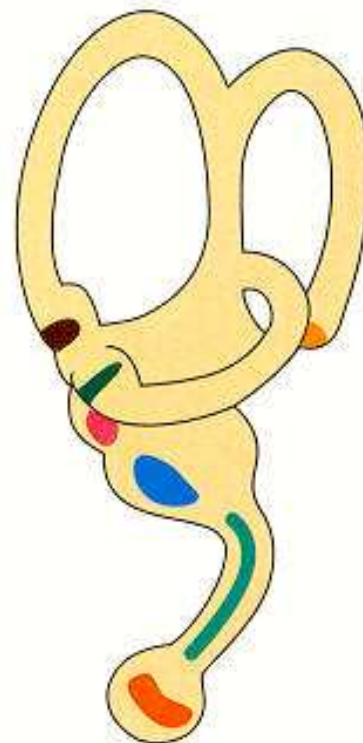
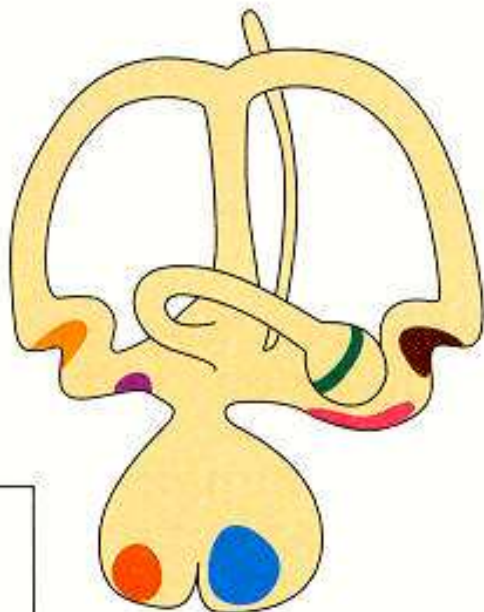
Evoluce smyslových polí tvořených vláskovými buňkami.

Fish (Myxine)

Frog

Bird

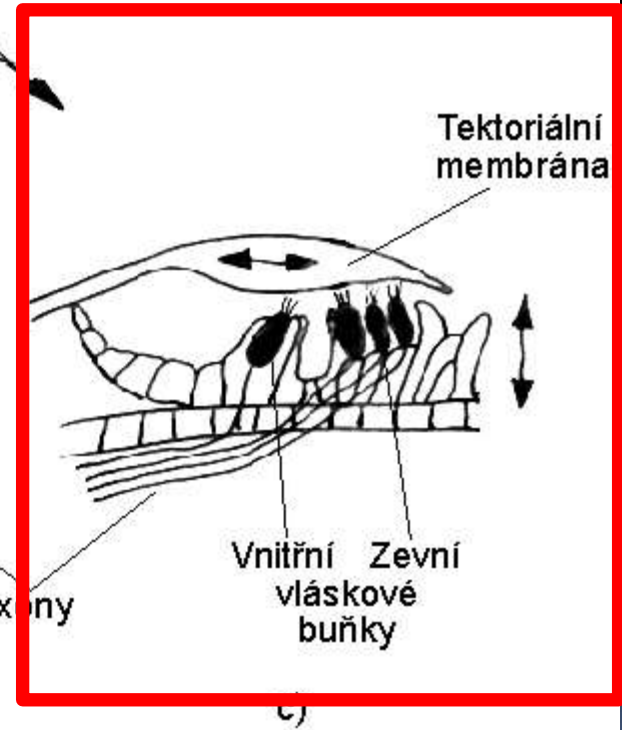
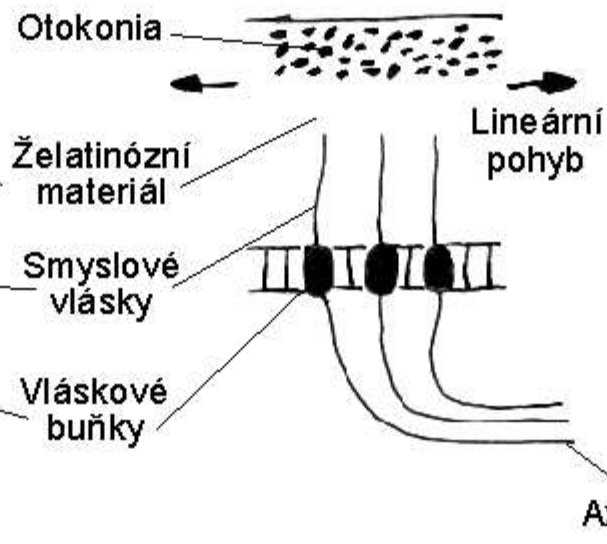
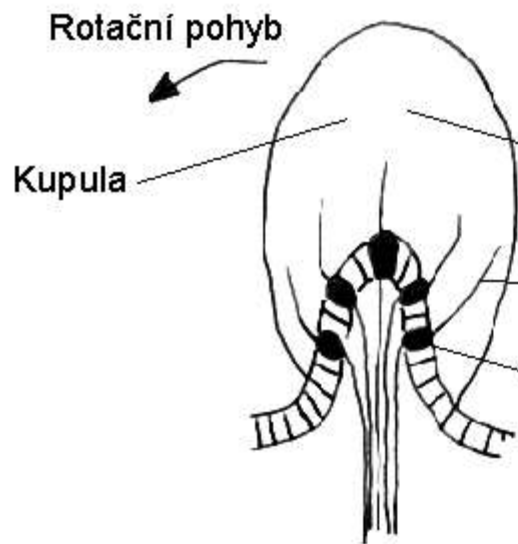
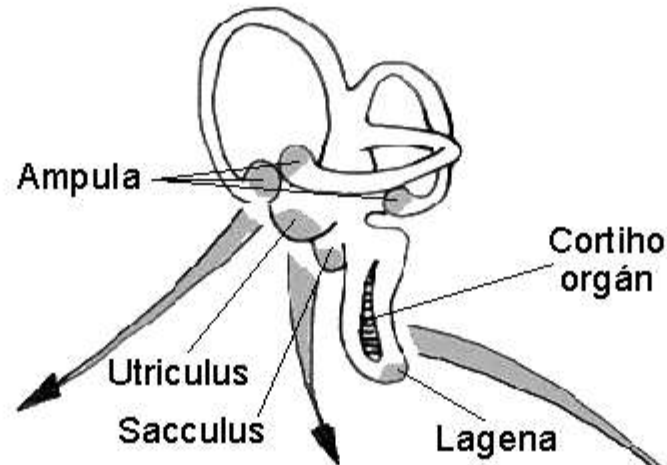
Mammal



KEY

- Anterior crista
- Lateral crista
- Posterior crista
- Macula communis
- Macula lagenae
- Macula neglecta
- Macula sacculi
- Macula utricula
- Papilla basilaris

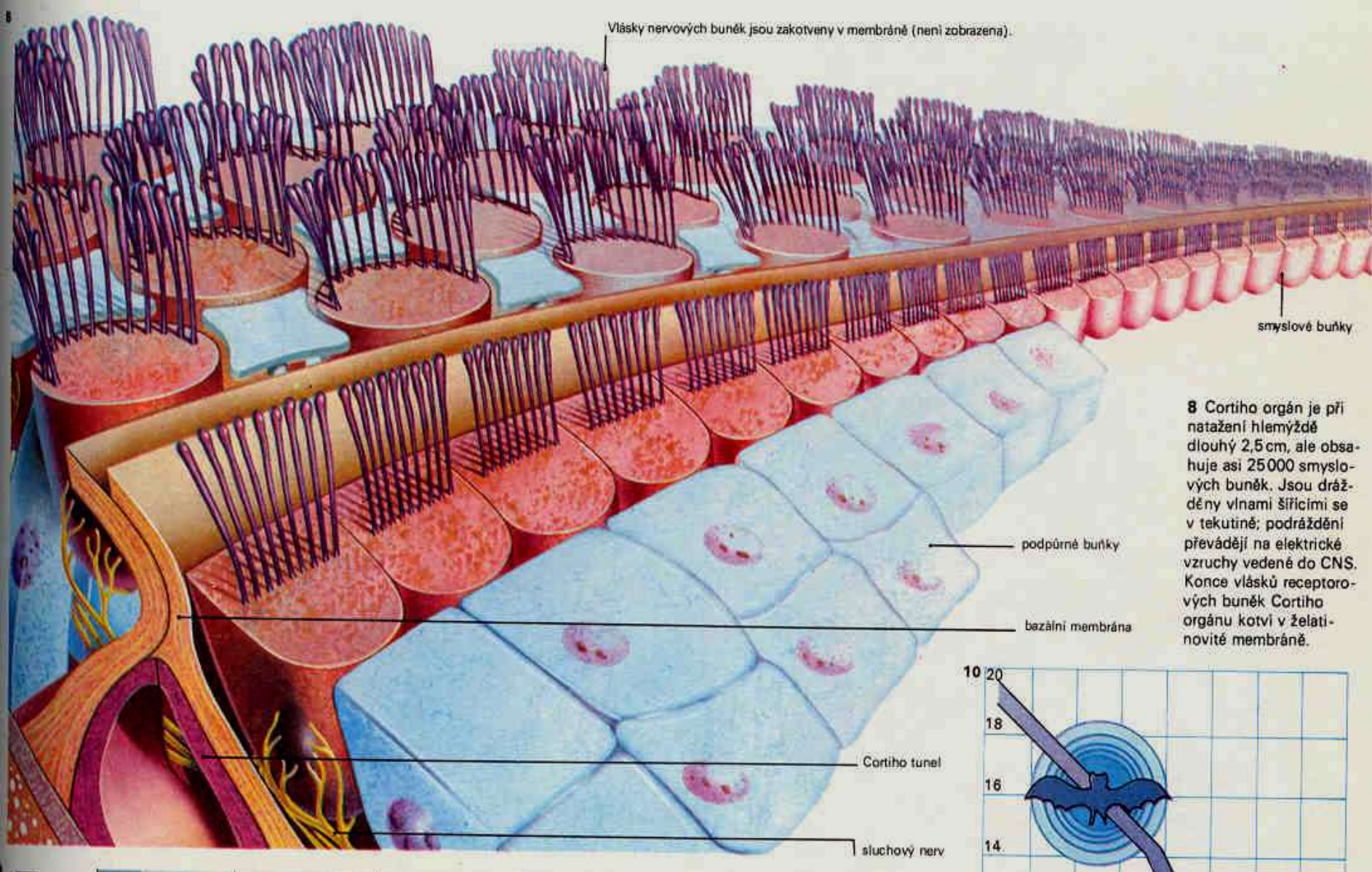
Sluchový orgán



a)

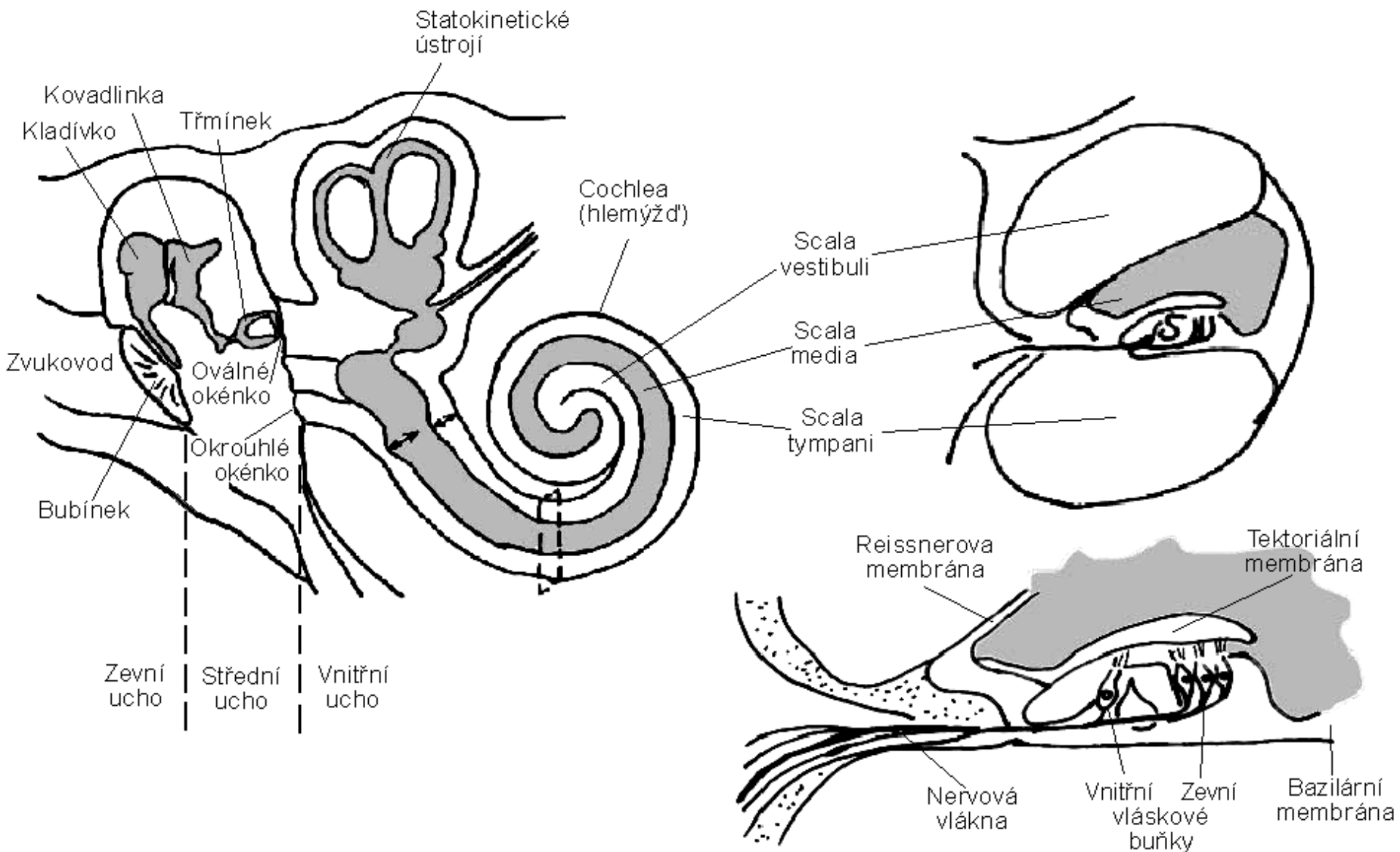
b)

c)

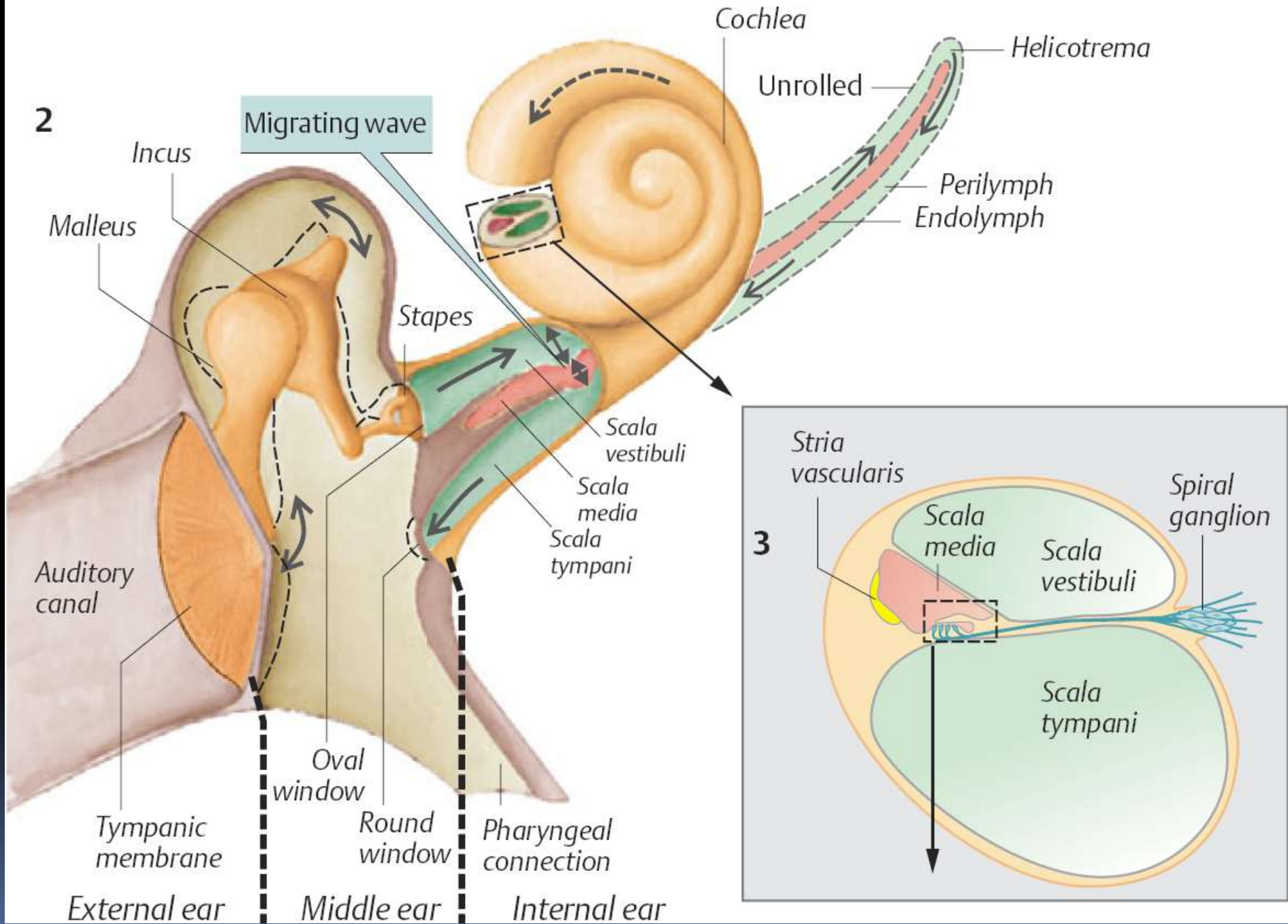


Cortiho orgán: 25.000 vláskových buněk ve dvou řadách

Sluchový aparát savců



2



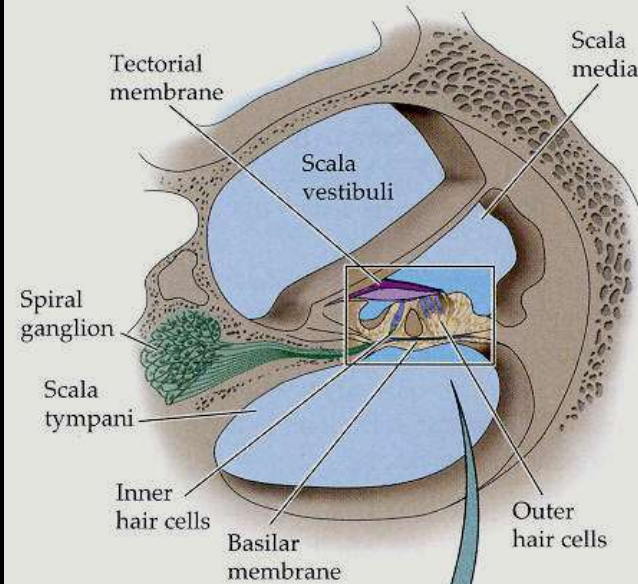
3

Sluchový aparát savců Vnitřní ucho

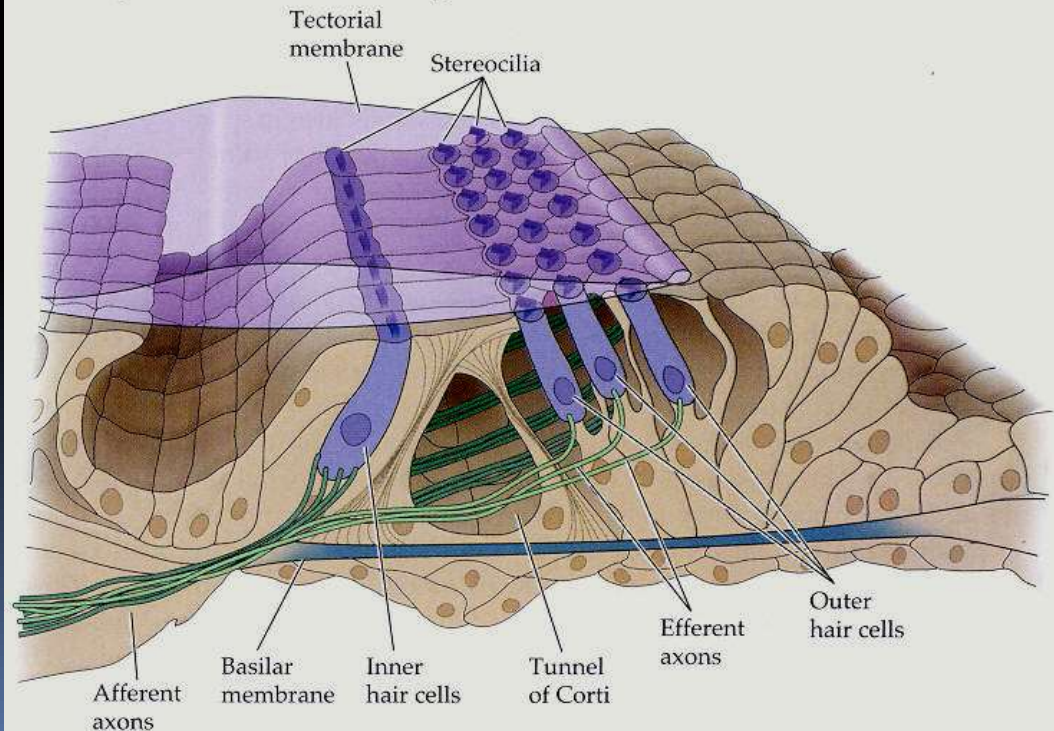
Animace ear.

http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120108/bio_e.swf

(a) A cross section through the cochlea



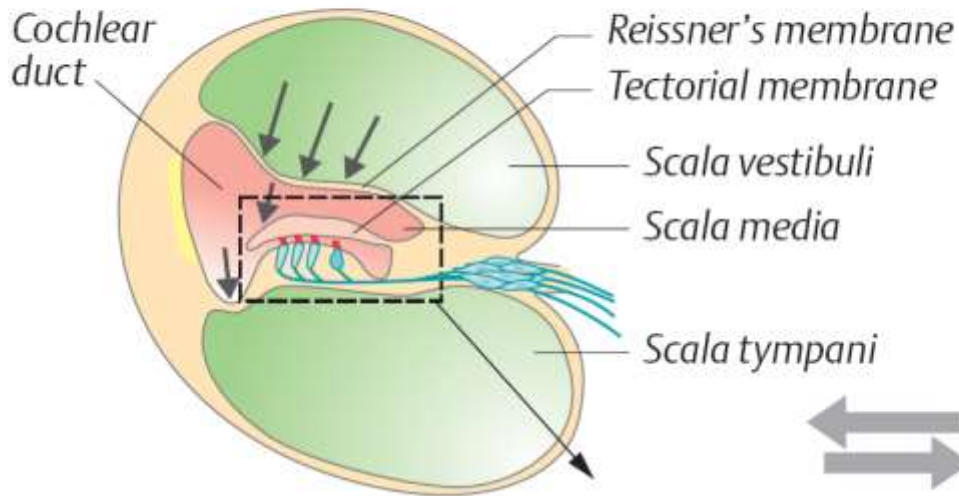
(b) The organ of Corti



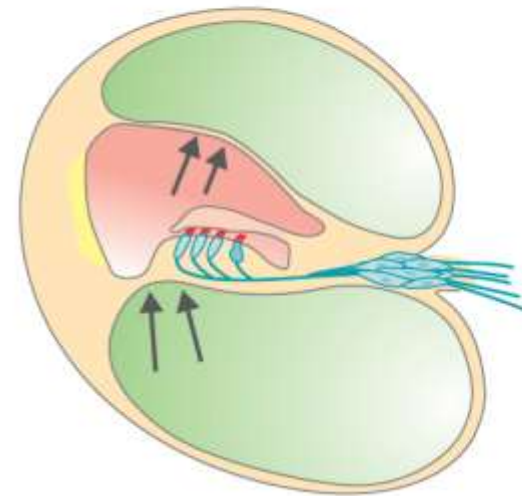
Zvukové vlny způsobí posuny tektonální a basilární membrány a tím i ohýbání vlásků.

D. Stimulation of hair cells by membrane deformation

1

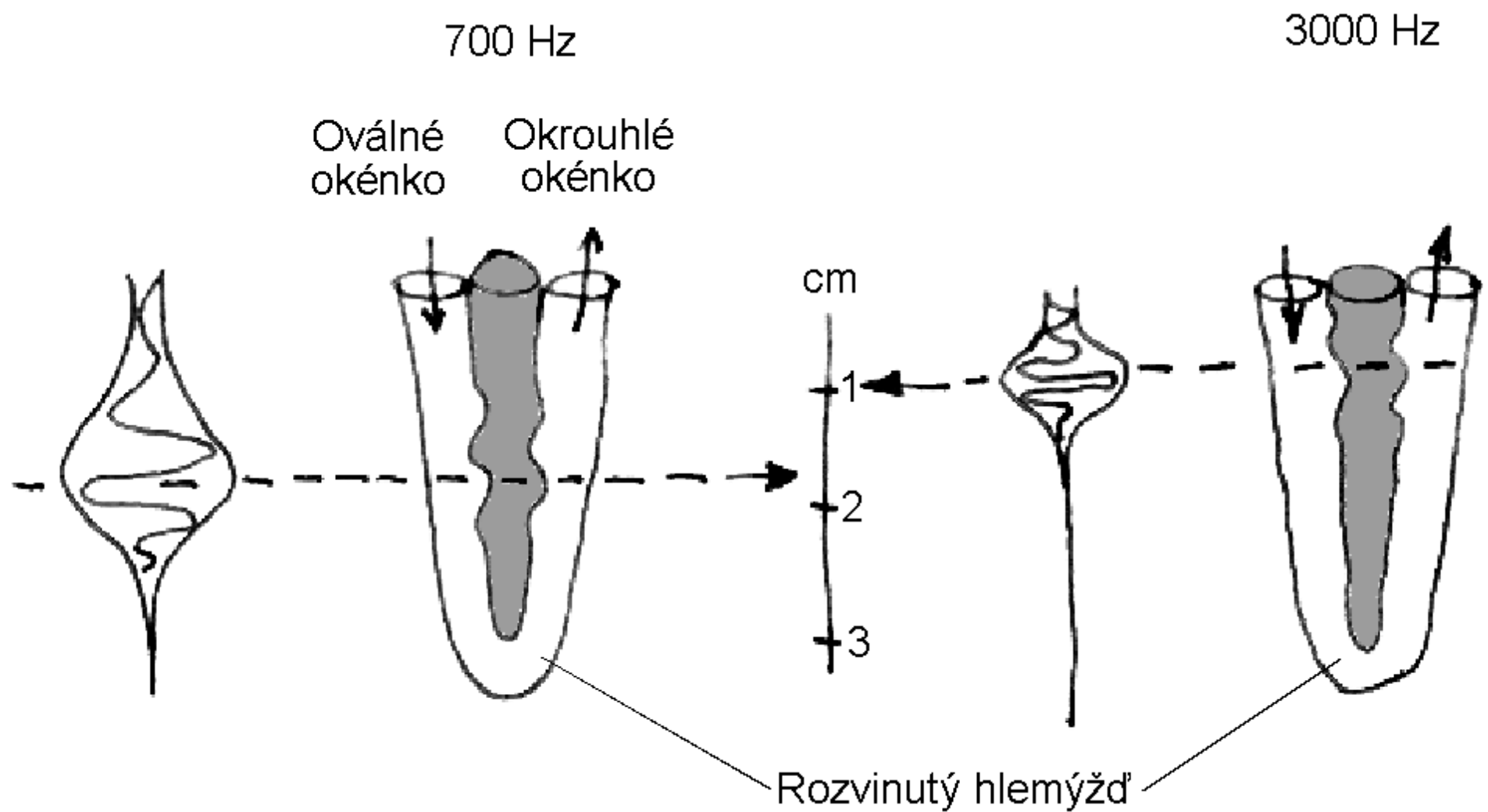


2

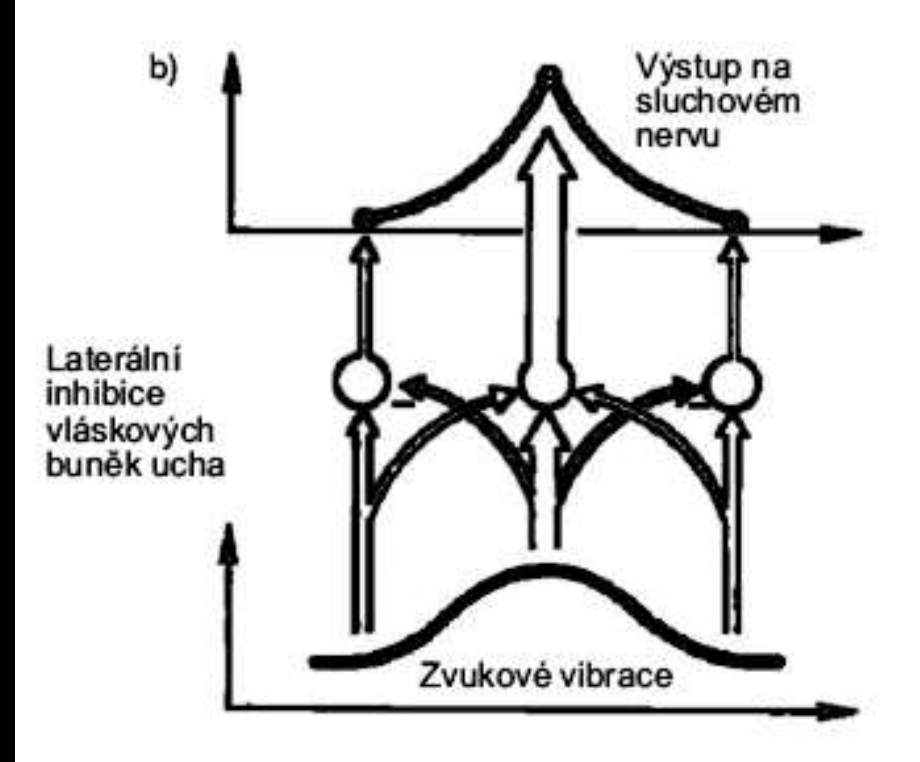
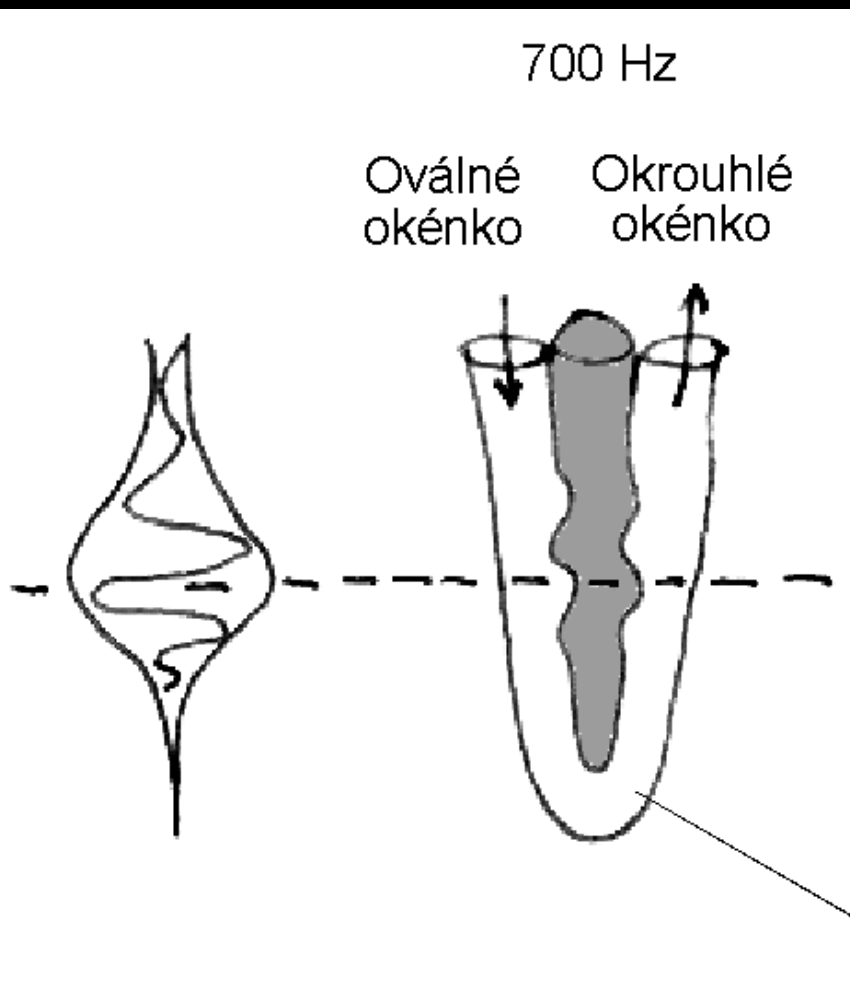


Tektonální membrána - animace

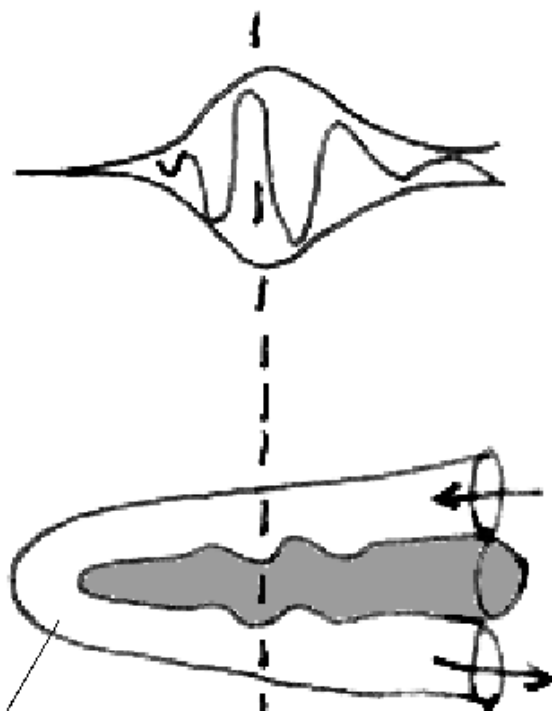
Výška tónu se promítá do prostorově lokalizovaného maxima.



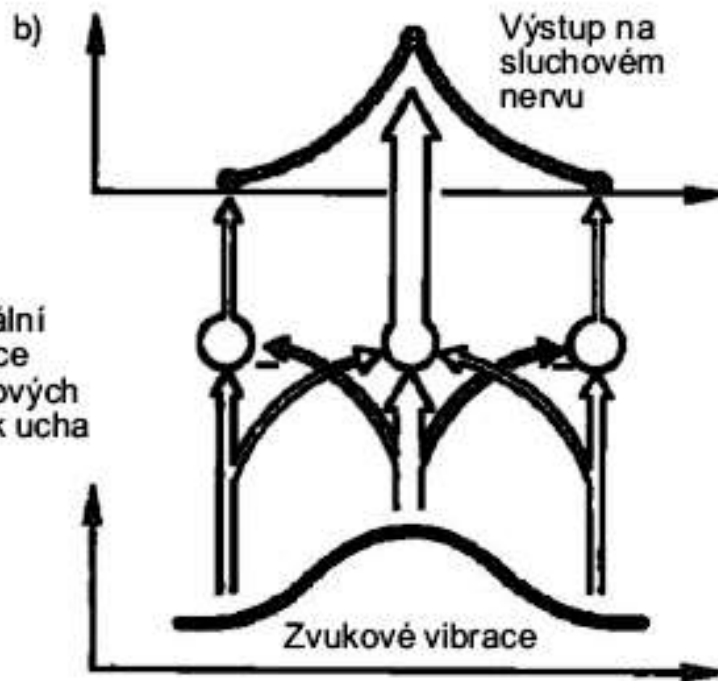
Vyostření maxima – laterální inhibice



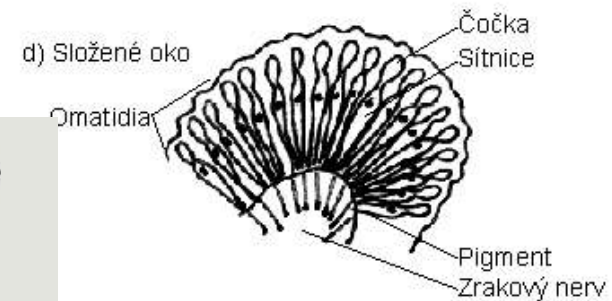
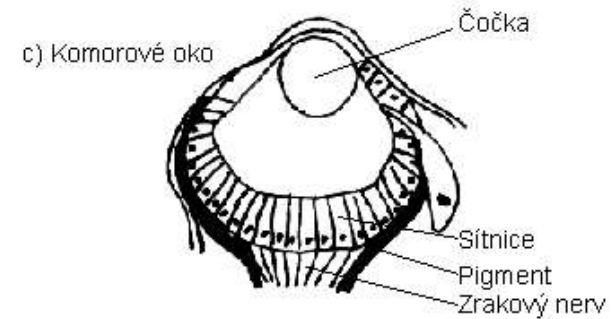
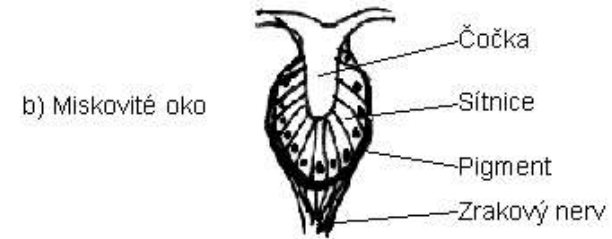
Vyostření maxima – laterální inhibice



Laterální inhibice vláskových buněk ucha



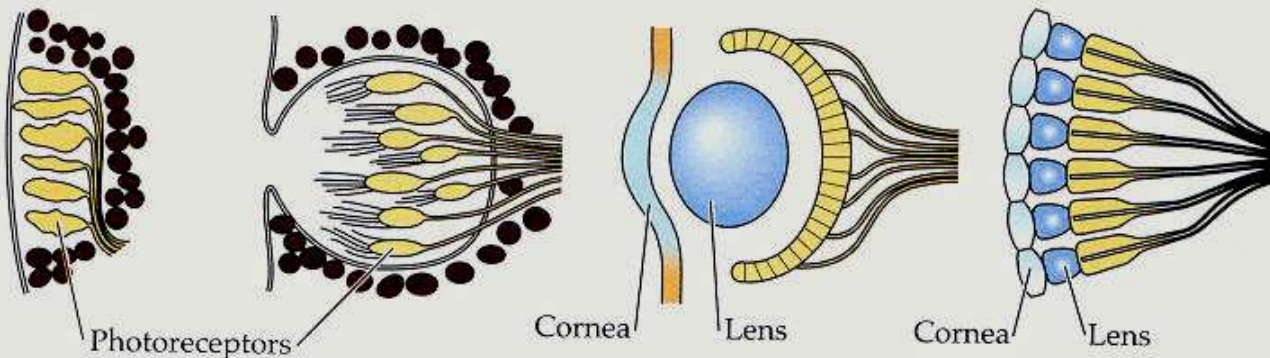
Fotorecepce

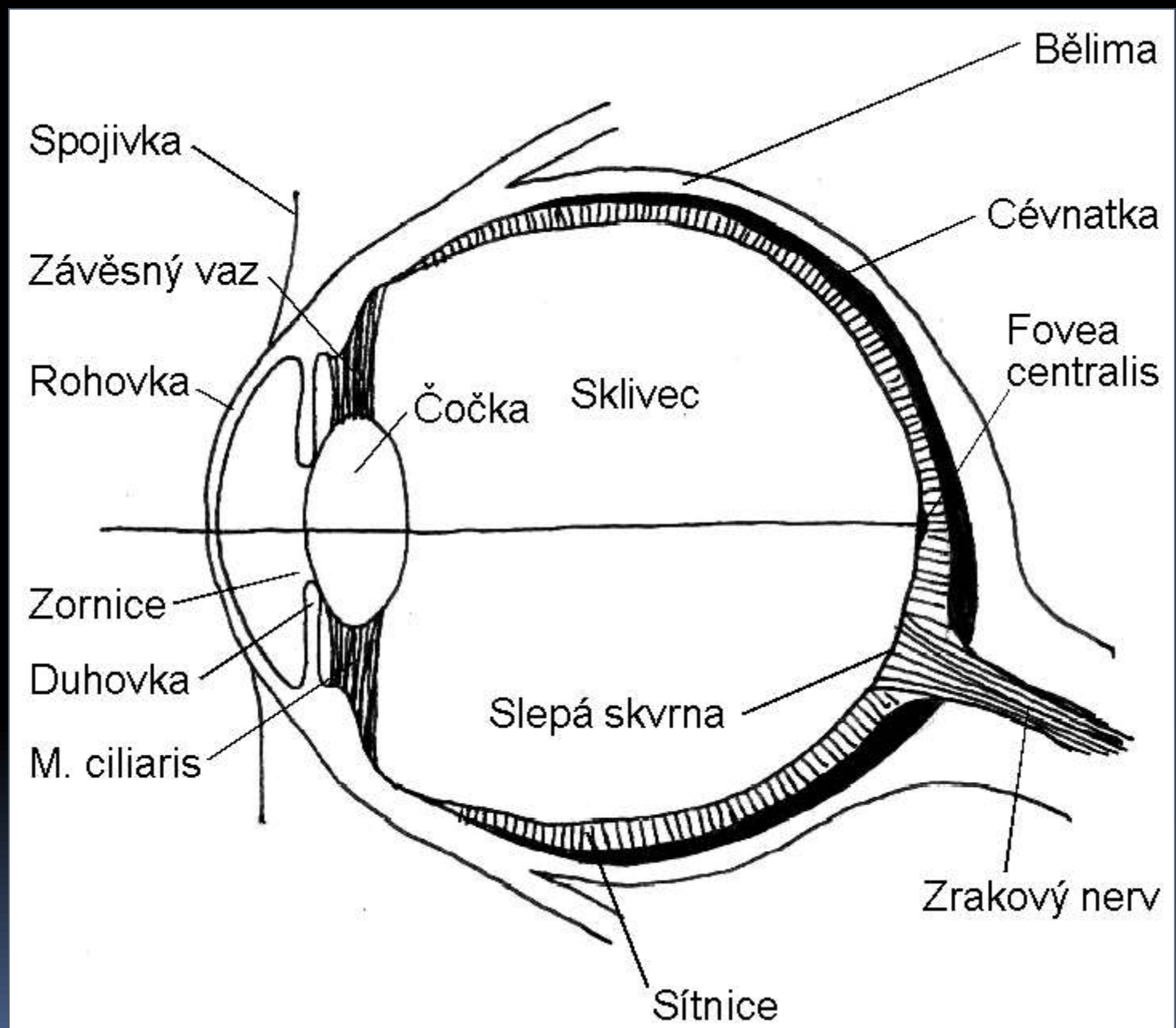


(a) Retinal plate (b) Eyecup

(c) Camera eye

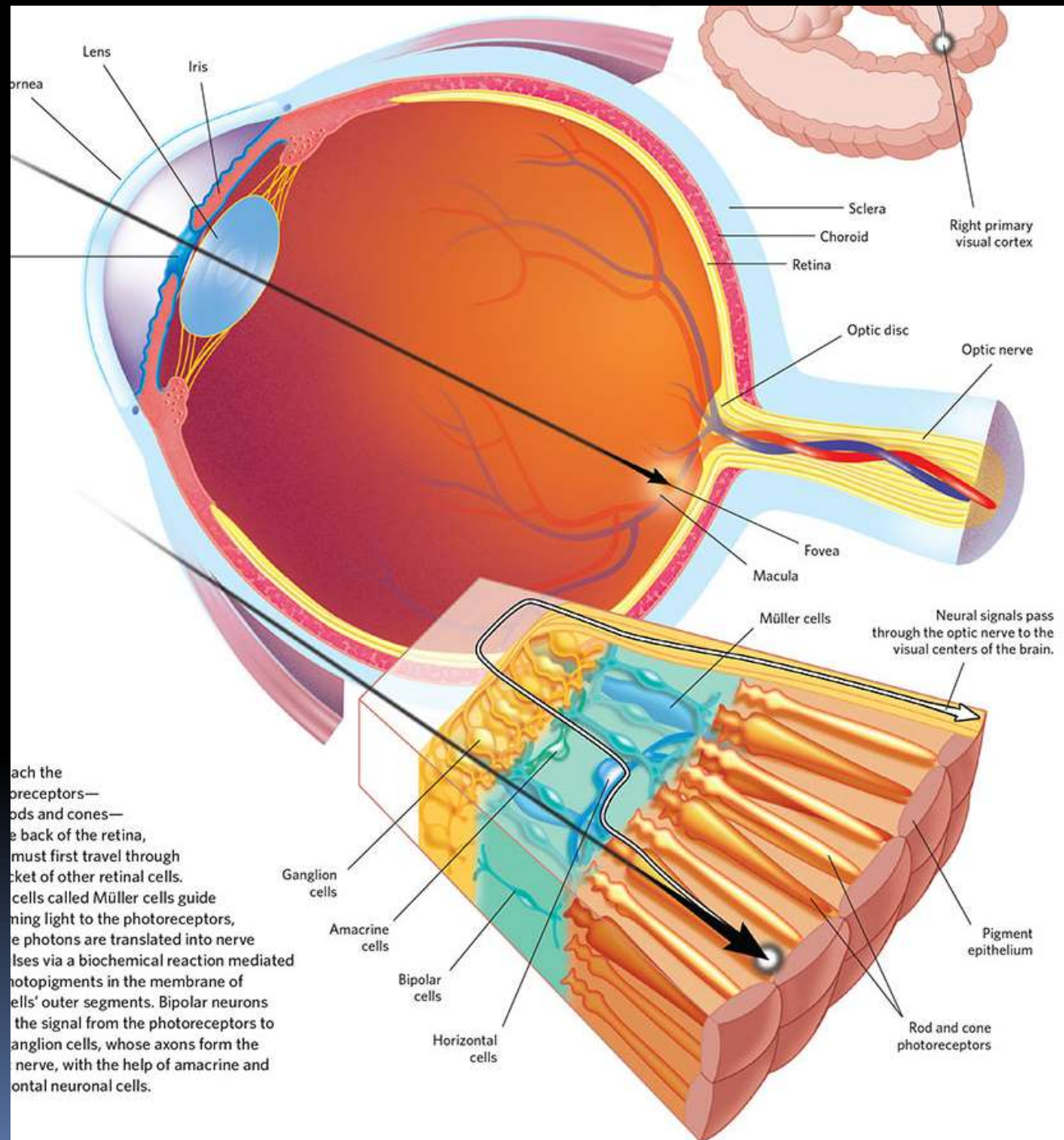
(d) Compound eye





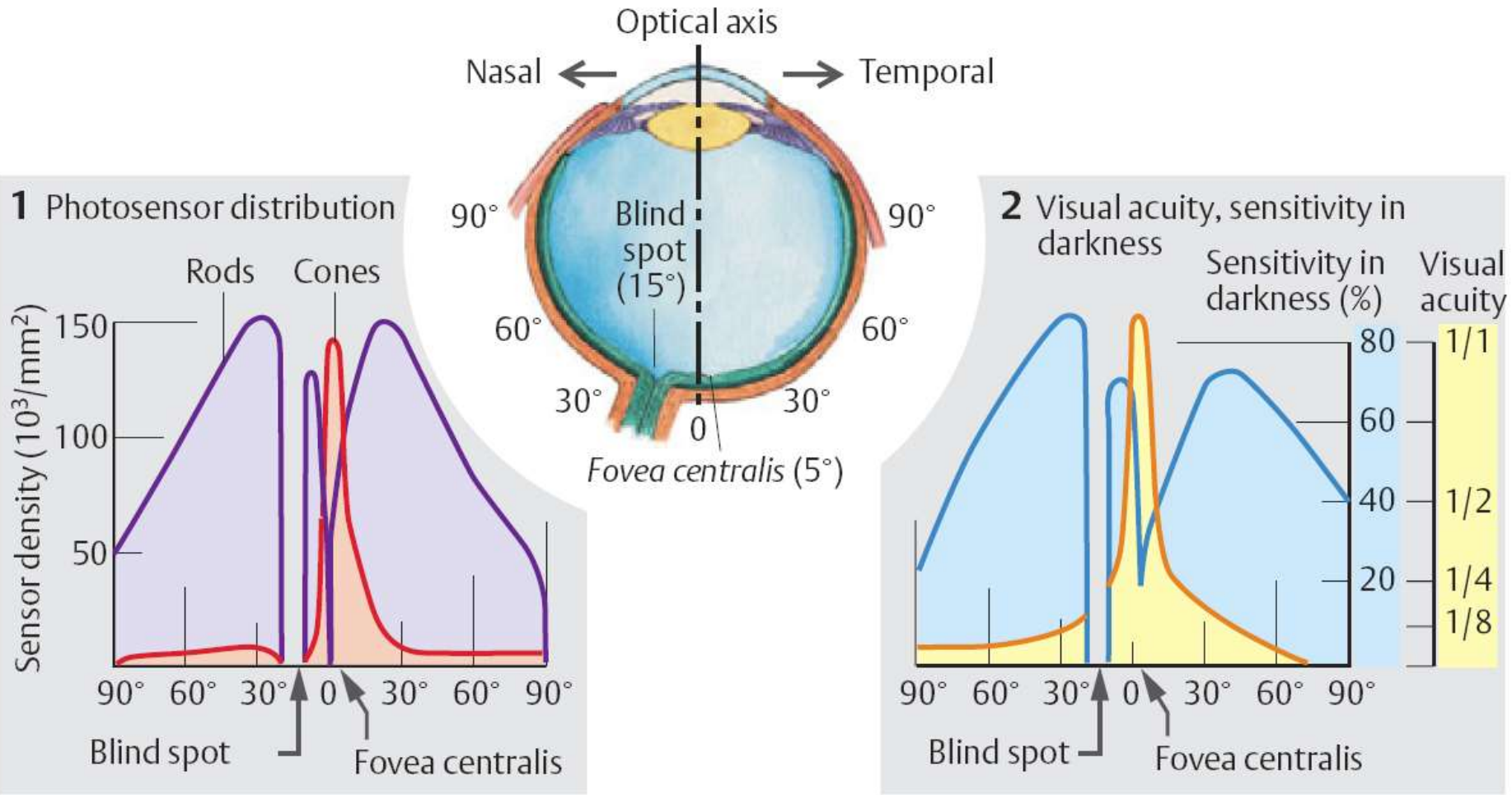
Inverzní oko

Světlo musí projít
přepojovacími
dráhami než dorazí k
recepční membráně



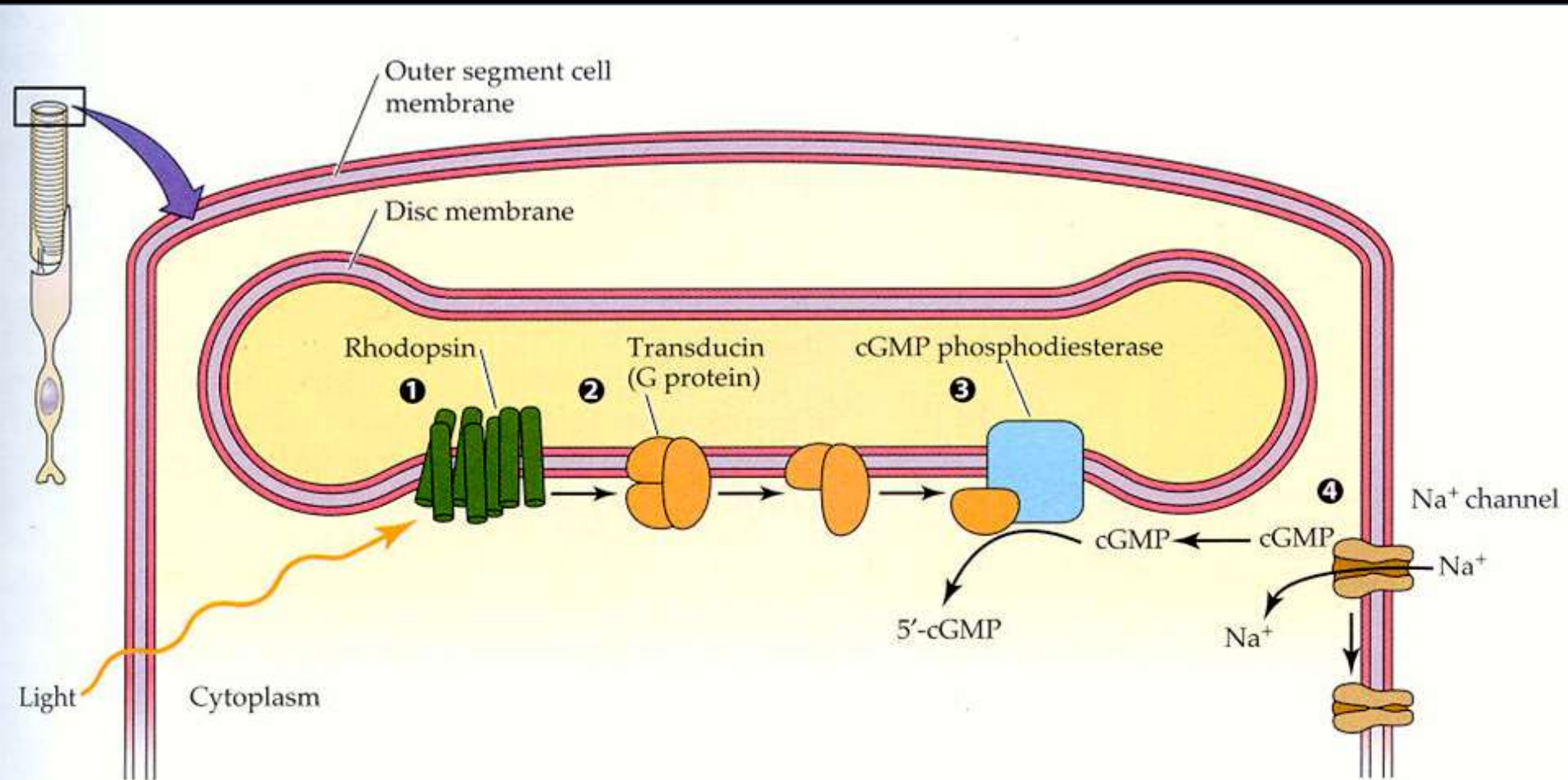
Each of the photoreceptors—rods and cones—is located at the back of the retina. Light must first travel through a layer of other retinal cells. These cells, called Müller cells, guide incoming light to the photoreceptors, where photons are translated into nerve impulses via a biochemical reaction mediated by photopigments in the membrane of the photoreceptors' outer segments. Bipolar neurons carry the signal from the photoreceptors to the ganglion cells, whose axons form the optic nerve, with the help of amacrine and horizontal neuronal cells.

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



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

Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu

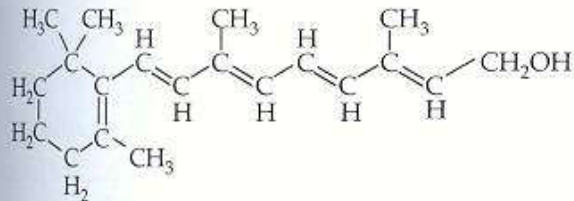


Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu

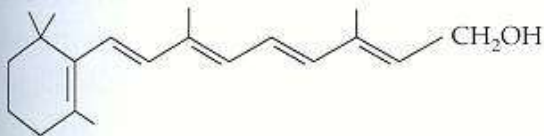
Animace rhodopsin.

Cis trans animace

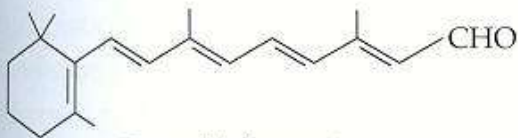
(a) Retinal and vitamin A



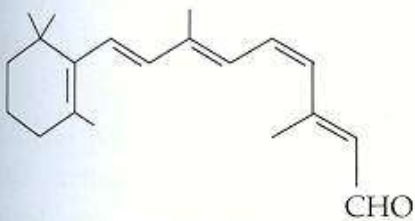
Complete structure of vitamin A (all-trans)



Condensed structure of vitamin A (all-trans)

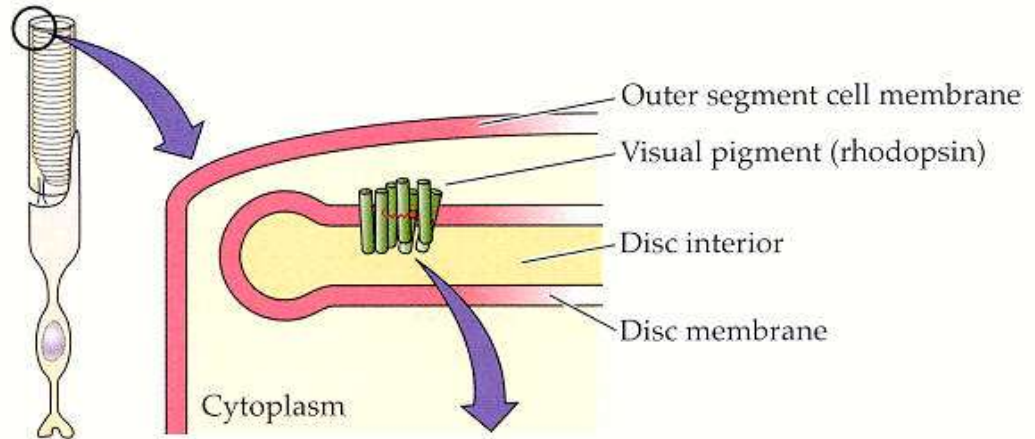


Retinal (all-trans)

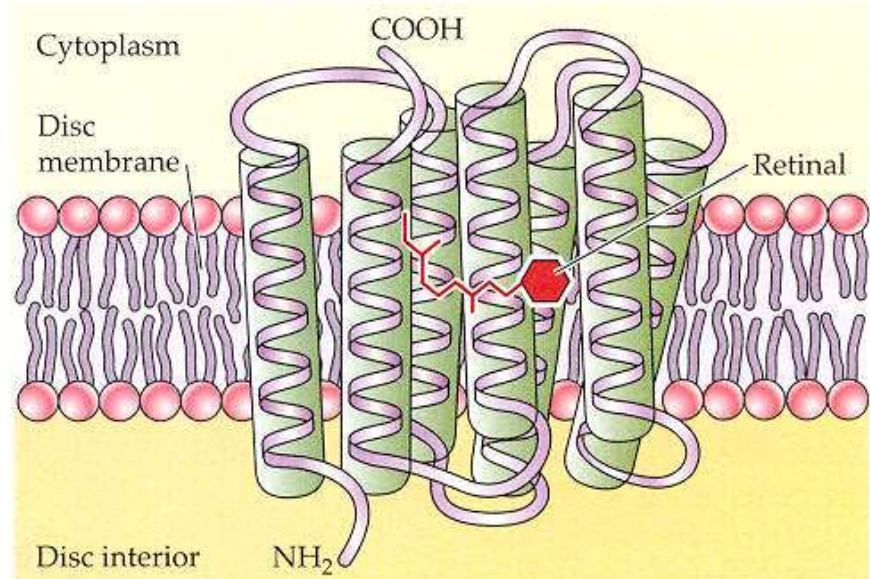


Retinal (11-cis)

(b) Opsin

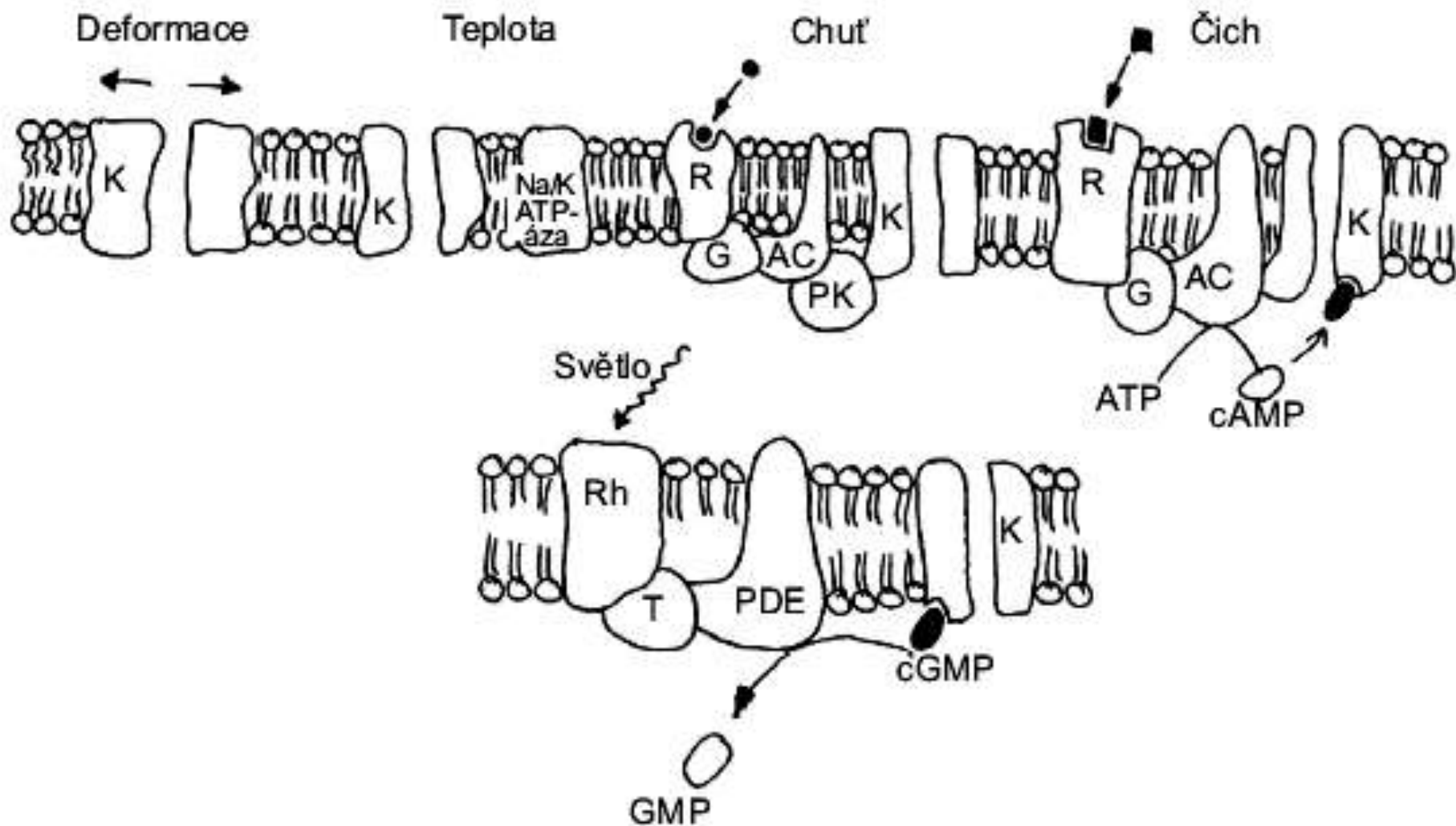


SENSORY PROCES

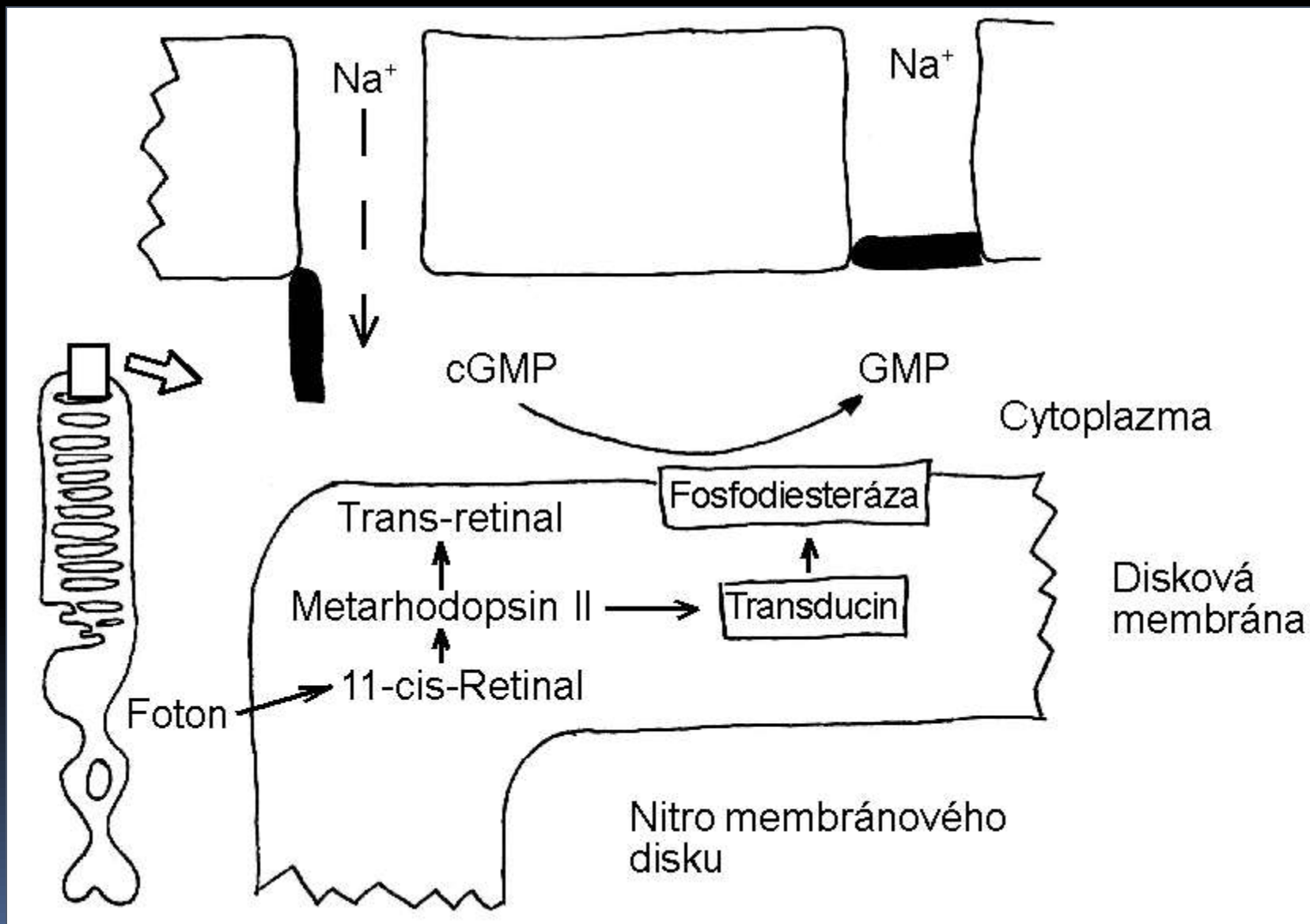


Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu

Fotorepce a chemorecepce – podobný princip



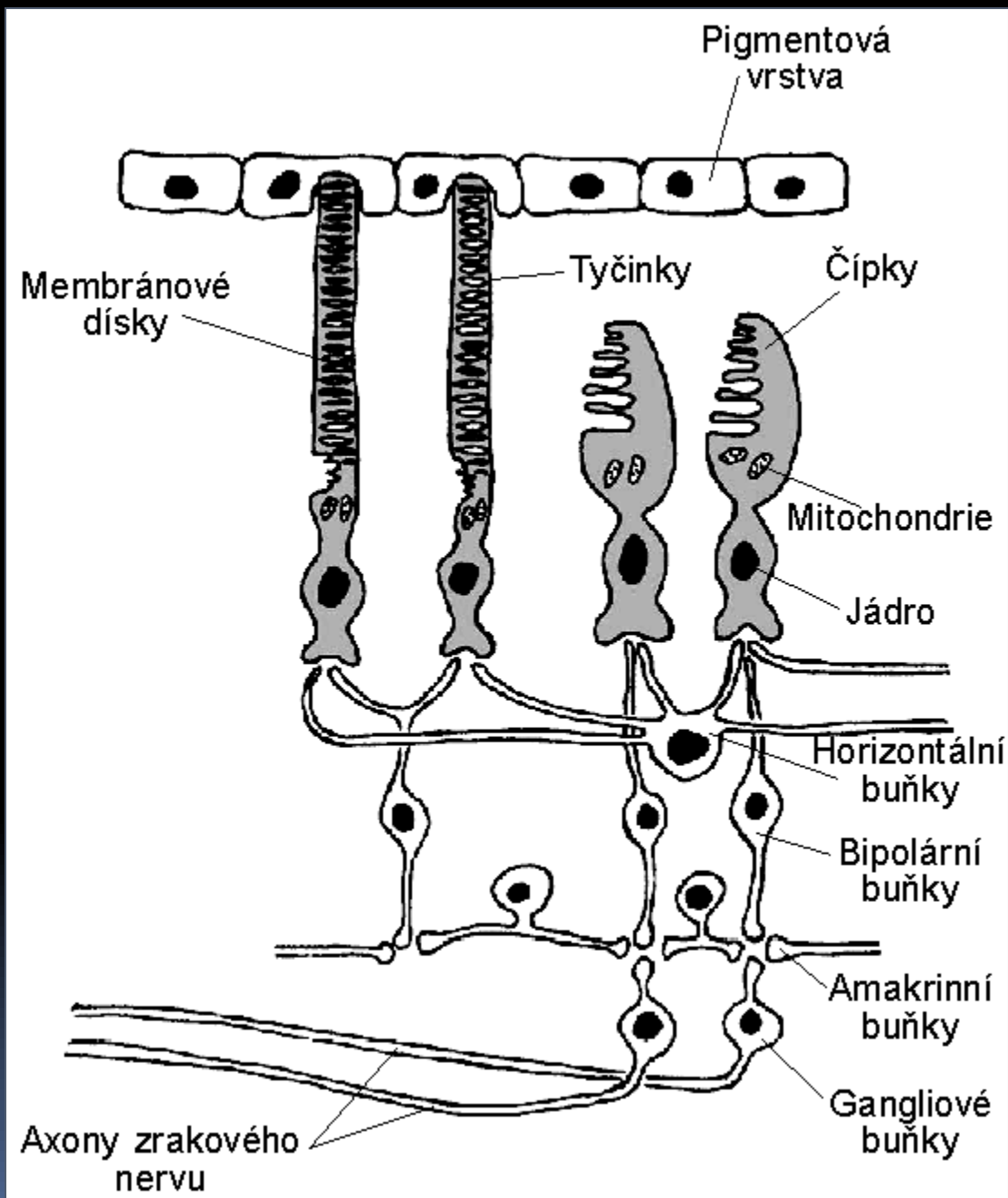
Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu



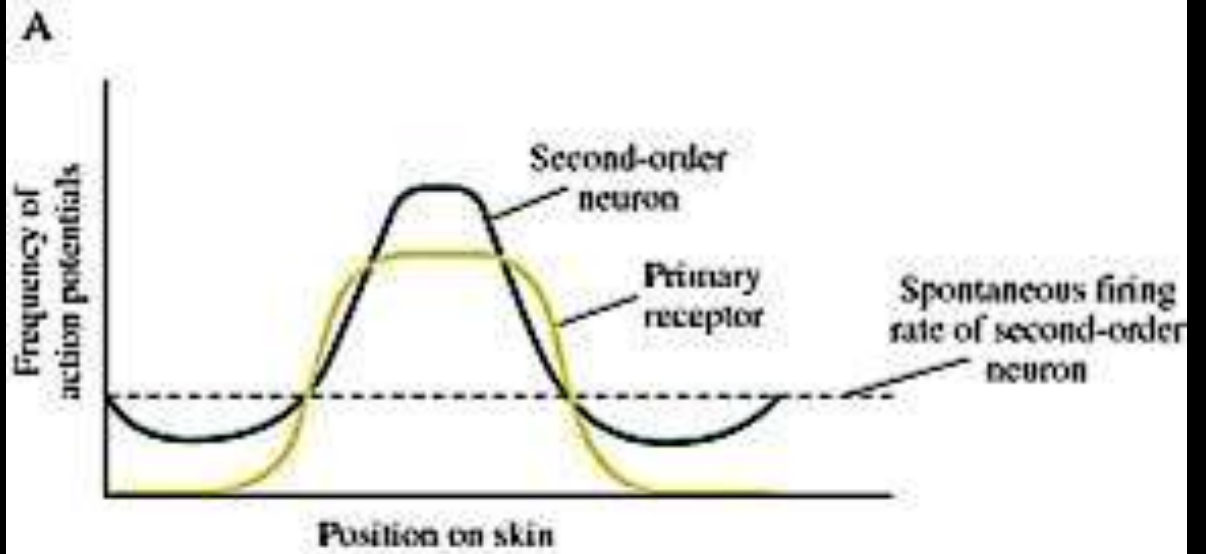
Zpracování začíná už v sítnici.

Laterální inhibice
První analýza kontrastů

Modifikovatelná
konvergence



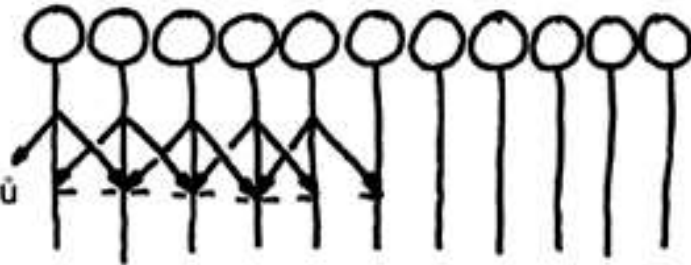
Laterální inhibice:
 Na sekundárních neuronech
 je zesílen kontrast.
 Změna velikosti a struktury
 receptivního pole. Bipolární
 buňky jsou první rysově
 analyzátoři



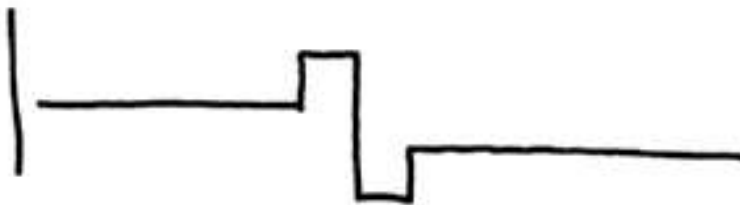
a)

Osvětlení sítnice

Laterální
 inhibice
 fotoreceptorů



Výstup na
 zrakovém
 nervu

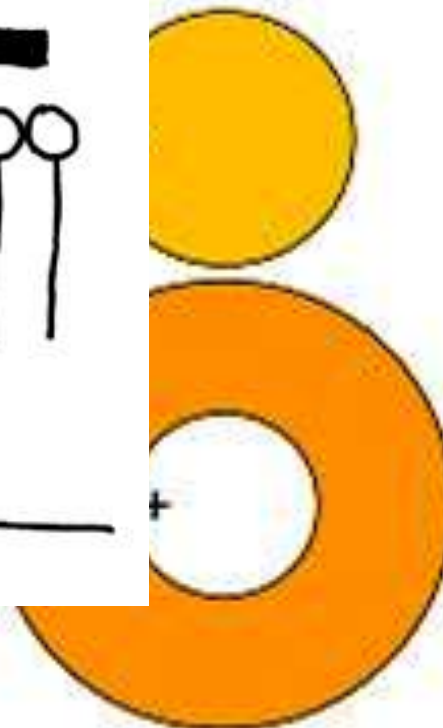


Axony zrakového
 nervu

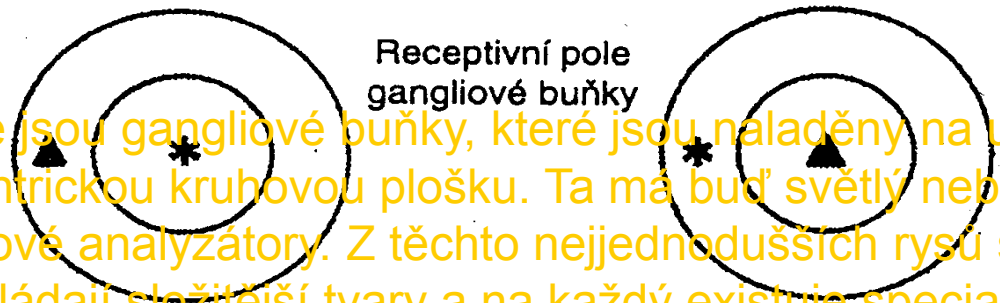
Gangliové
 buňky

Receptive field of
 primary receptor
 neuron

Receptive field of
 higher-order
 sensory neuron



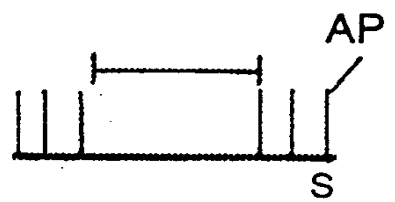
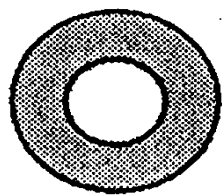
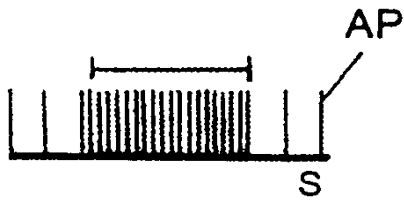
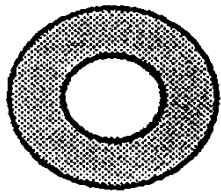
Ve zrakové dráze jsou gangliové buňky, které jsou naladěny na určitý jednoduchý obrazec – koncentrickou kruhovou plošku. Ta má buď světlý nebo tmavý střed. Jsou to první rysové analyzátoři. Z těchto nejjednodušších rysů se postupně ve zrakové dráze skládají složitější tvary a na každý existuje specializovaný neuron rozeznávající svůj obrazec.



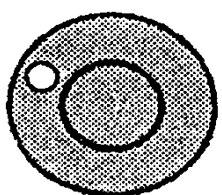
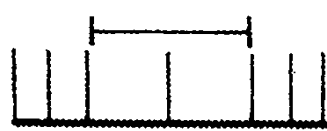
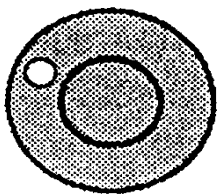
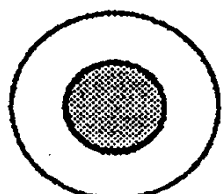
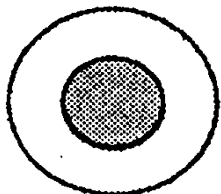
ON-centrum

OFF-centrum

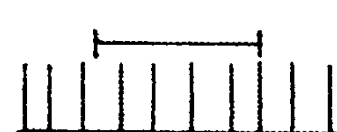
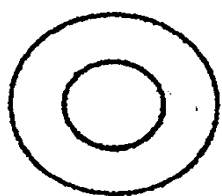
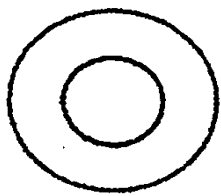
osvětlení
centra
světelnou
skvrnou



osvětlení
periferie
světelným
prstencem
nebo
skvrnou



difusní
osvětlení



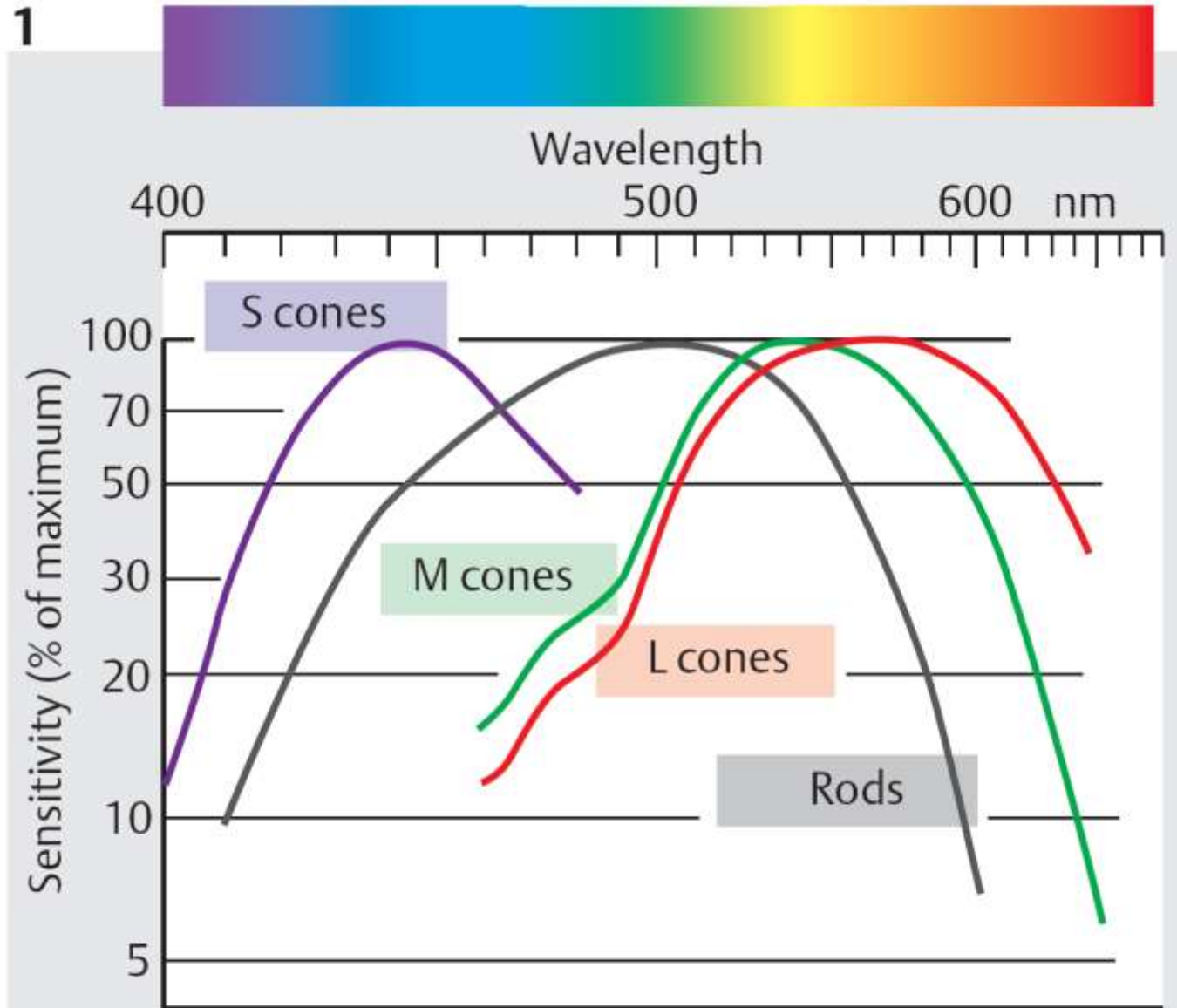
Záznam elektrické aktivity gangliových buněk sítnice s ON a OFF centrem při osvětlení jednotlivých částí jejich receptivního pole. Úsečka nad záznamem elektrické aktivity značí trvání osvětlení v sekundách.
 AP – potenciál. * – excitační zóna ▲ – inhibiční zóna



„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.)

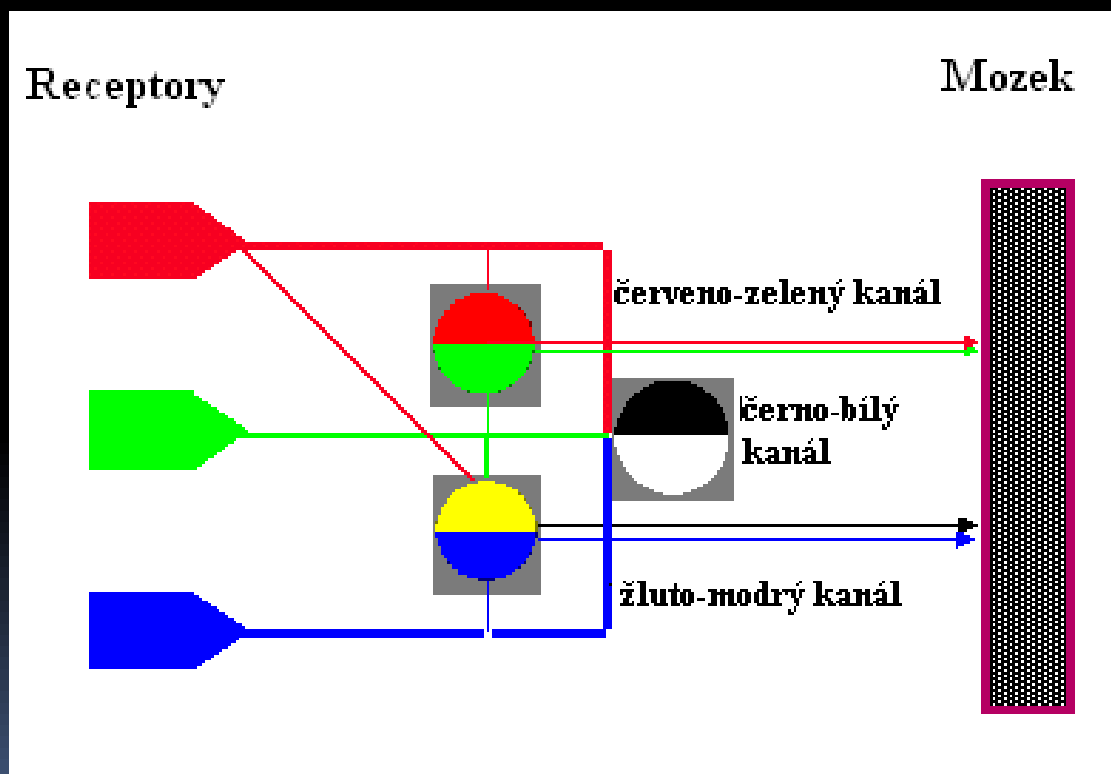
Barevné vidění založeno na různě absorbujících pigmentech.



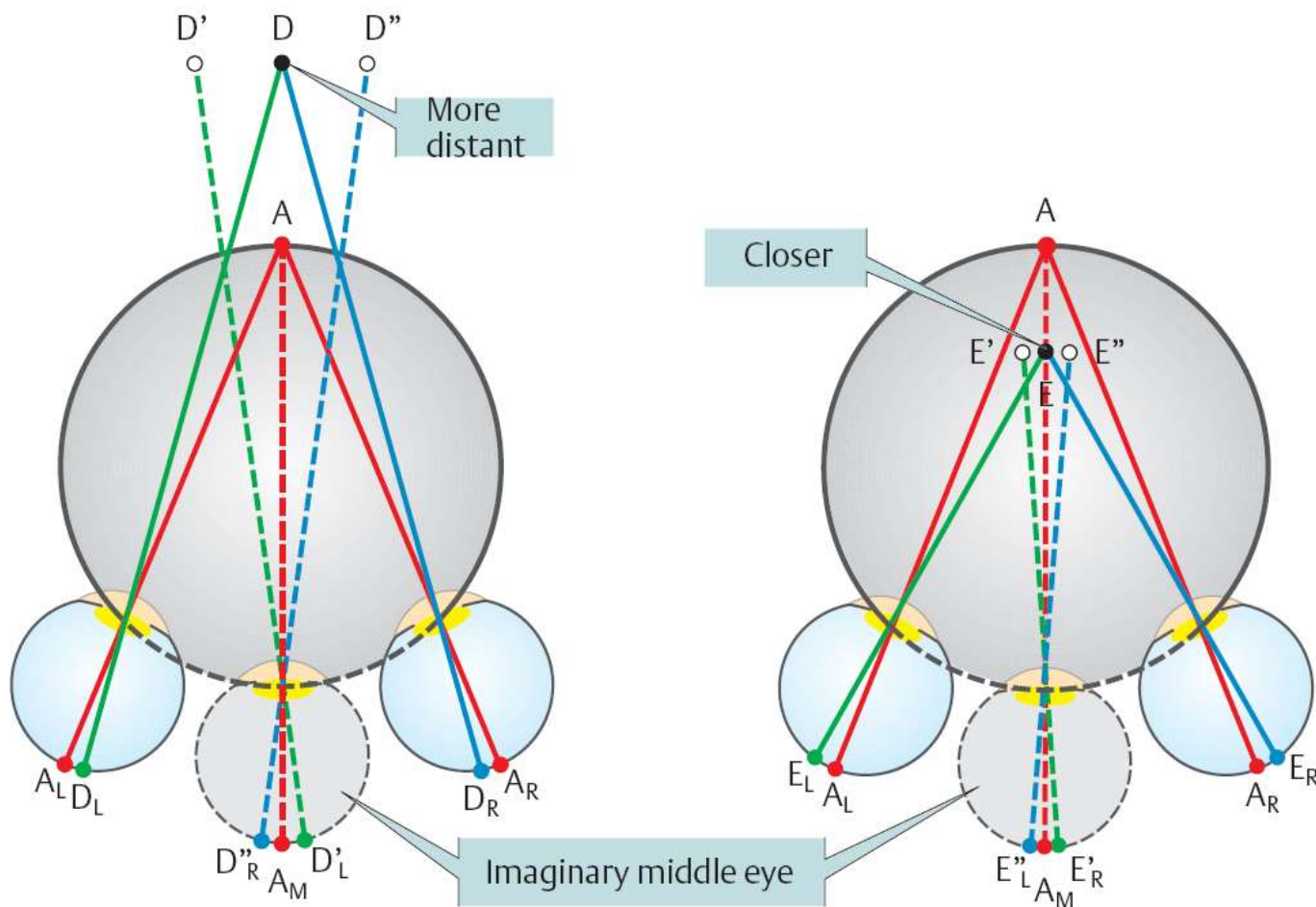
(After J.K. Bowmaker and H.J.A. Dartnall)

Trichromatické kódování, Young-Helmhotz Oponentní kódování, Hering

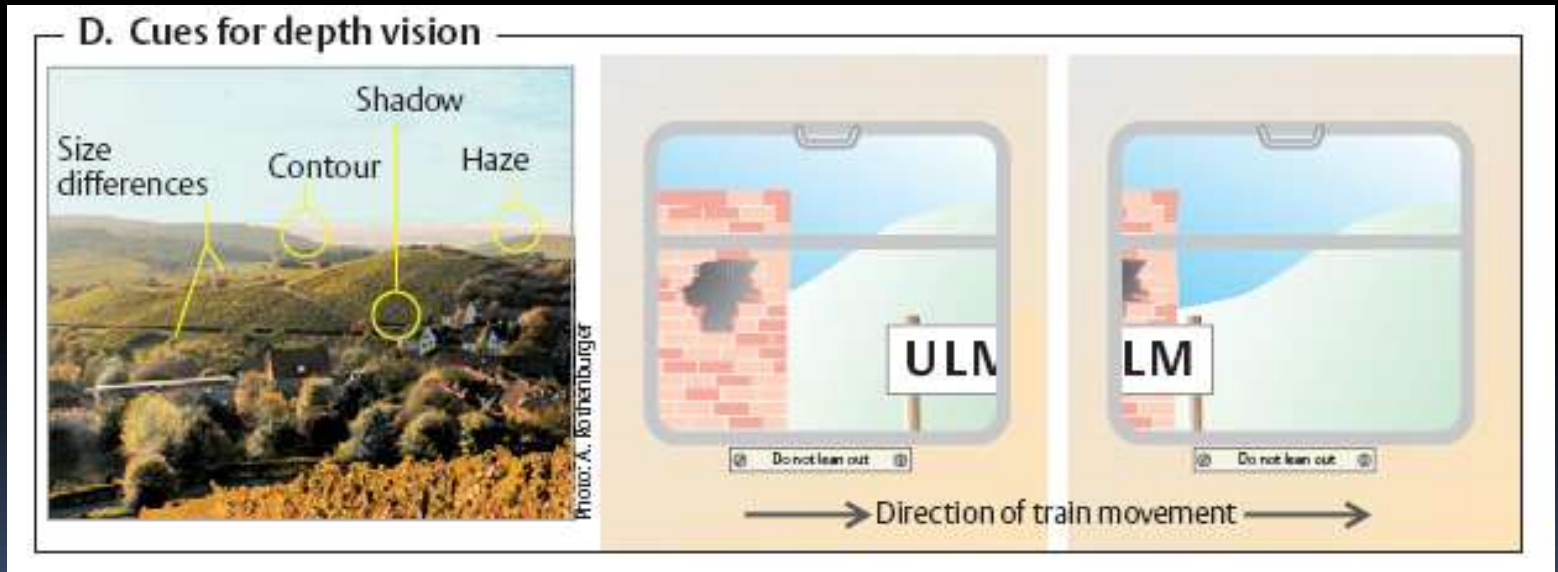
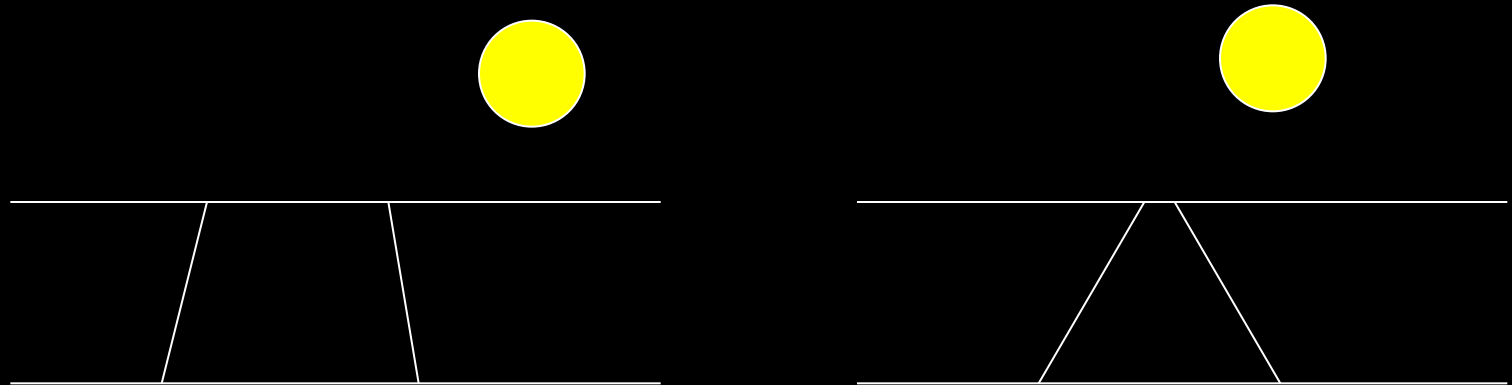
R,G,B a BI,Wh se konvertuje na R/G, B/Y a BI/Wh



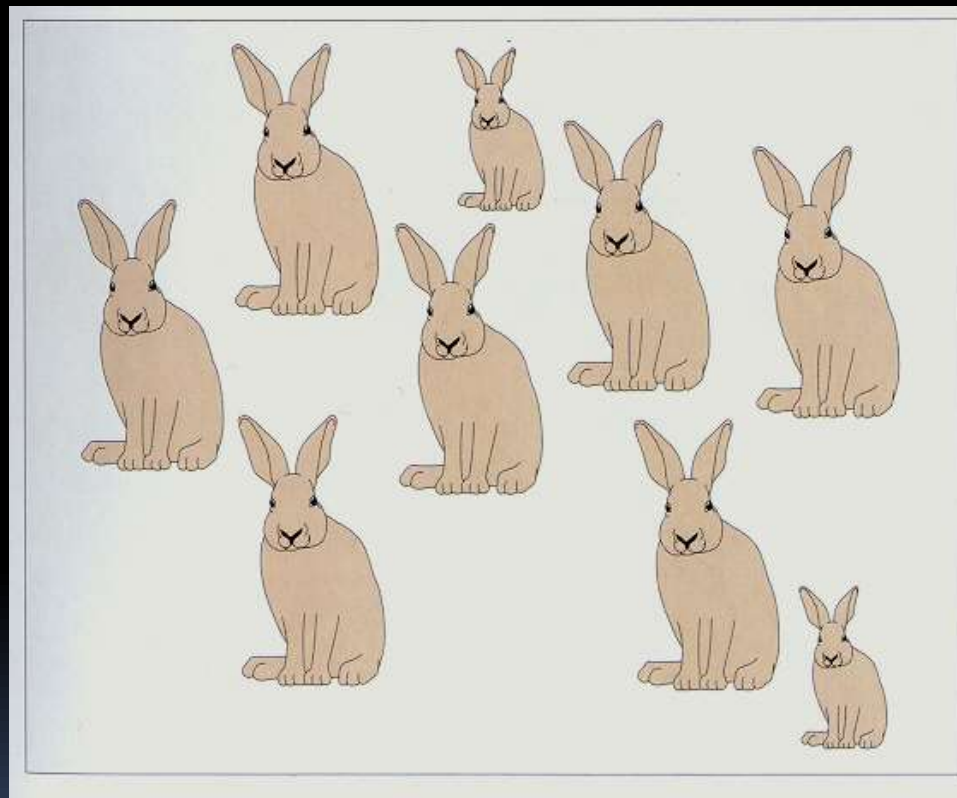
Prostorové vidění (co je blíže a co dál) založeno na schopnosti měřit odlišnosti v zobrazení pravé a levé sítnice.



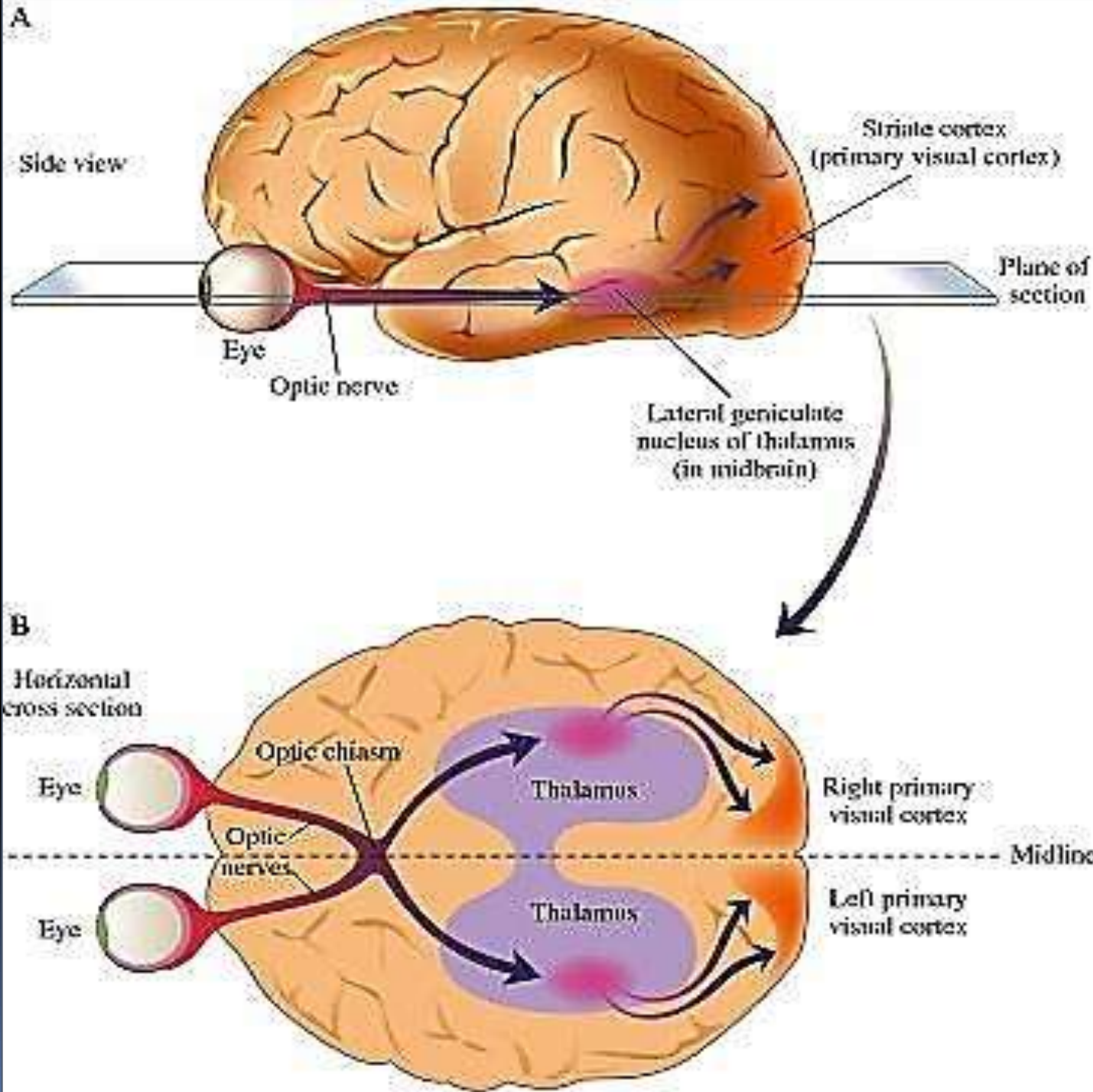
Další metody konstrukce prostoru.



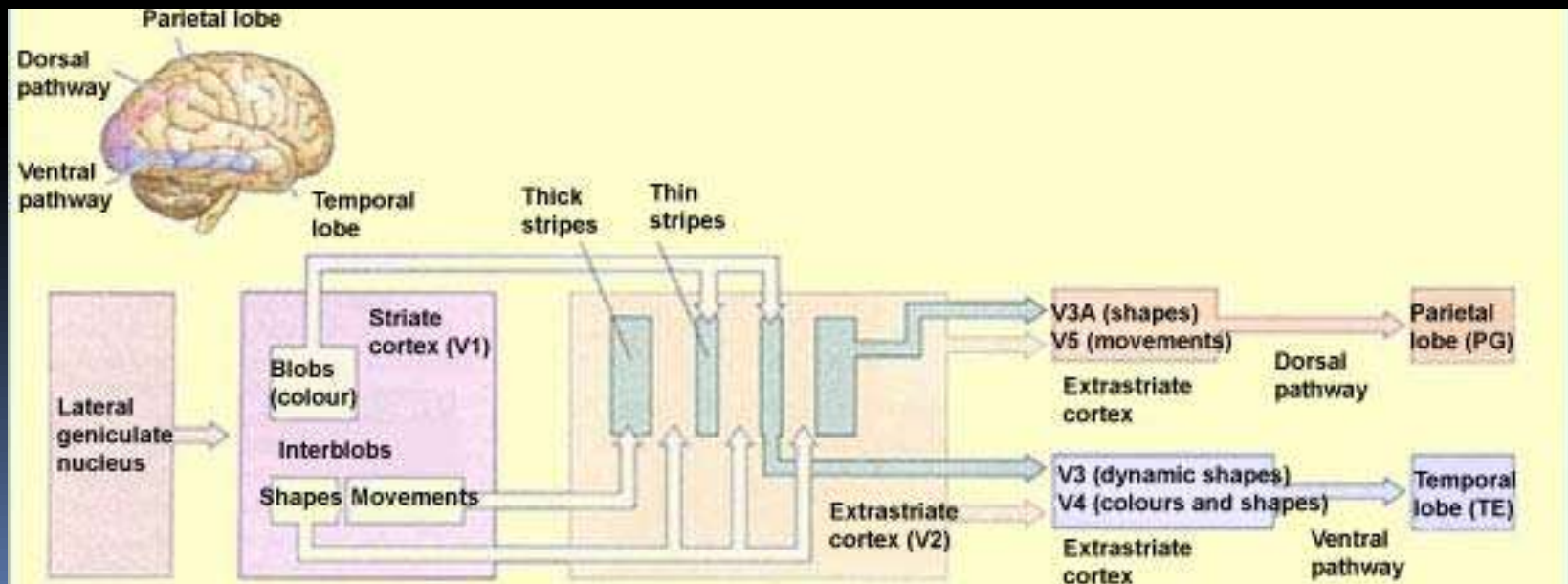
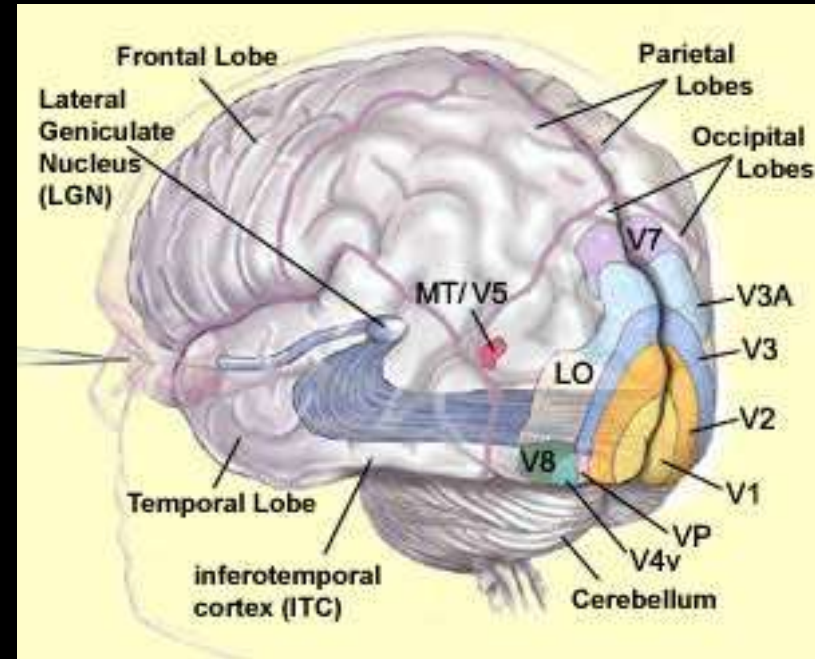
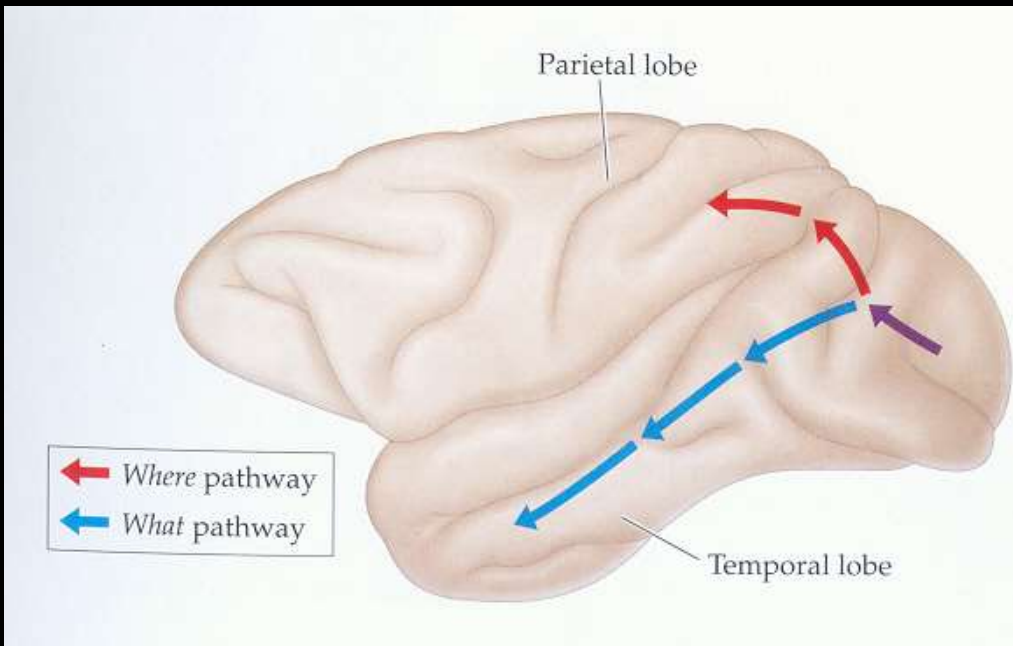
Jsou stejně malí, ale ...



Zraková dráha



Z primární zrkové kůry dvě cesty: Kde dráha a Co dráha



Biologické rytmy

Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

Předpovídají pravidelné změny bez ohledu na přechodné výkyvy denní nebo sezónní.



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

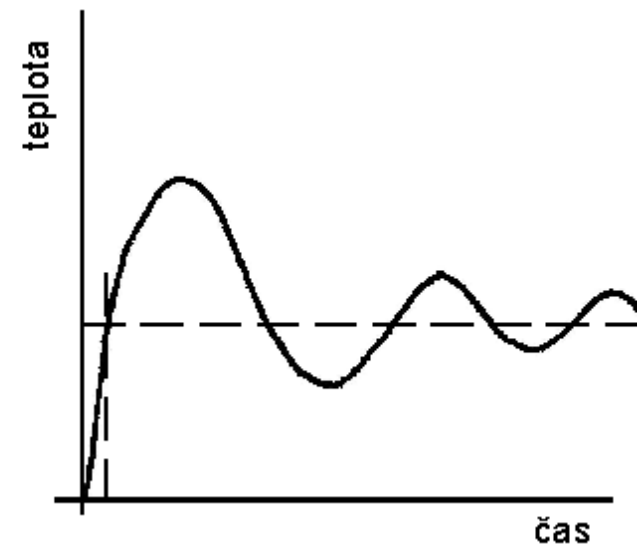
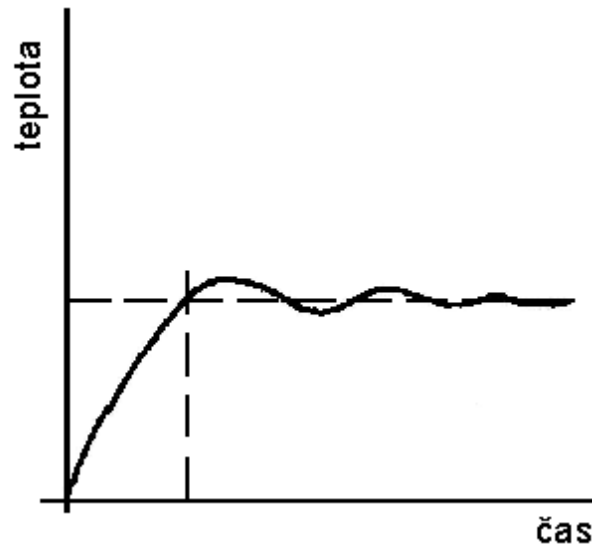
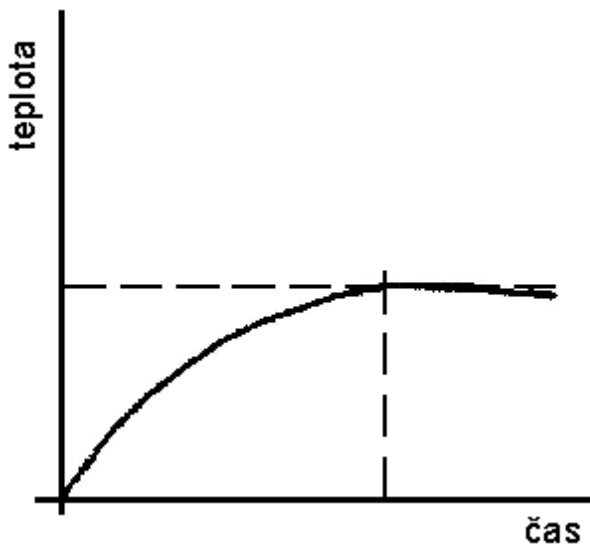
Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...

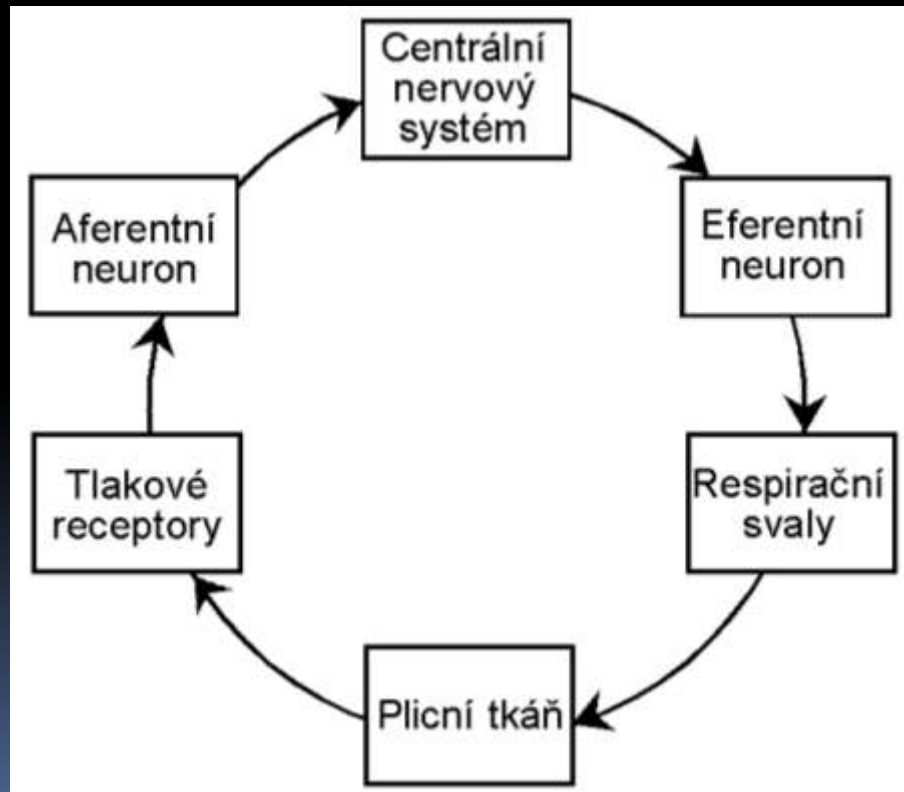
Negativní zpětná vazba je zdrojem kmitů – regulace homeostázy.



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

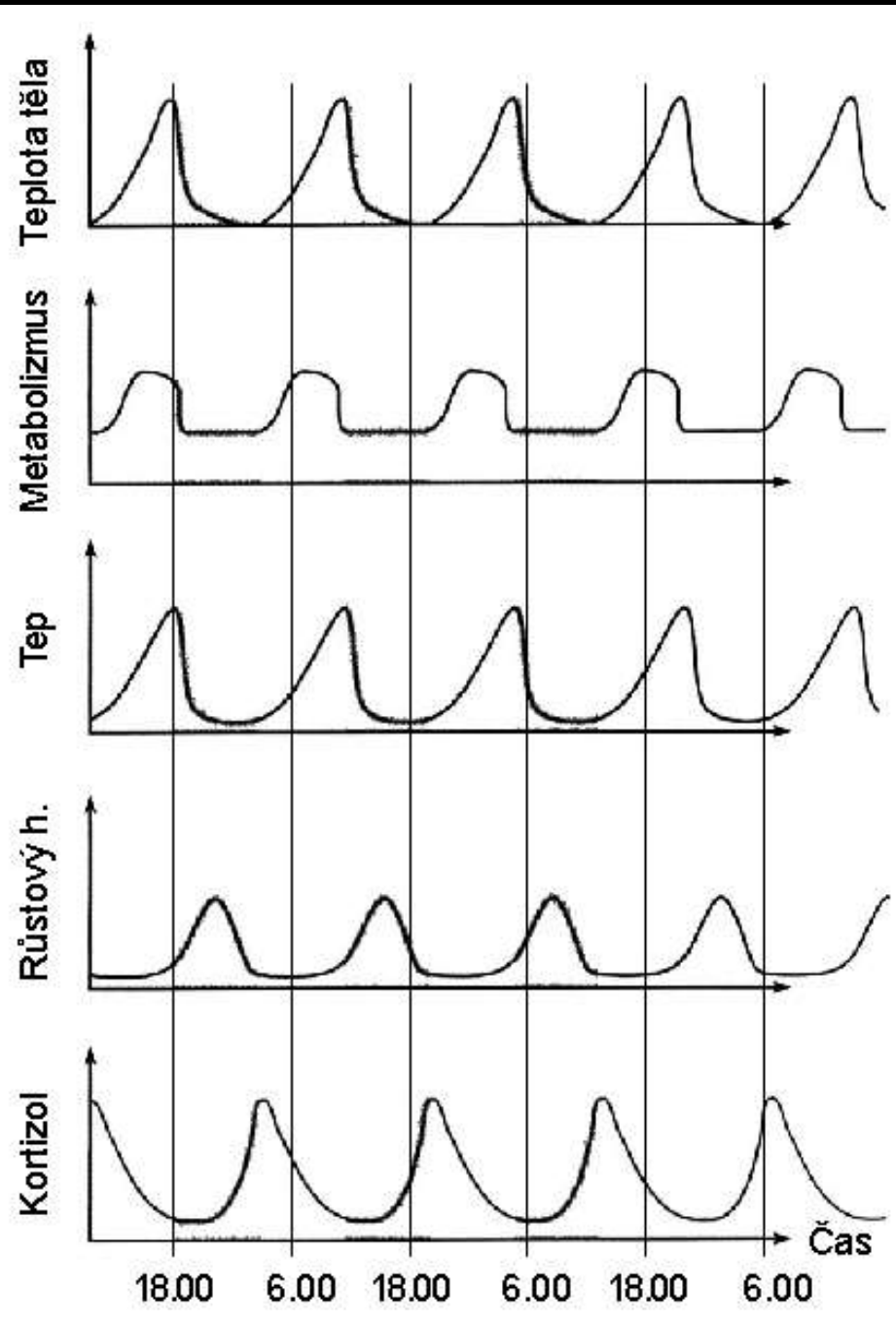
Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...

Negativní zpětná vazba je zdrojem kmitů.



Rytmicita s vazbou na prostředí

Cirkadiánní = asi 24 hod perioda

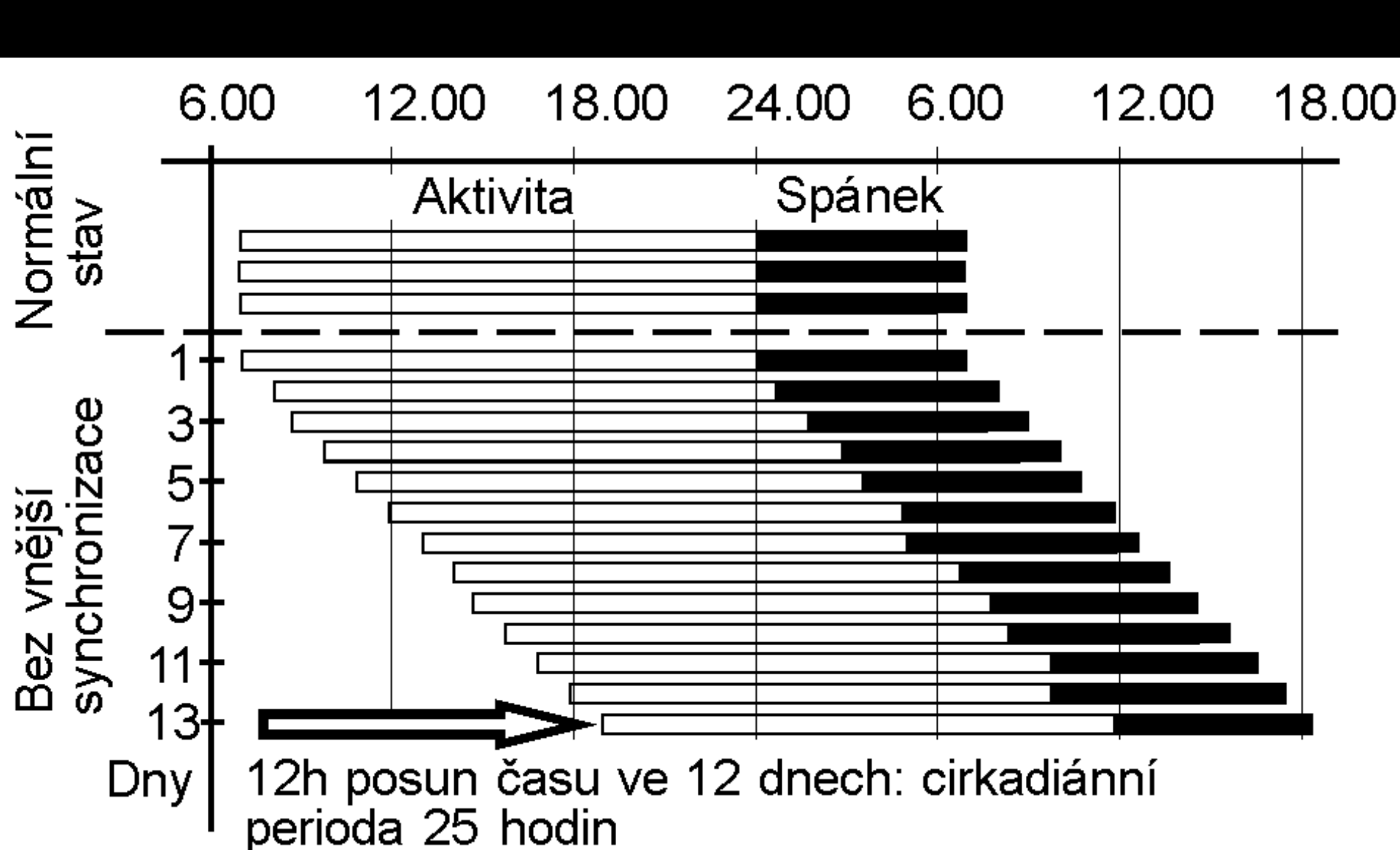


S vnějšími korelátý:

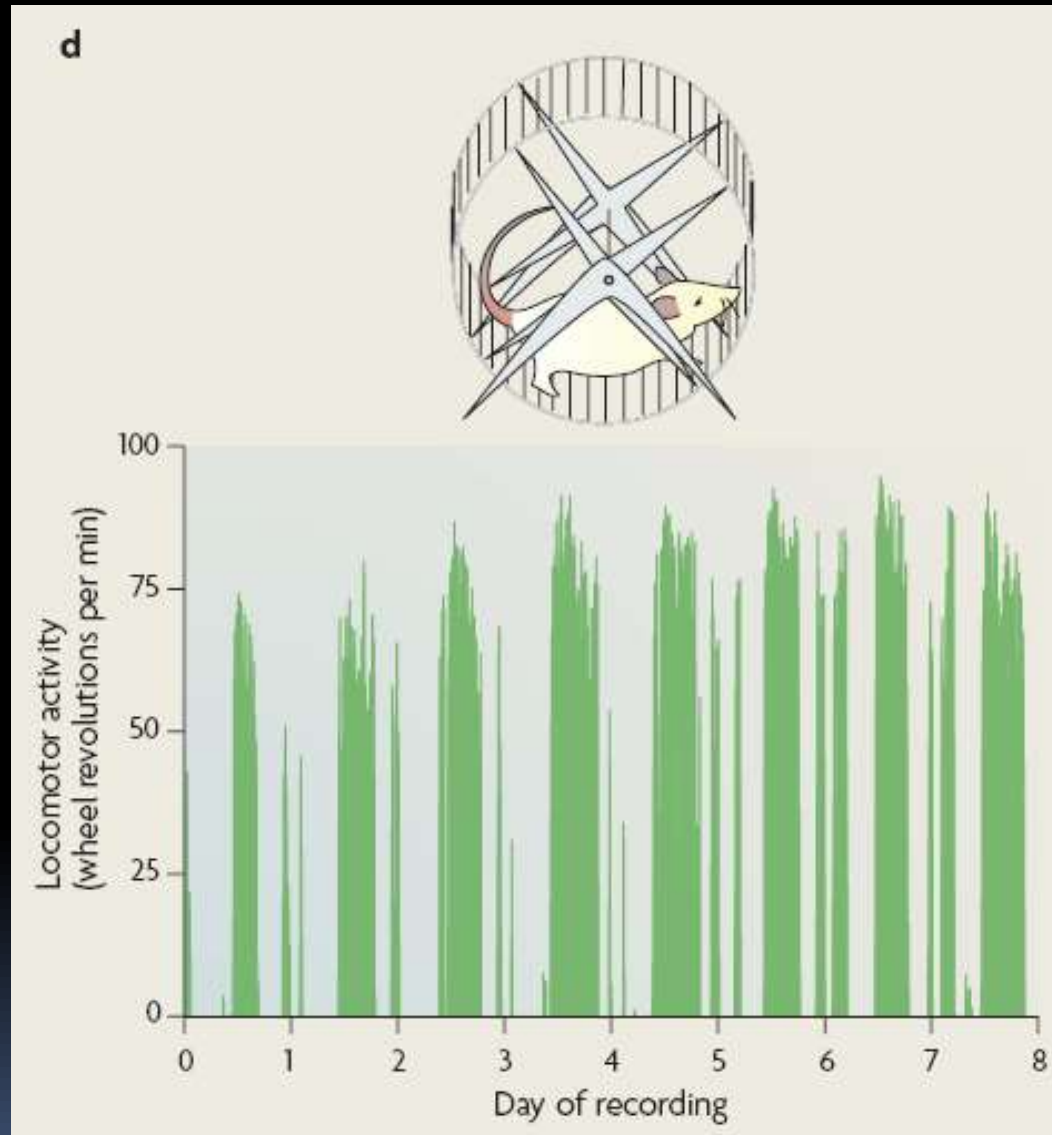
Synchronizátory:

Silné, slabé

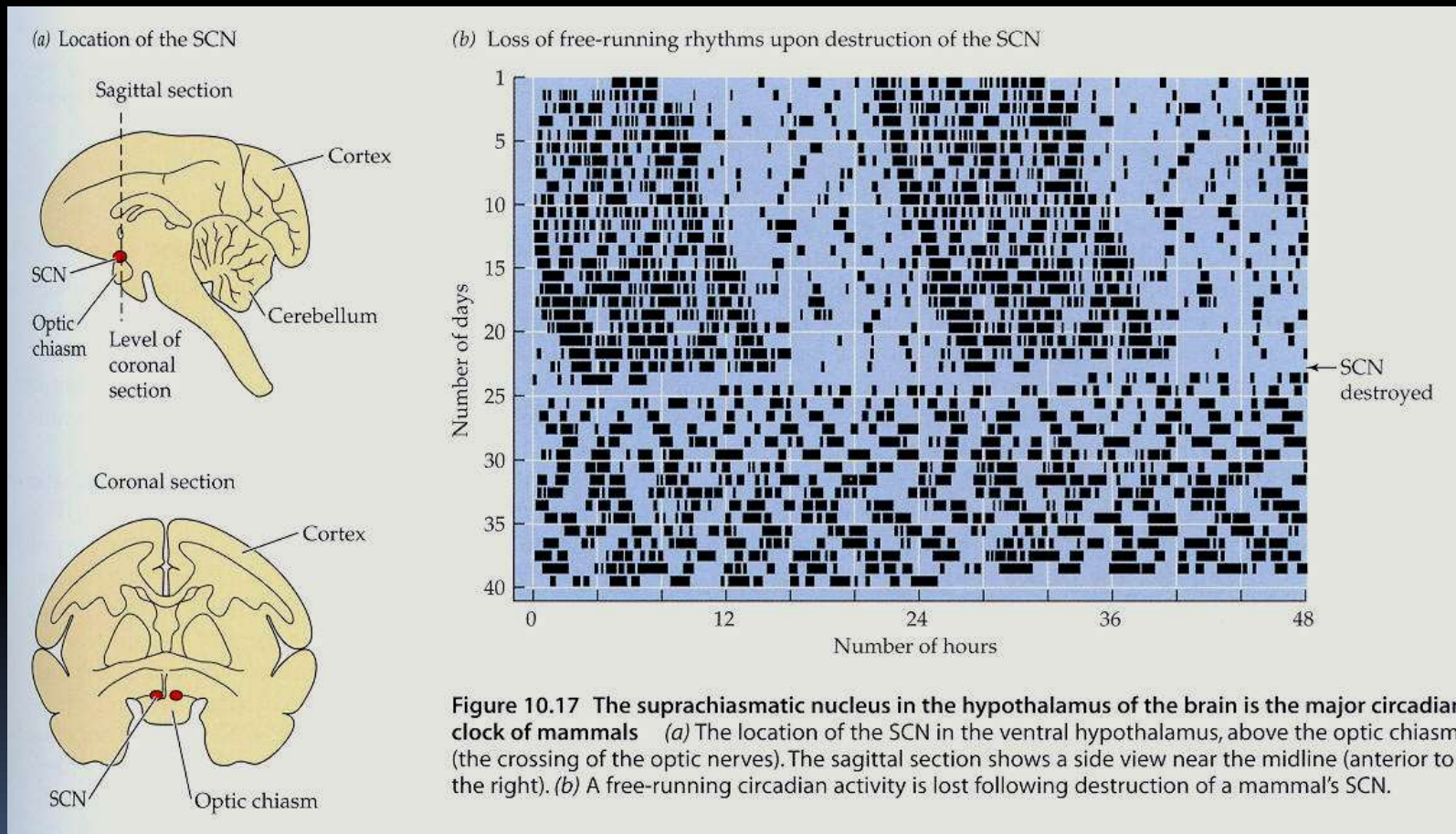
24 hodinové, lunární, anuální



Jak se měří?
Běhací kolo (mlýnek)

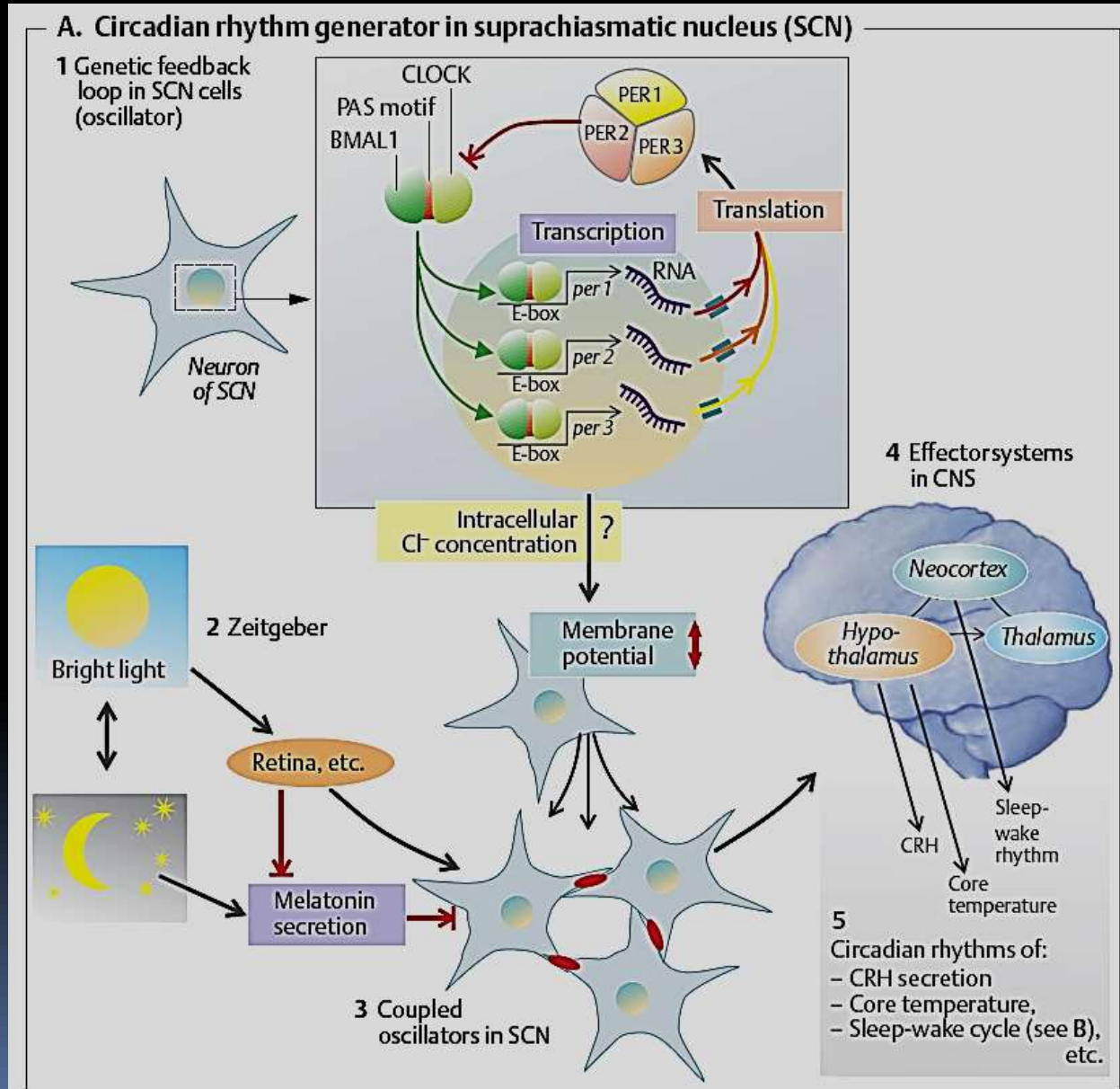


Suprachiasmatické jádro a řízení motorické aktivity. Po vyřazení SCN se rytmus rozpadá

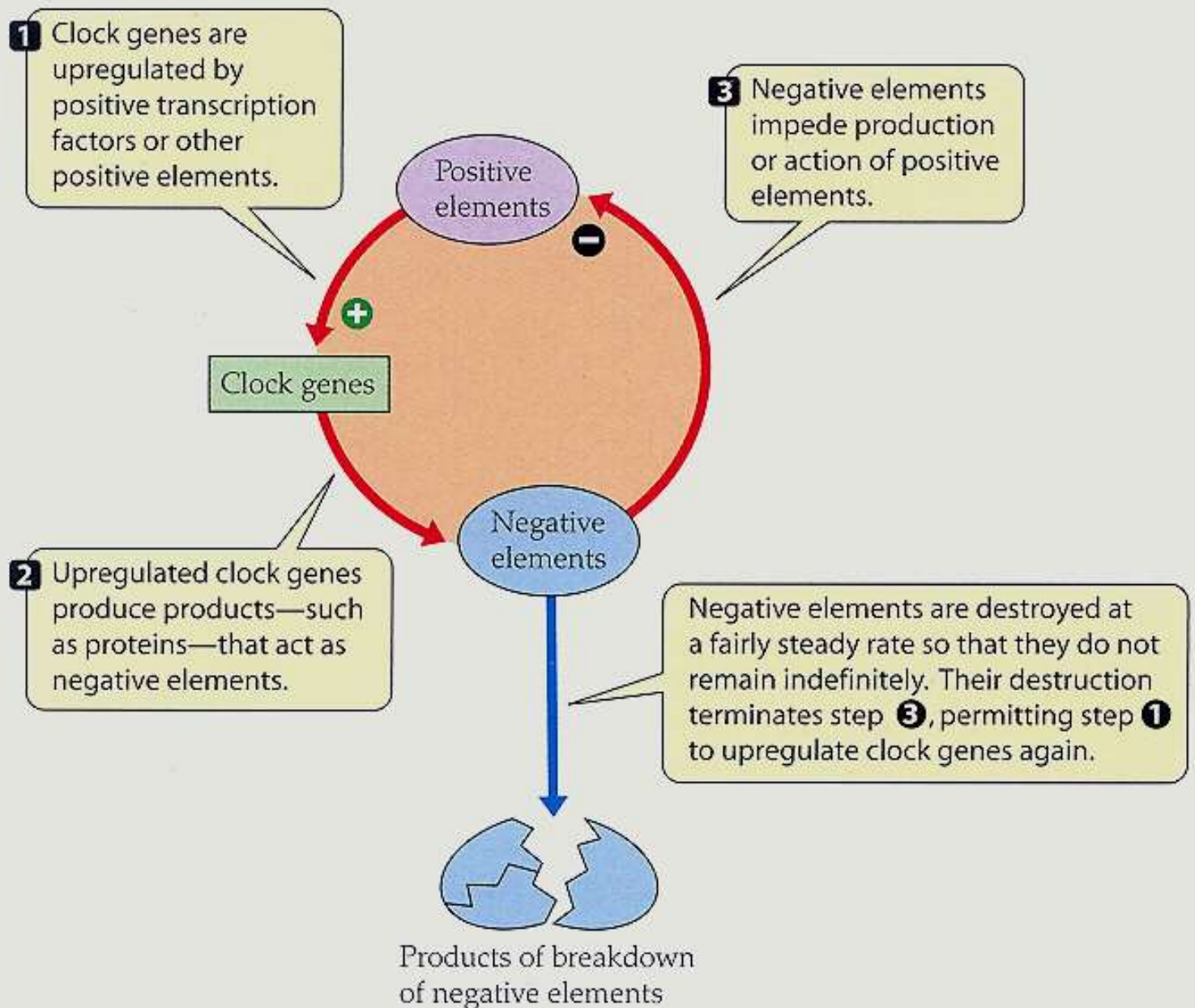


Molekulární hodiny a zpětnovazebná smyčka synchronizovaná světlem.

„Zeitgeber“ – synchronizátor, většinou fotosensitivní element

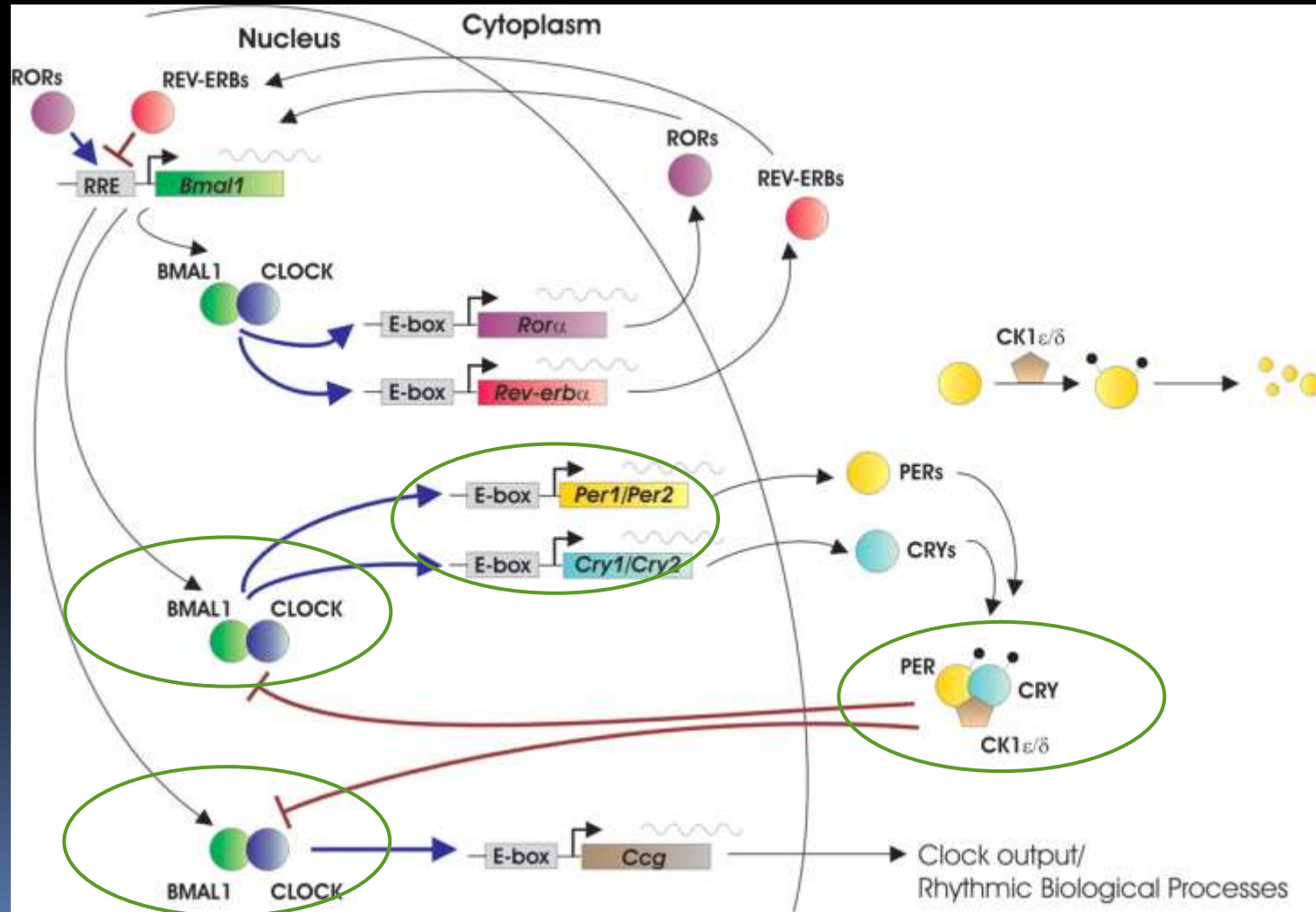


Molekulární hodiny a zpětnovazební smyčka synchronizovaná světlem.



Ve zpětnovazebné smyčce jsou pozitivními elementy transkripční faktory CLOCK and BMAL1. Ty dimerizují a iniciují transkripci genů *Period* a *Cryptochrome*. Negativní zpětná vazba je zajištěna PER:CRY dimery, které translokují zpátky do jádra, kde potlačují svou vlastní transkripci působením na CLOCK:BMAL1 komplex, kterému brání v dimerizaci. Jiná regulační smyčka je indukována CLOCK:BMAL1 heterodimery aktivujícími transkripci jaderných receptorů *Rev-erba* a *Rora*. REV-ERB α and ROR α potom zpětně regulují *Bmal1* promotor.

Cyklující faktory řídí transkripci regulačních Ccg genů. Ty zajišťují downstream efekty.



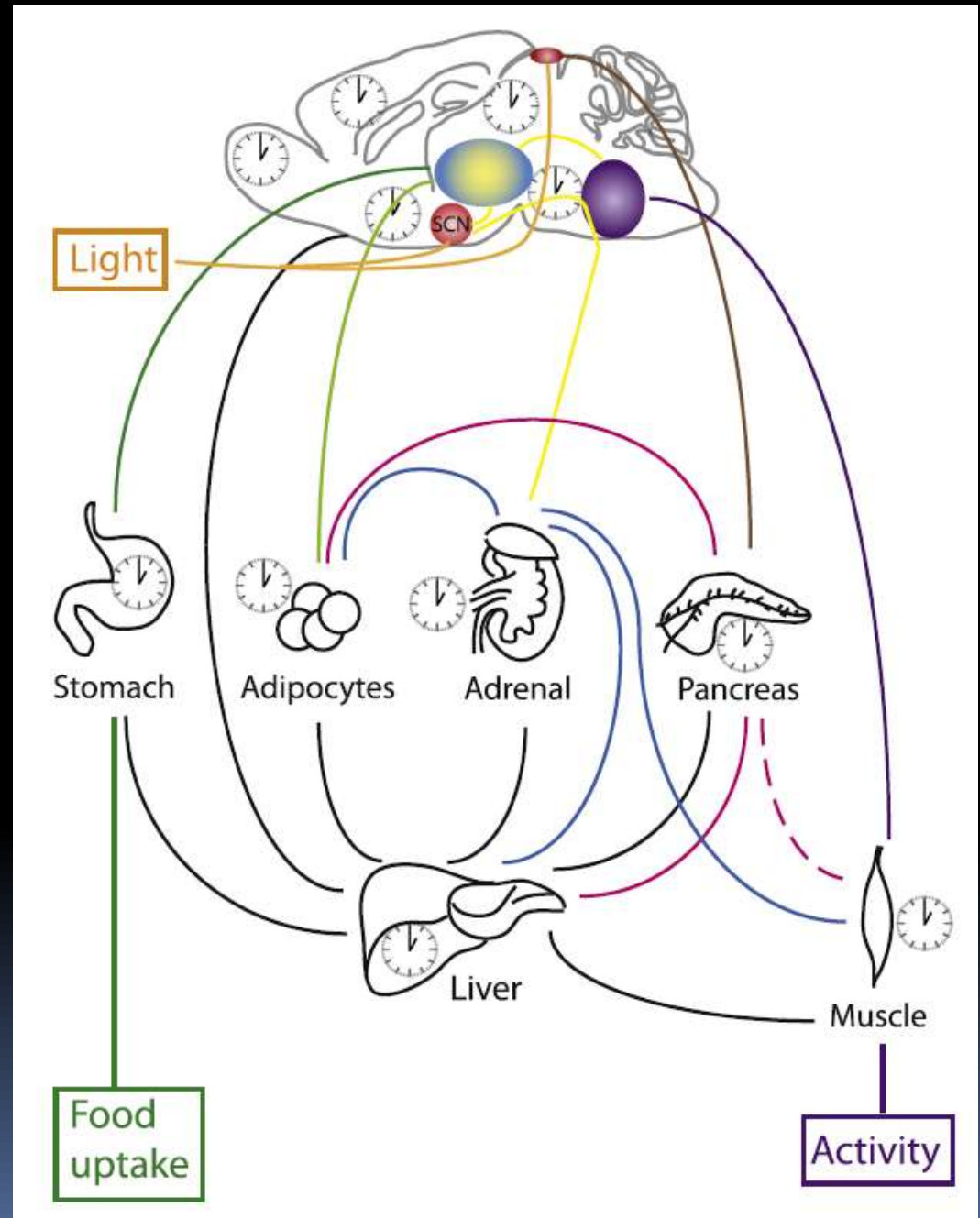
MYŠ

Centrální a periferní oscilátory

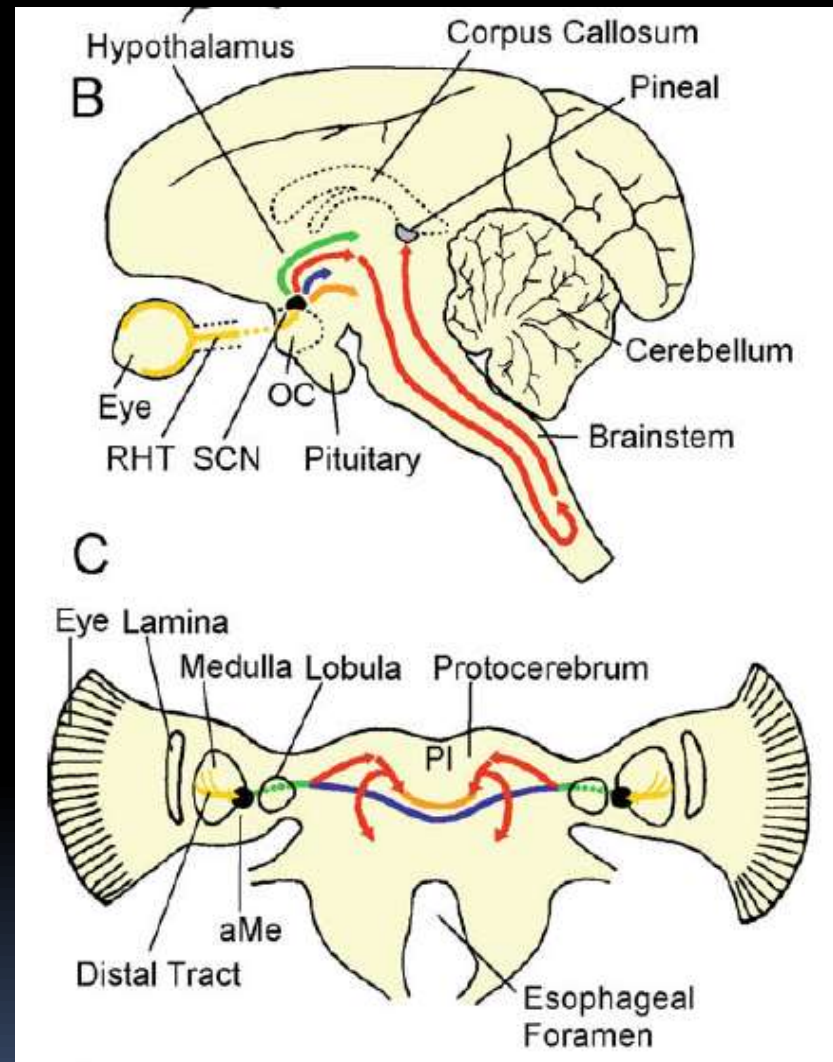
Circ. hodiny jsou v různých orgánech odpovědných za řízení metabolismu a pohybu.

Master clock v SCN je synchronizuje.

SCN a pineální orgán citlivé na světlo.



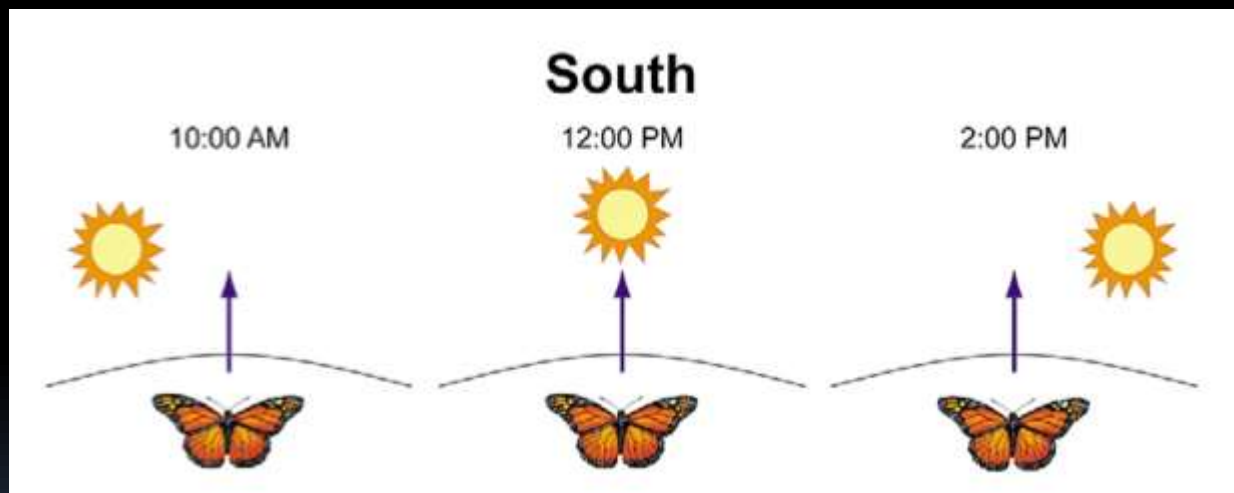
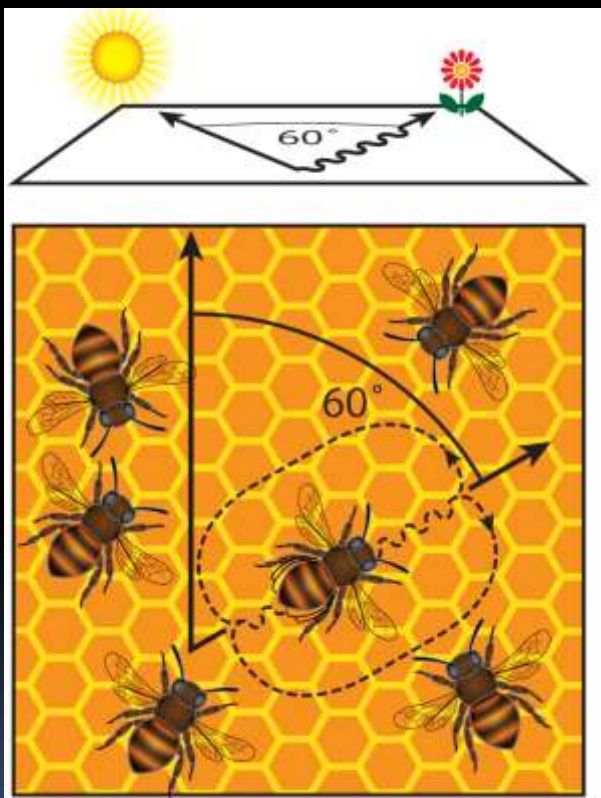
Synchronizace světlem
monitorovaným zrakem nebo i
mimo zrakovou dráhu (pineální
orgán)



Význam hodin pro orientaci v prostoru

Orientovat se podle Slunce, znamená znát přesný čas.

Solární kompas využívali mořeplavci a využívají živočichové



Chronobiologie

Chronopatologie

Pracovní výkon, učení soustředění, ale i účinnost léků závislá na denní době.

Při konfliktu hodin nebezpečí poruch spánku (jet lag), příjmu potravy (obezita, diabetes), onkologických poruch...

