

Obecná fyziologie smyslů

Co se děje na membránách.

Receptorové buňky jsou brány,
kterými vstupují signály do NS

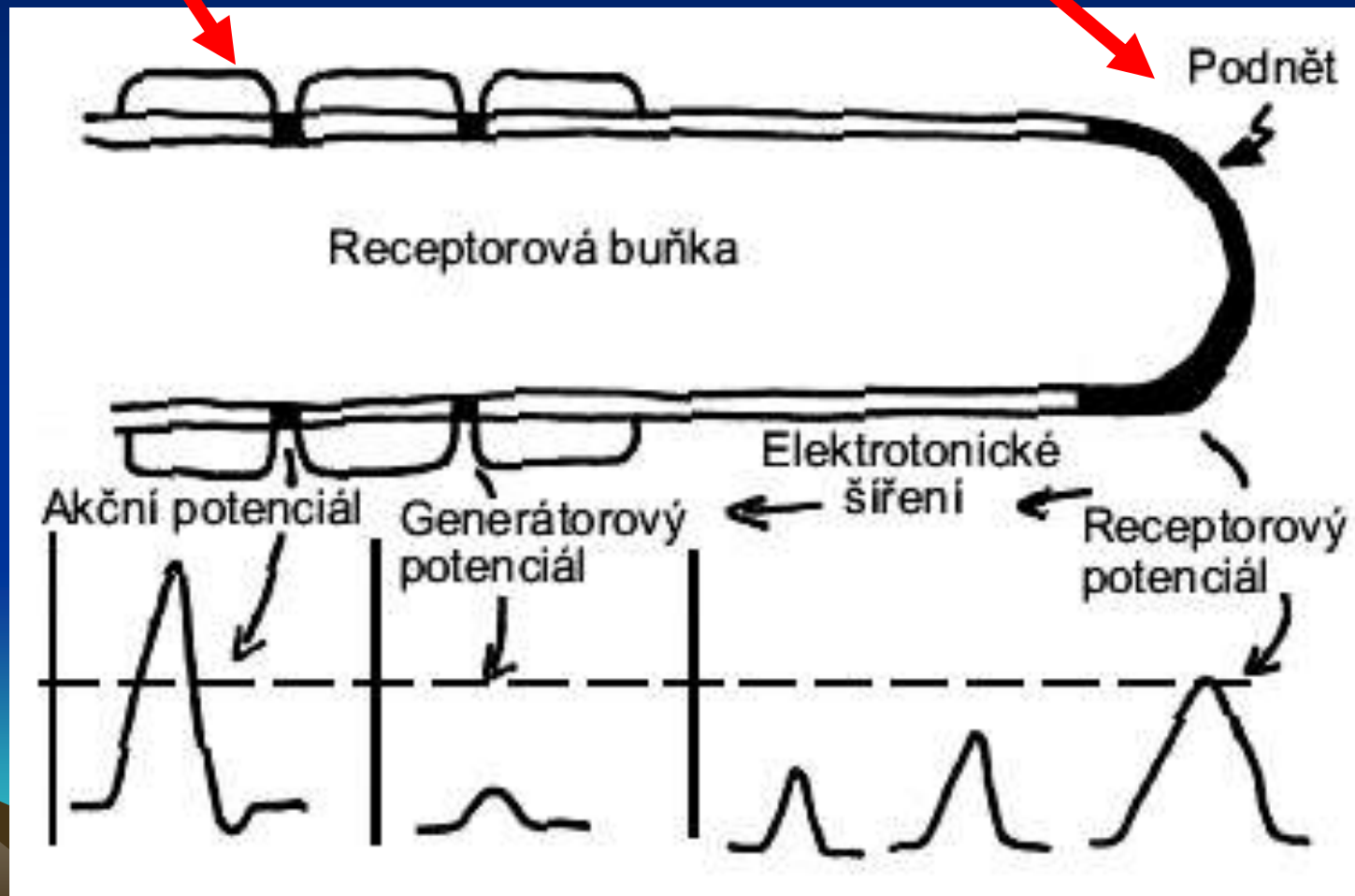
Exteroreceptory x interoreceptory



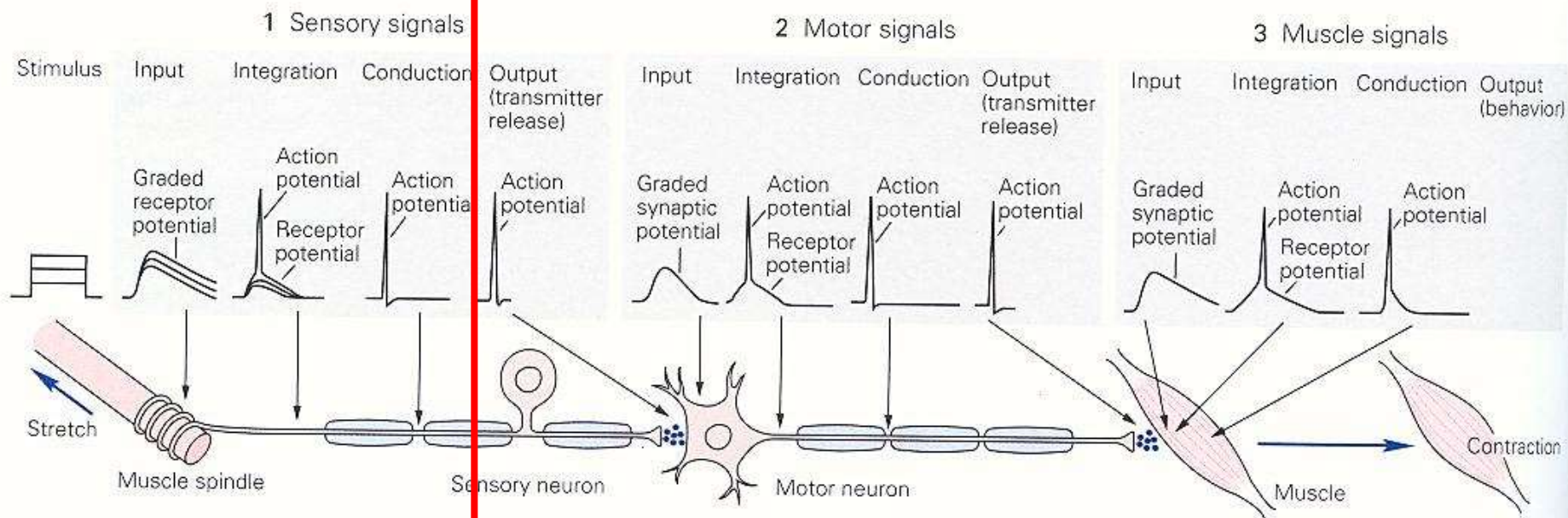
Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

Transformace

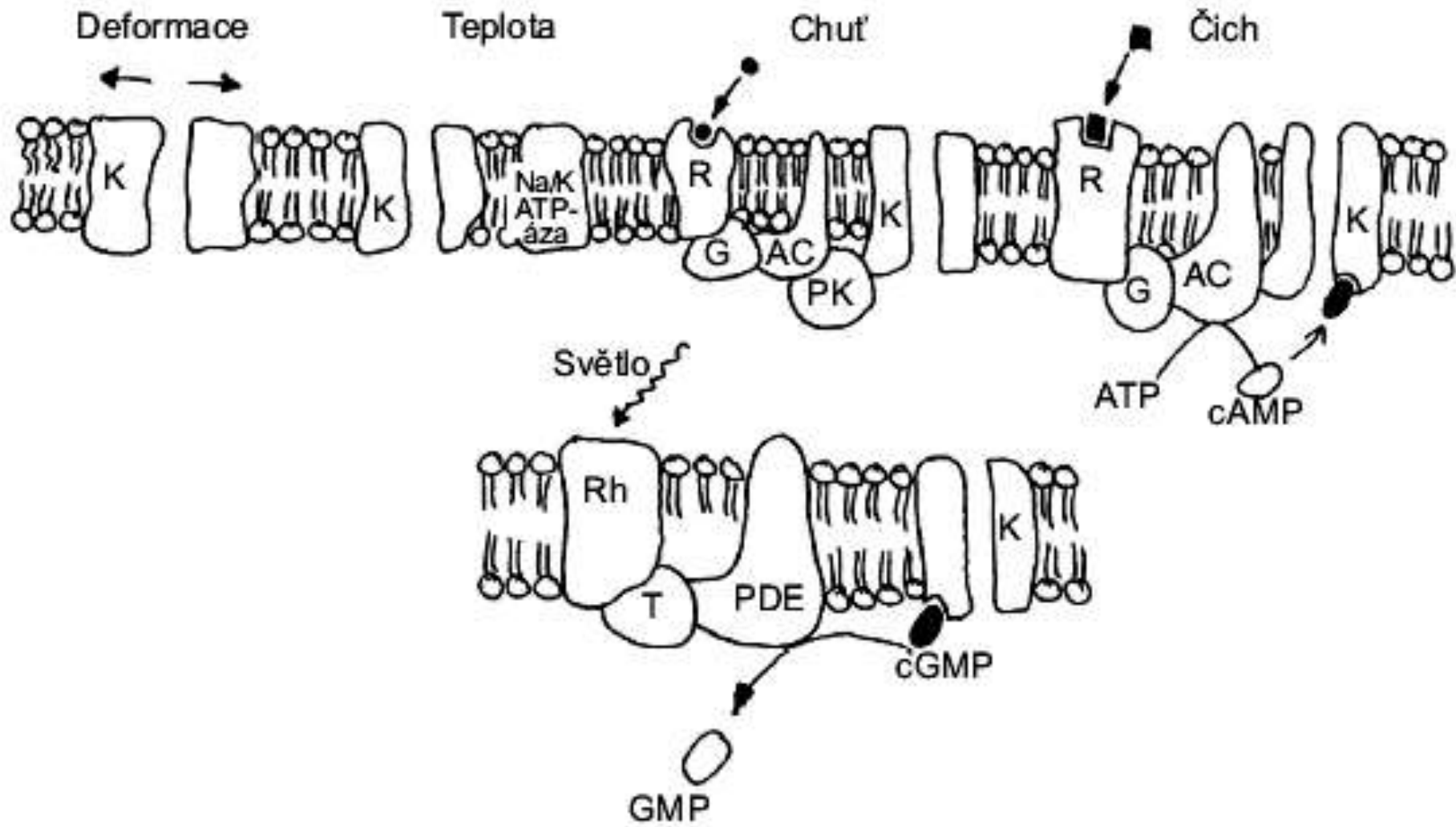
Transdukce



Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

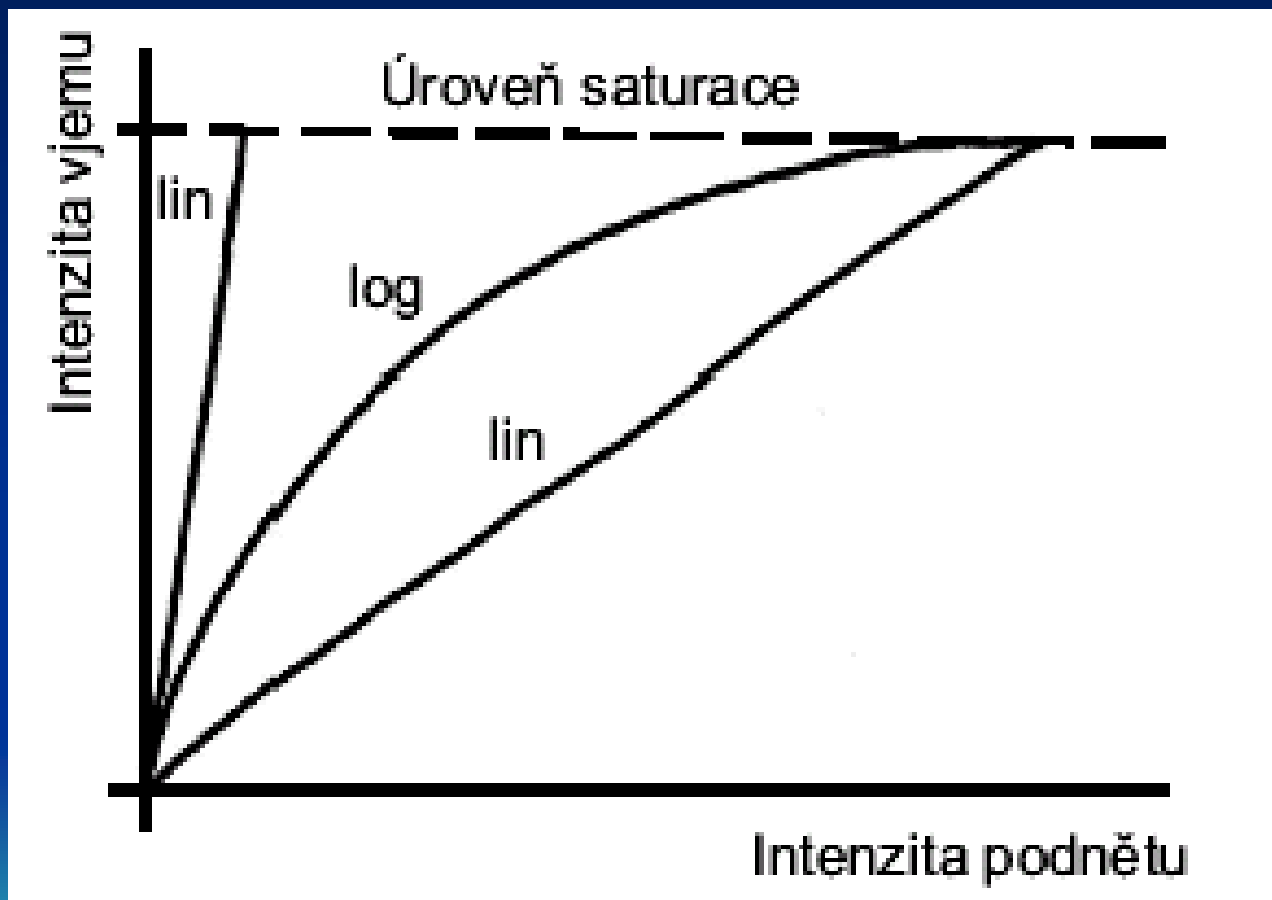


Vlastnosti membrány jsou klíčem pro transdukcí.



Intenzita podnětu a intenzita odpovědi.

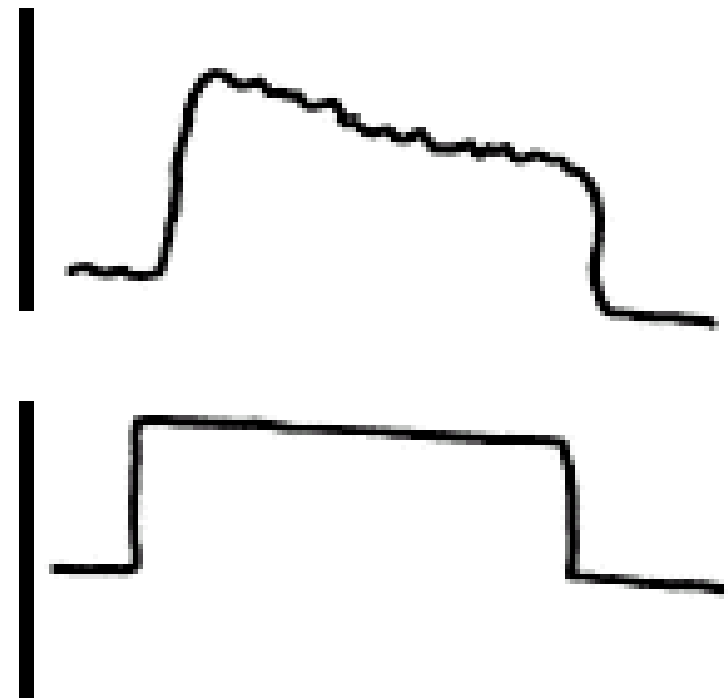
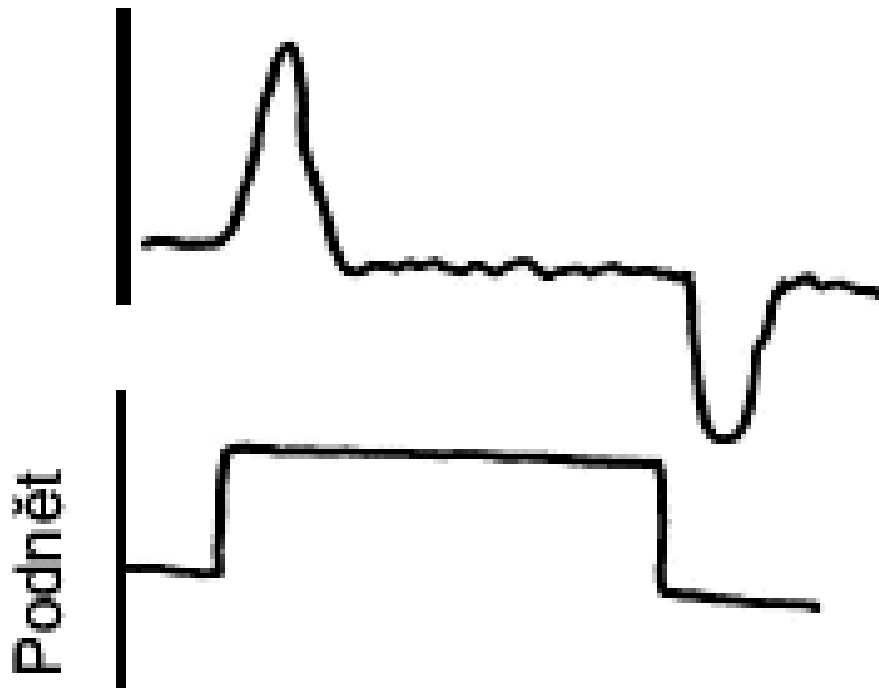
Logaritmická závislost je dobrý kompromis mezi potřebou citlivosti a rozsahem.



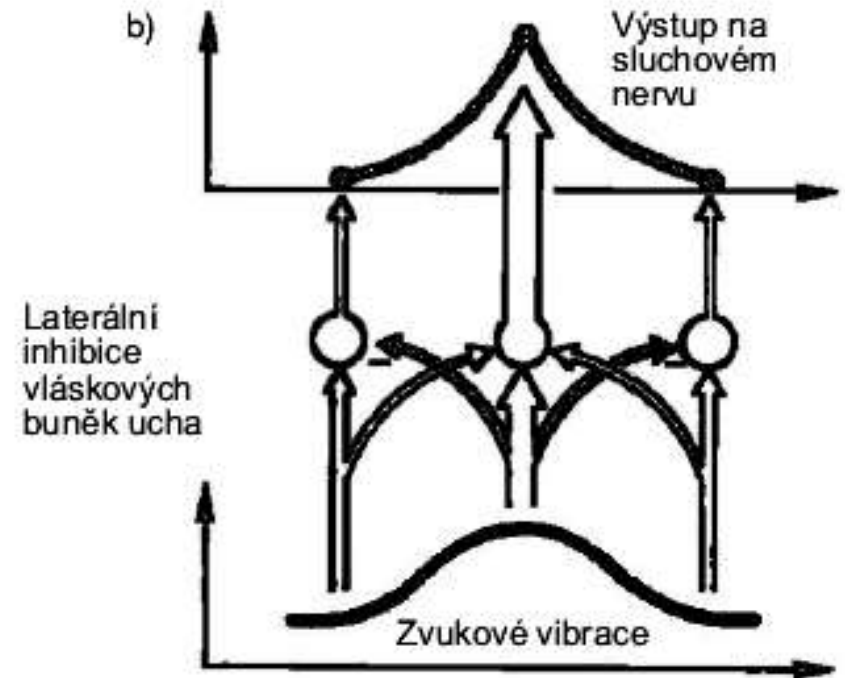
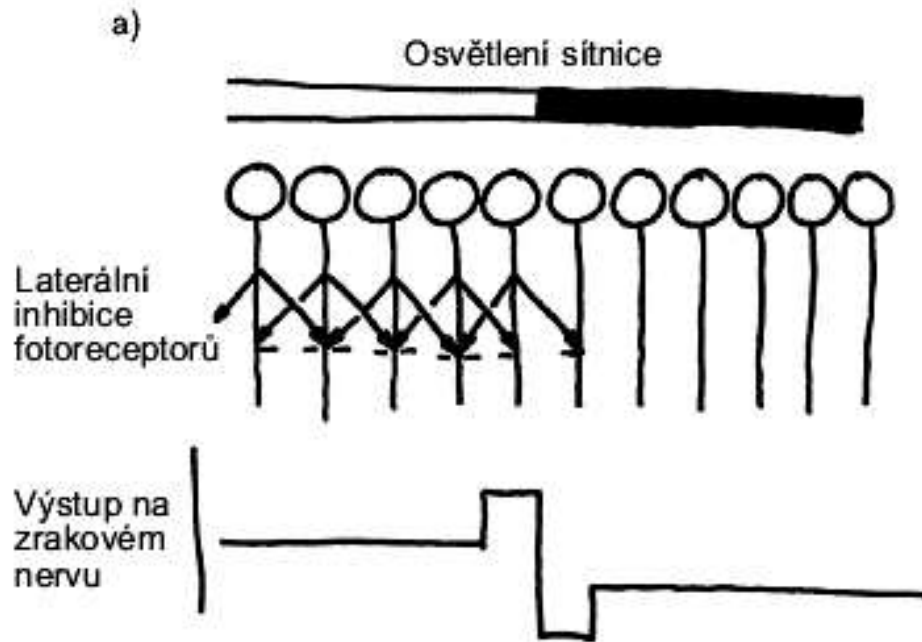
Trvání podnětu a trvání odpovědi.
Většina exteroceptorů se v různé míře adaptuje.

Diferenční receptor

Proporcionální receptor



Laterální inhibice: vyšší rozlišovací schopnost zesílení kontrastů



Smyslové dráhy

- Paralelní dráhy
- Specializace analyzátorů smyslové dráhy
- Úloha mozku integrovat do celku a interpretovat (zkušenost)

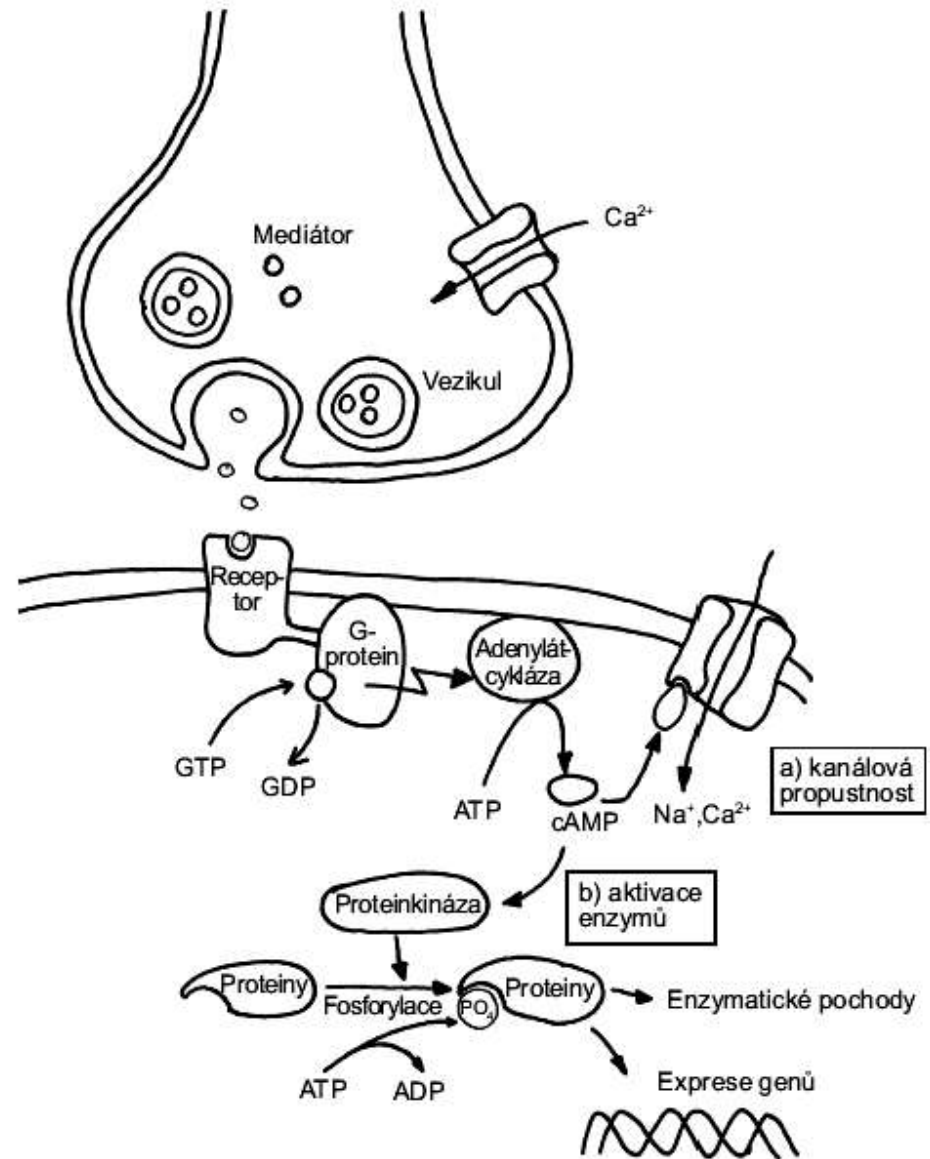


Chemorecepce

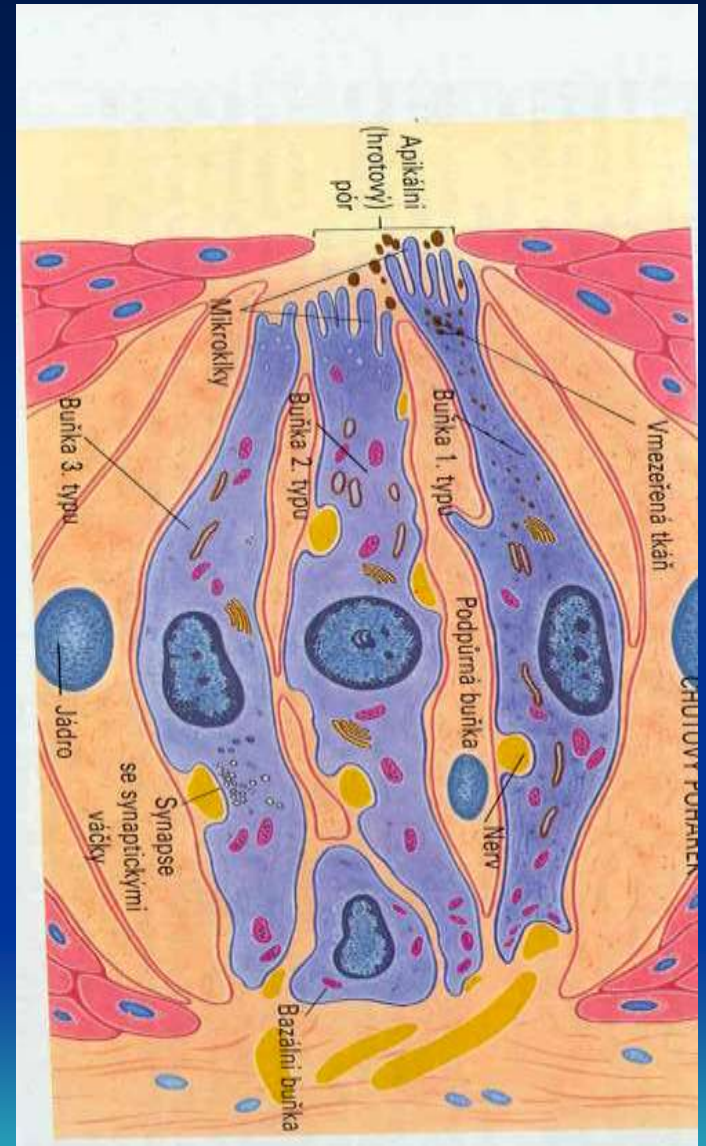
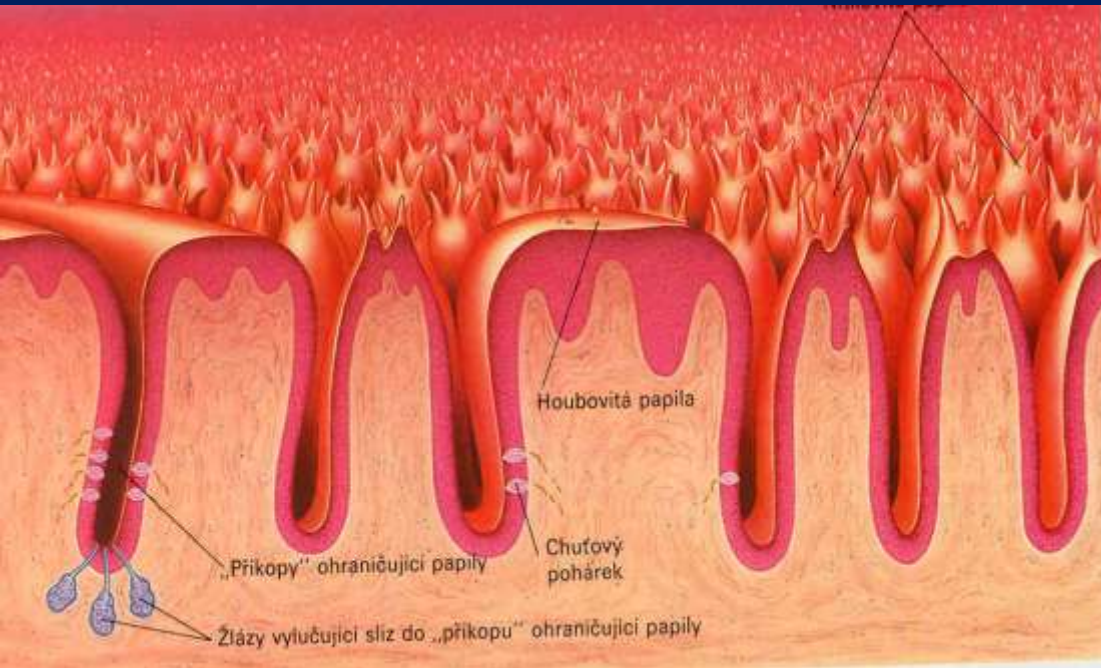
Vyzkoušené molekulární schéma

Obecná chemorecepce buněk

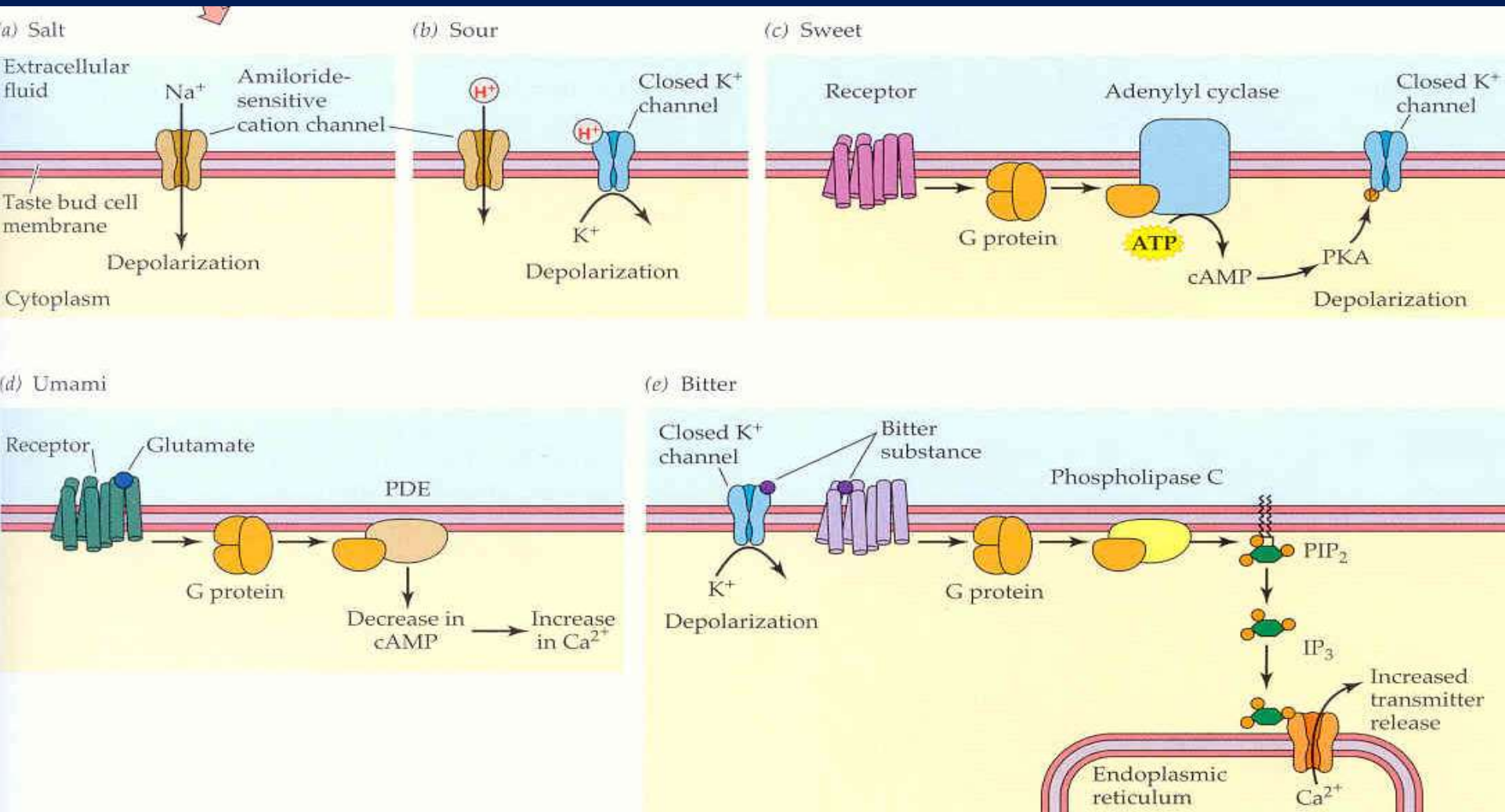
Pro smyslovou recepci musí být signál doveden na kanál



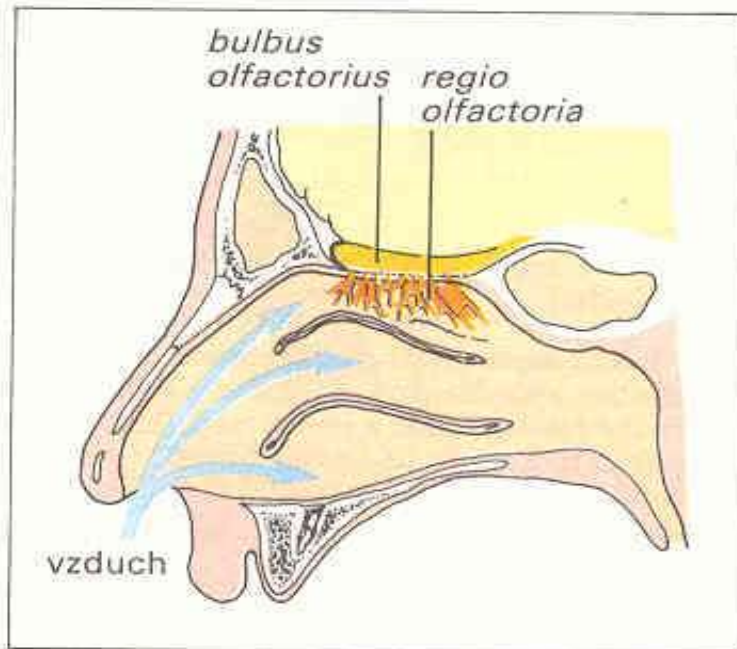
Chuť



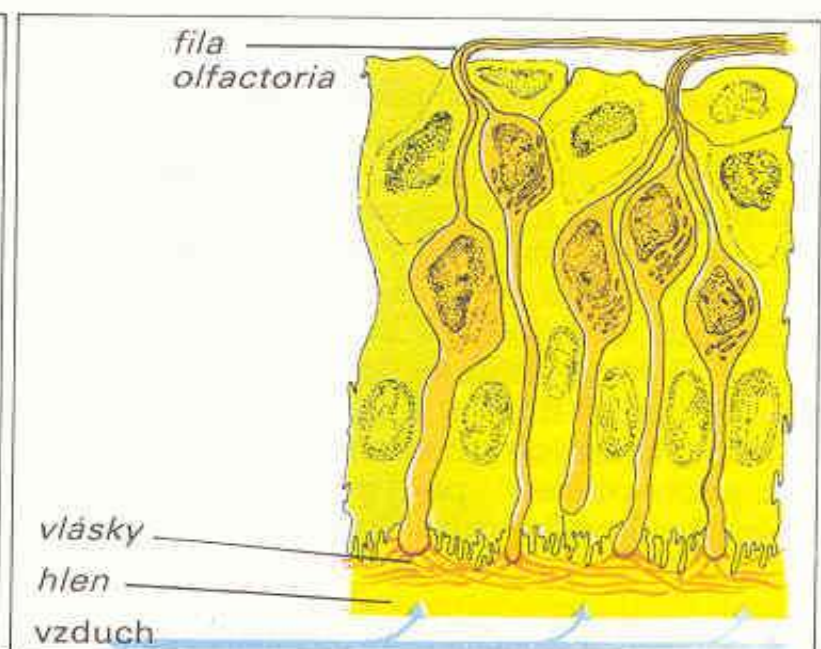
Různě složité transdukční cesty 5 základních chutí.



Čich

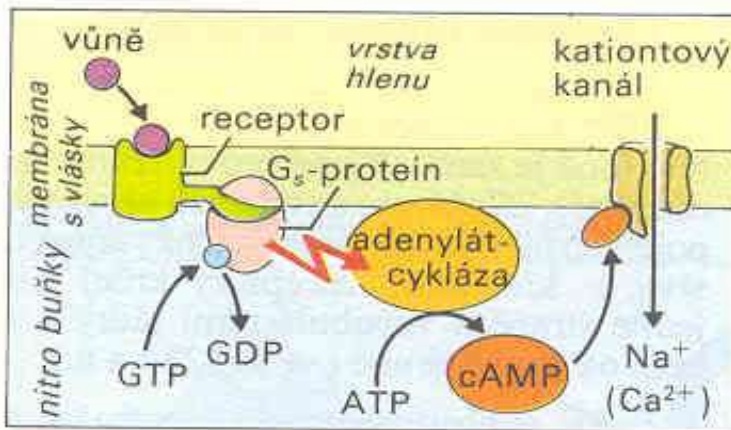


A. Nosní dutina a čichový orgán

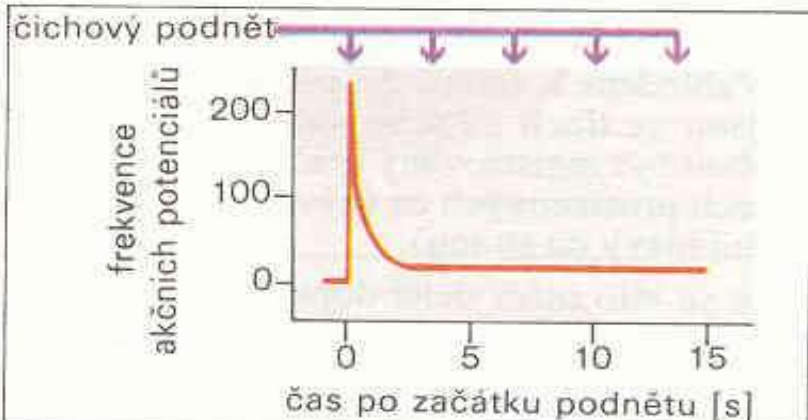


B. Čichový epitel

(podle Andrese)



C. Transdukce čichového podnětu



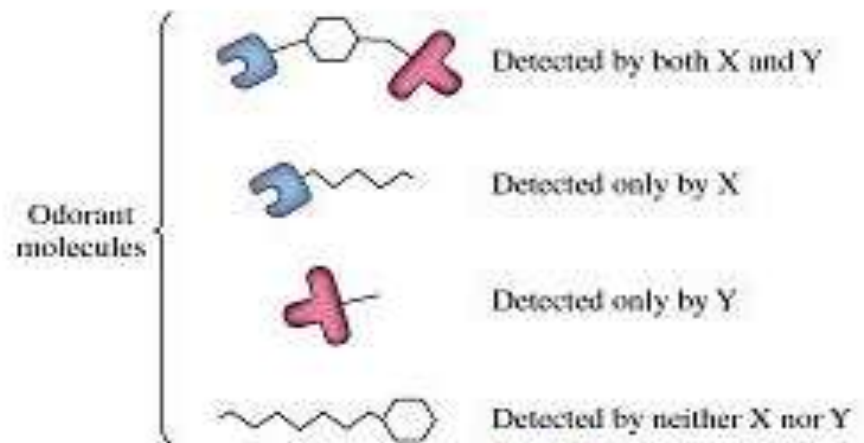
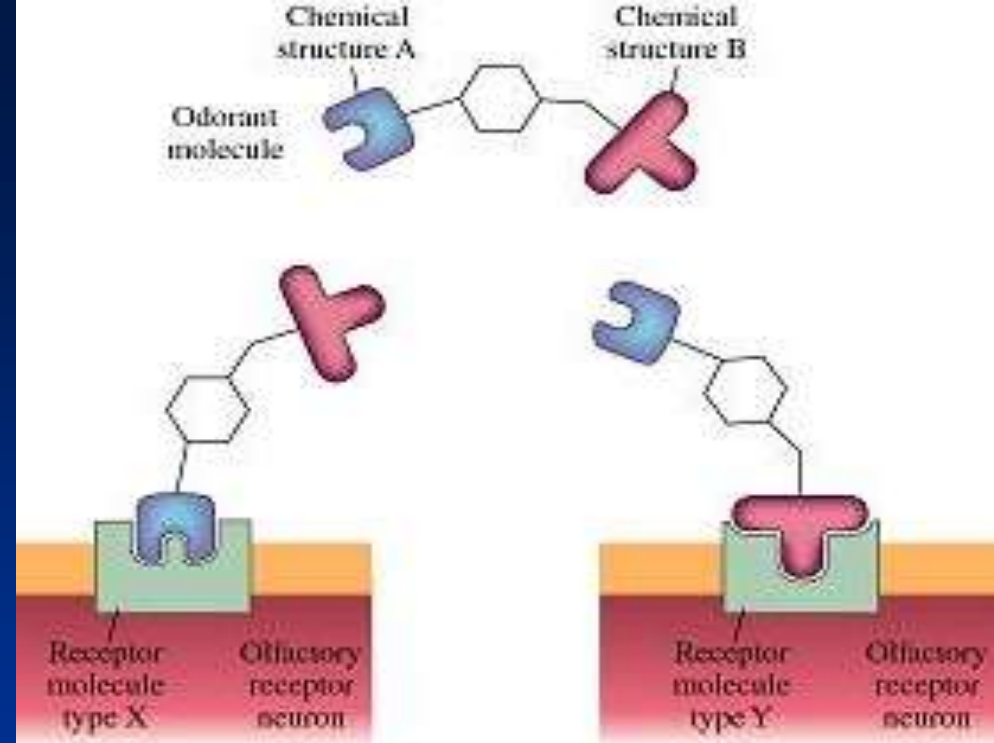
D. Adaptace čichu

Specifita srovnatelná s imunitní Cis/trans rozlišení



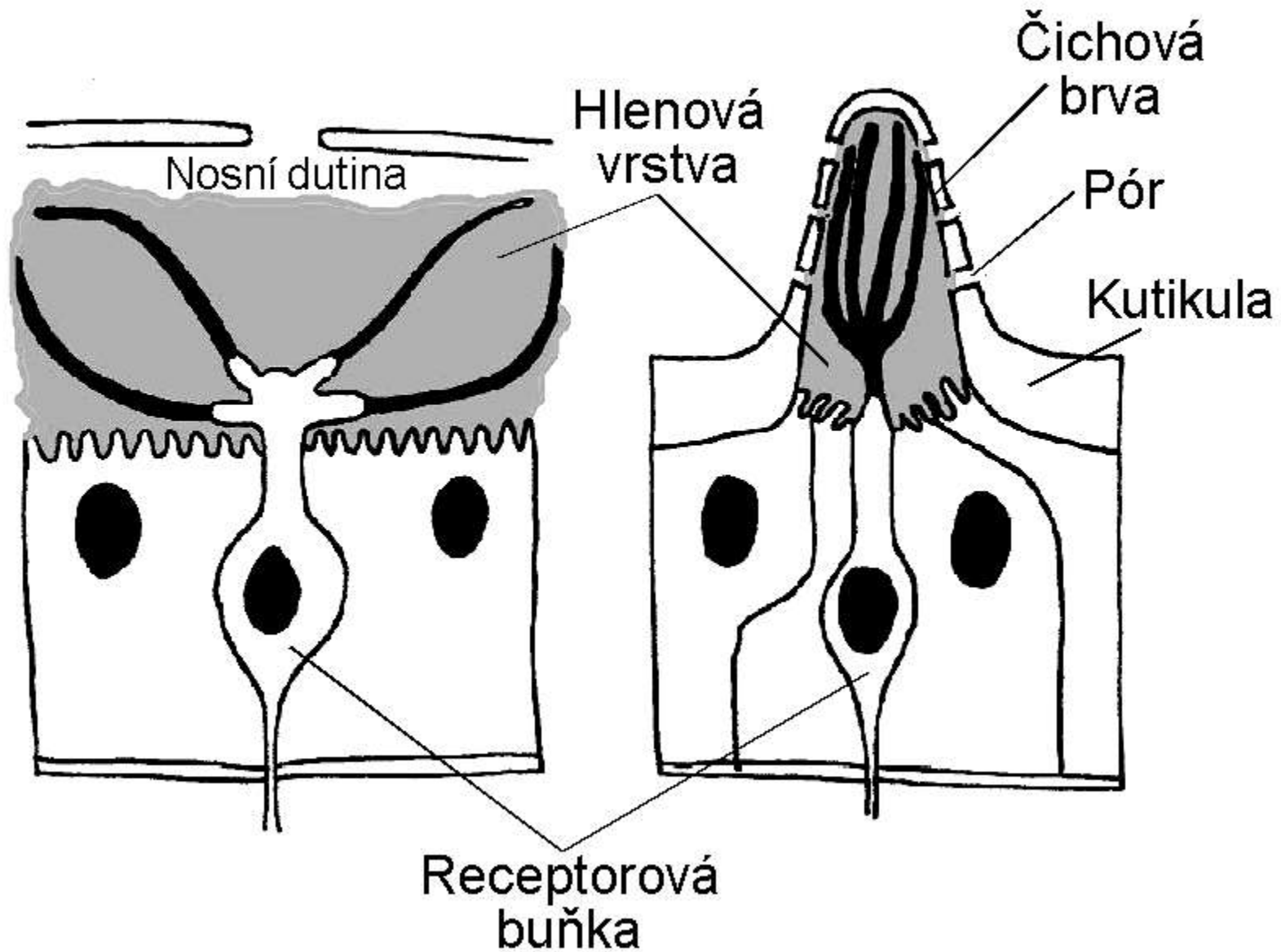
Specializace receptorů
Kombinace cca 350 receptorů člověka
3.000-100.000 vůní (?)

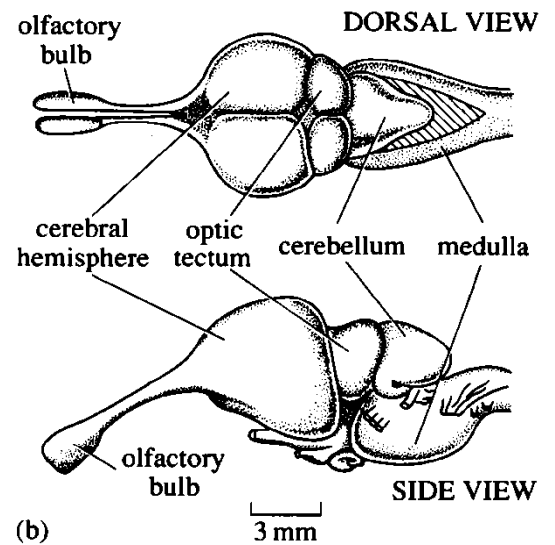
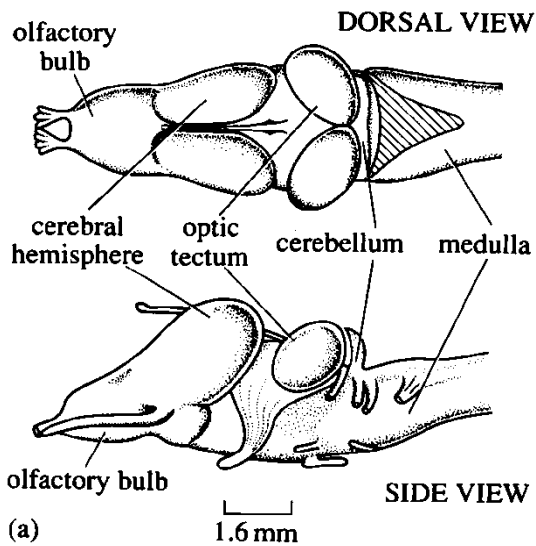
Ale: 21 MARCH 2014 VOL 343 SCIENCE
10¹² - trilion vůní



a) Savci

b) Hmyz





Čichový lalok koncového mozku

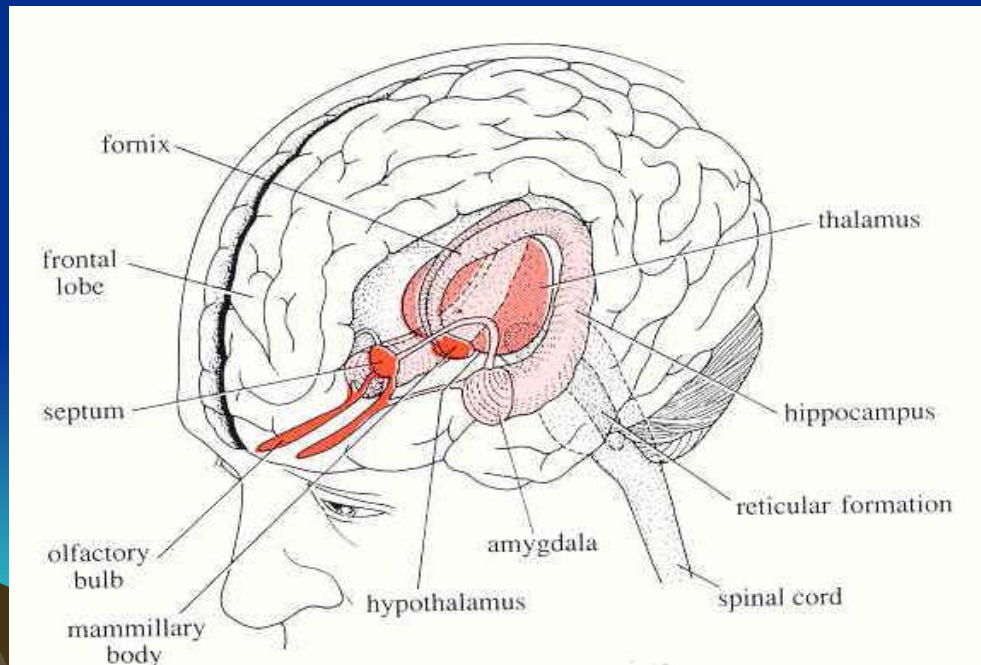


Figure 10.1 The limbic system (the main limbic system structures are shown in red)

Mapa vůní – vzorec aktivovaných glomerulů
 Konvergence neprostorového parametru
 na prostorový

savec

Drosophila

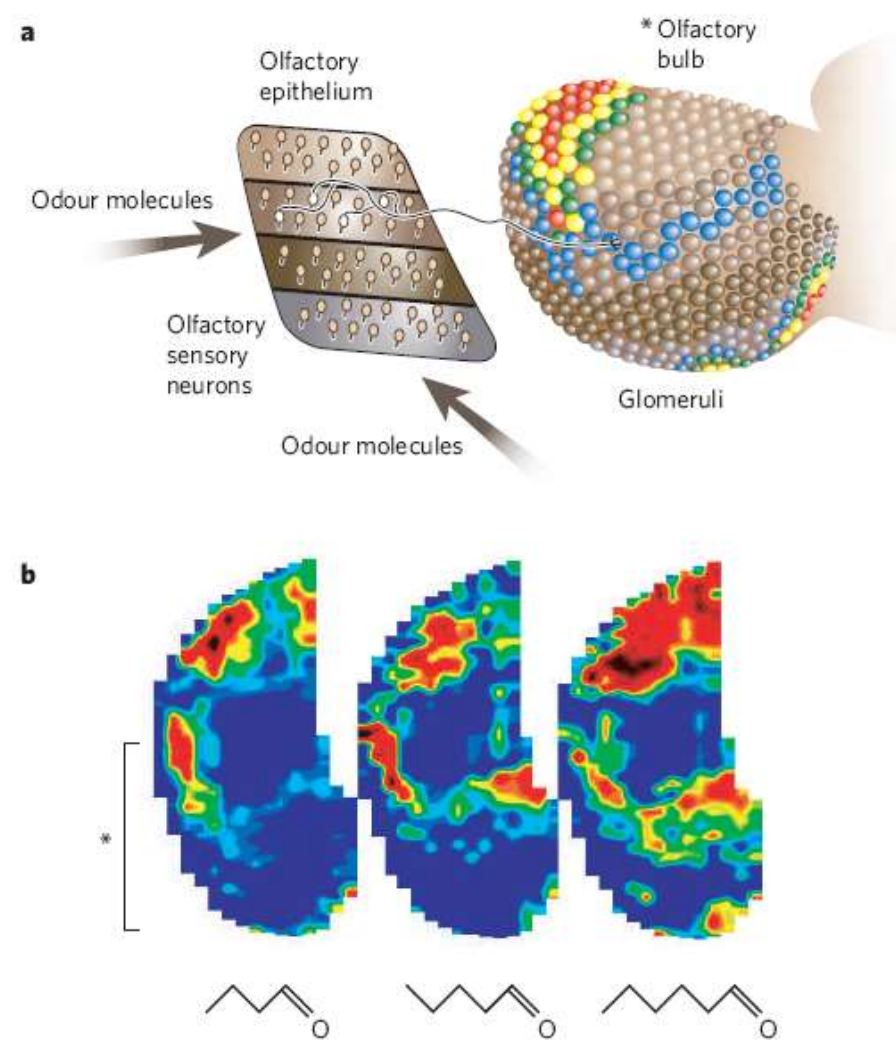
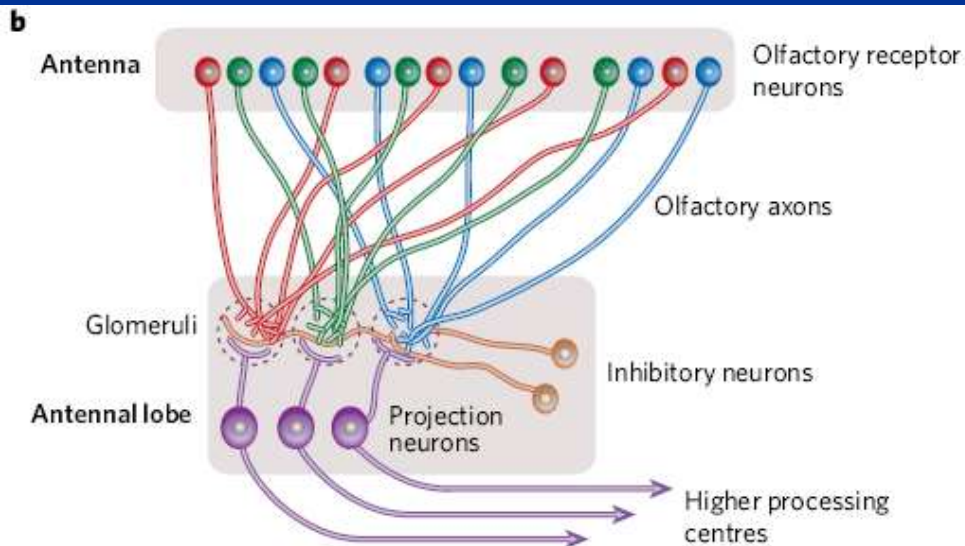


Figure 1 | Odour images in the olfactory glomerular layer. **a**, Diagram showing the relationship between the olfactory receptor cell sheet in the nose and the glomeruli of the olfactory bulb⁵³. **b**, fMRI images of the different but overlapping activity patterns seen in the glomerular layer of the 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

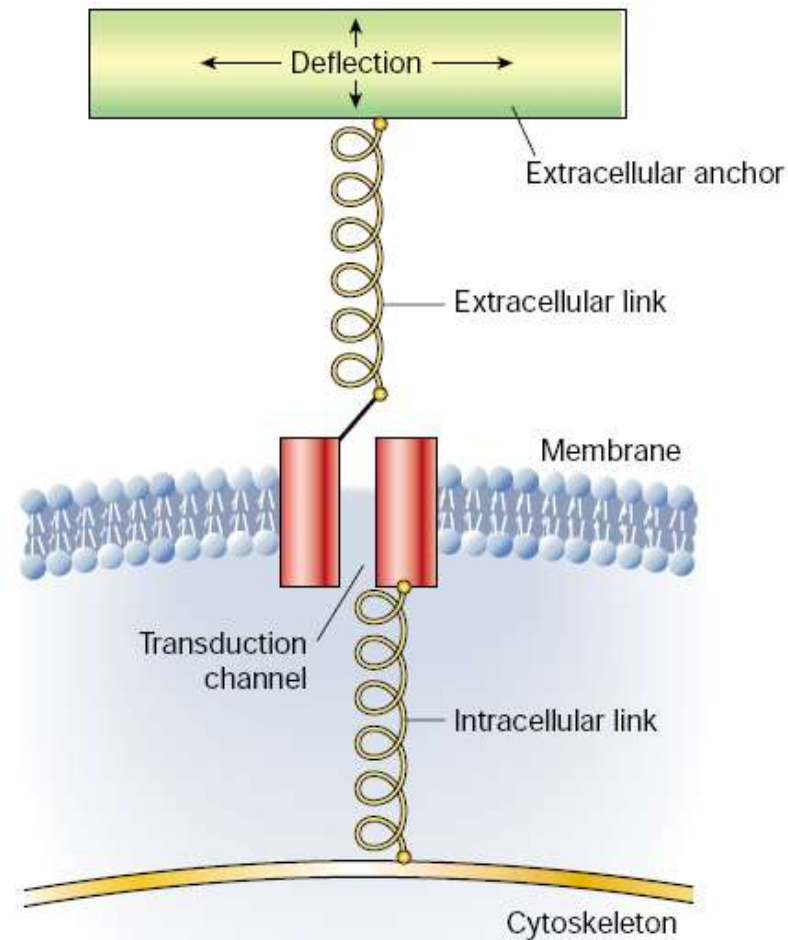


Figure 1 General features of mechanosensory transduction. A transduction channel is anchored by intracellular and extracellular anchors to the cytoskeleton and to an extracellular structure to which forces are applied. The transduction channel responds to tension in the system, which is increased by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

Somatosensorické vnímání

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

Thermoreceptors

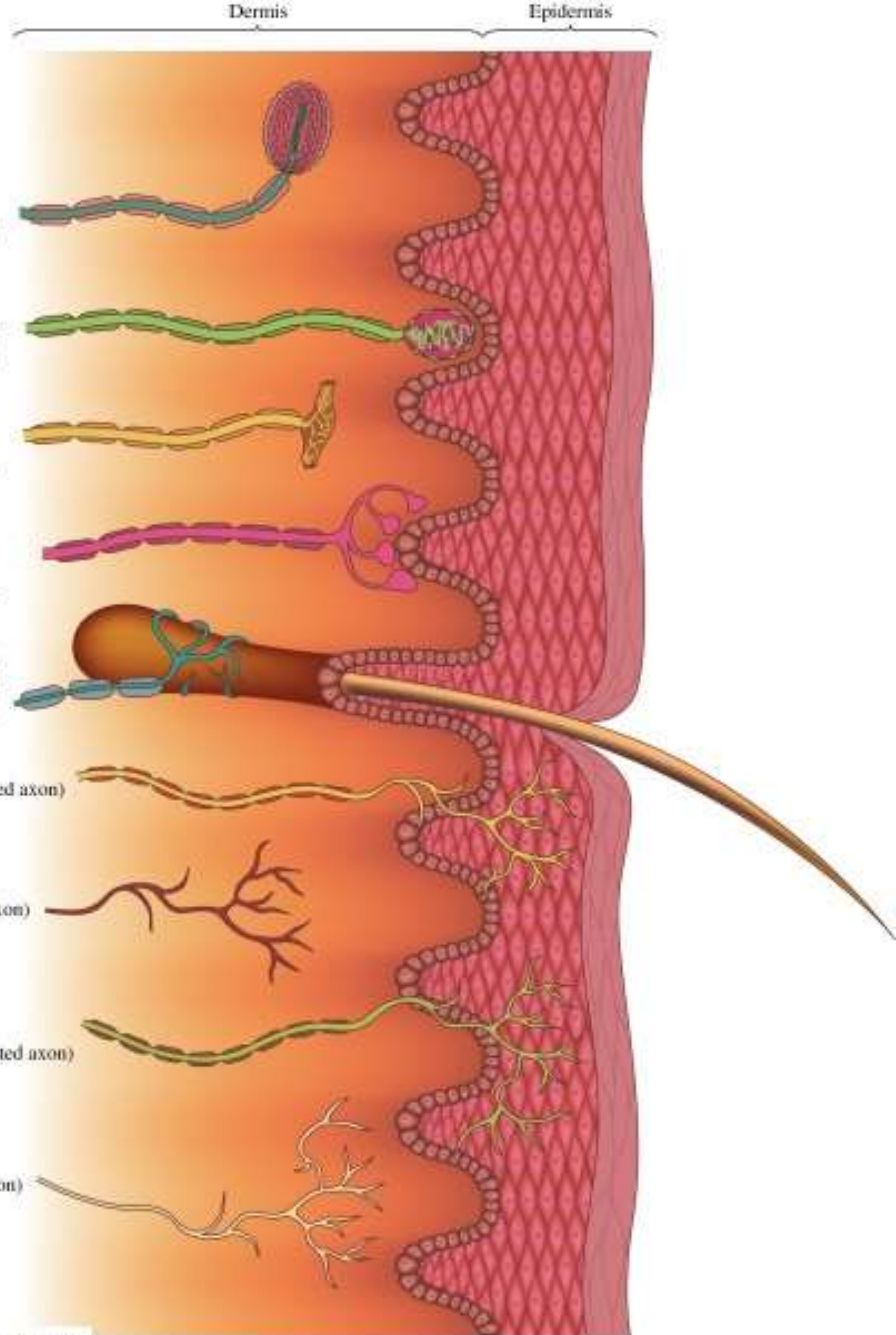
Cold (smaller myelinated axon)

Warm (unmyelinated axon)

Nociceptors

Rapid (smaller myelinated axon)

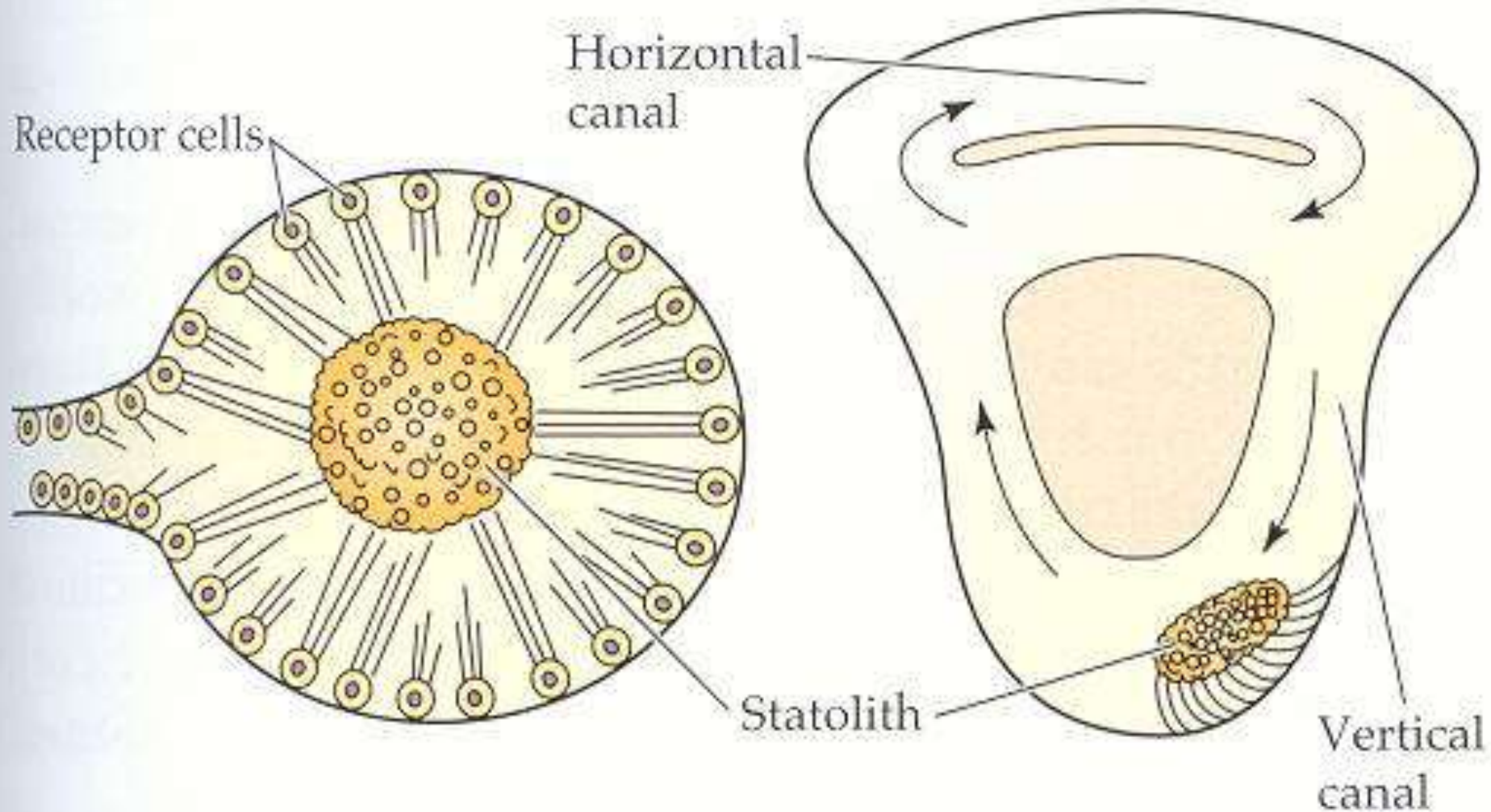
Slow (unmyelinated axon)



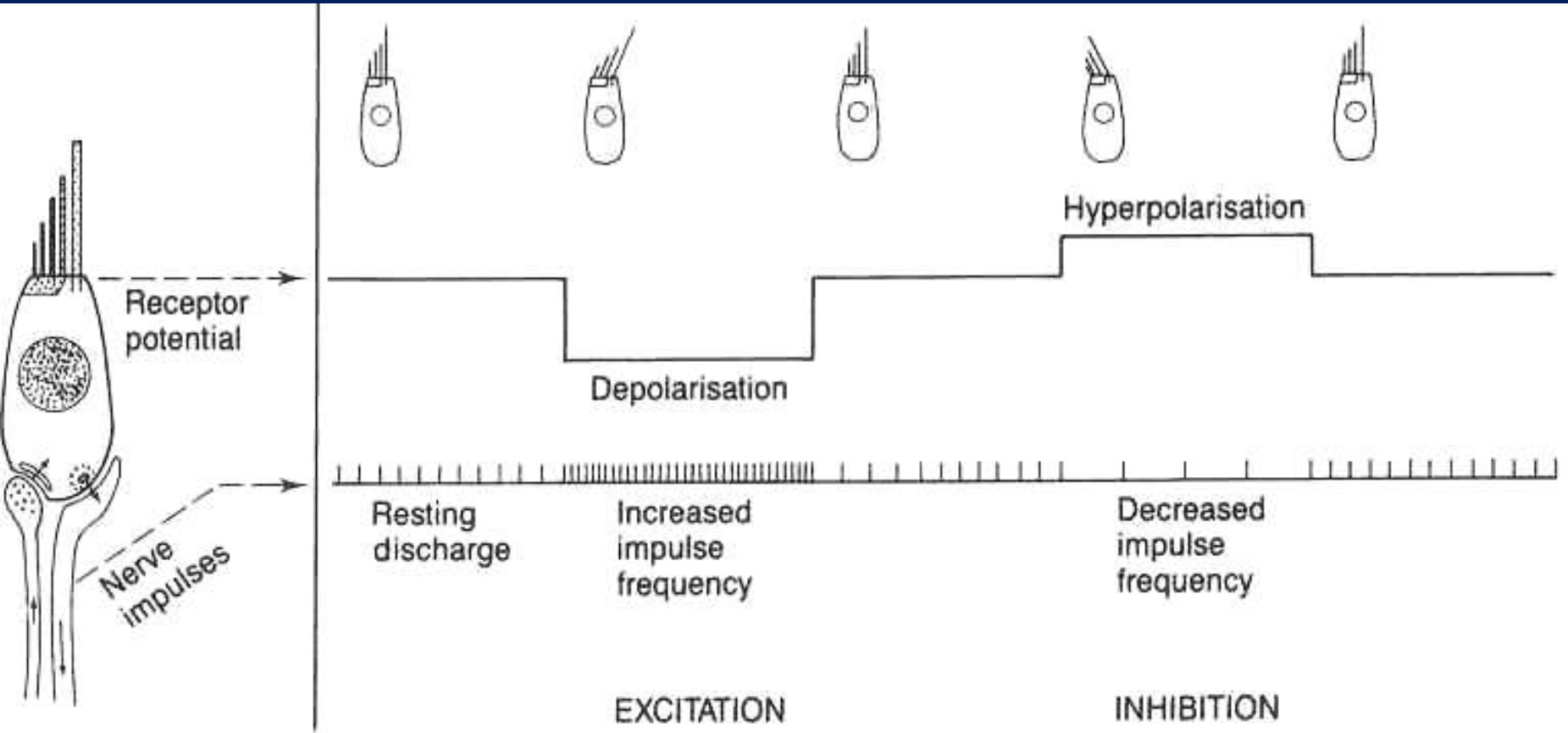
Smysl pro rovnováhu – Statocysta nebo kanálek

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

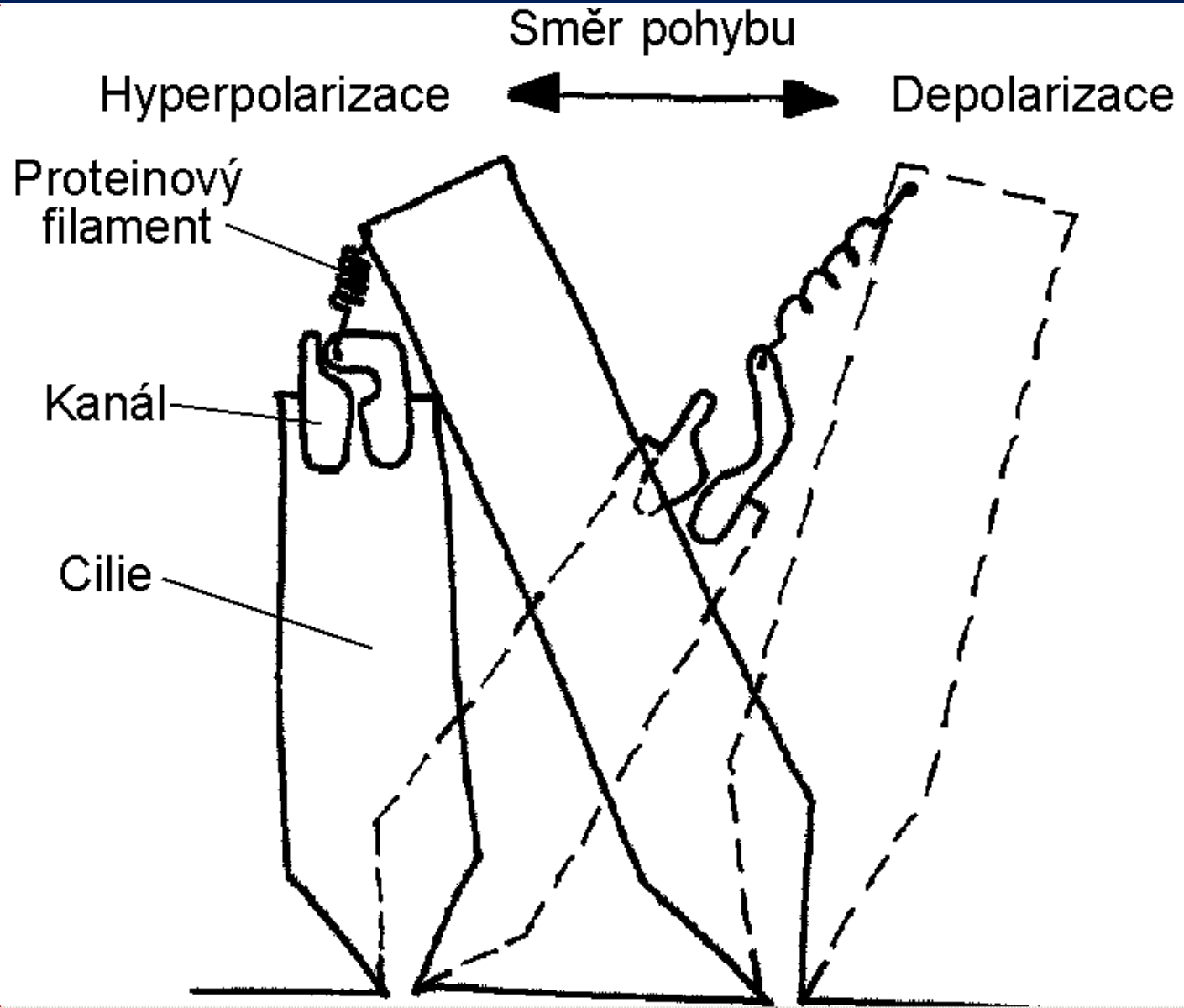
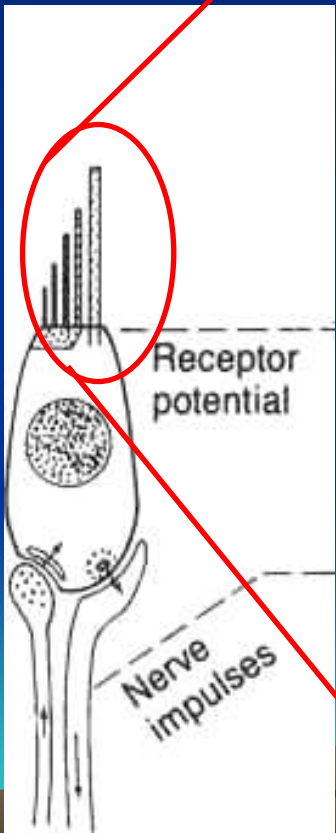
(b) Statocyst of a crab



Vlásková buňka – specialista na jemný pohyb

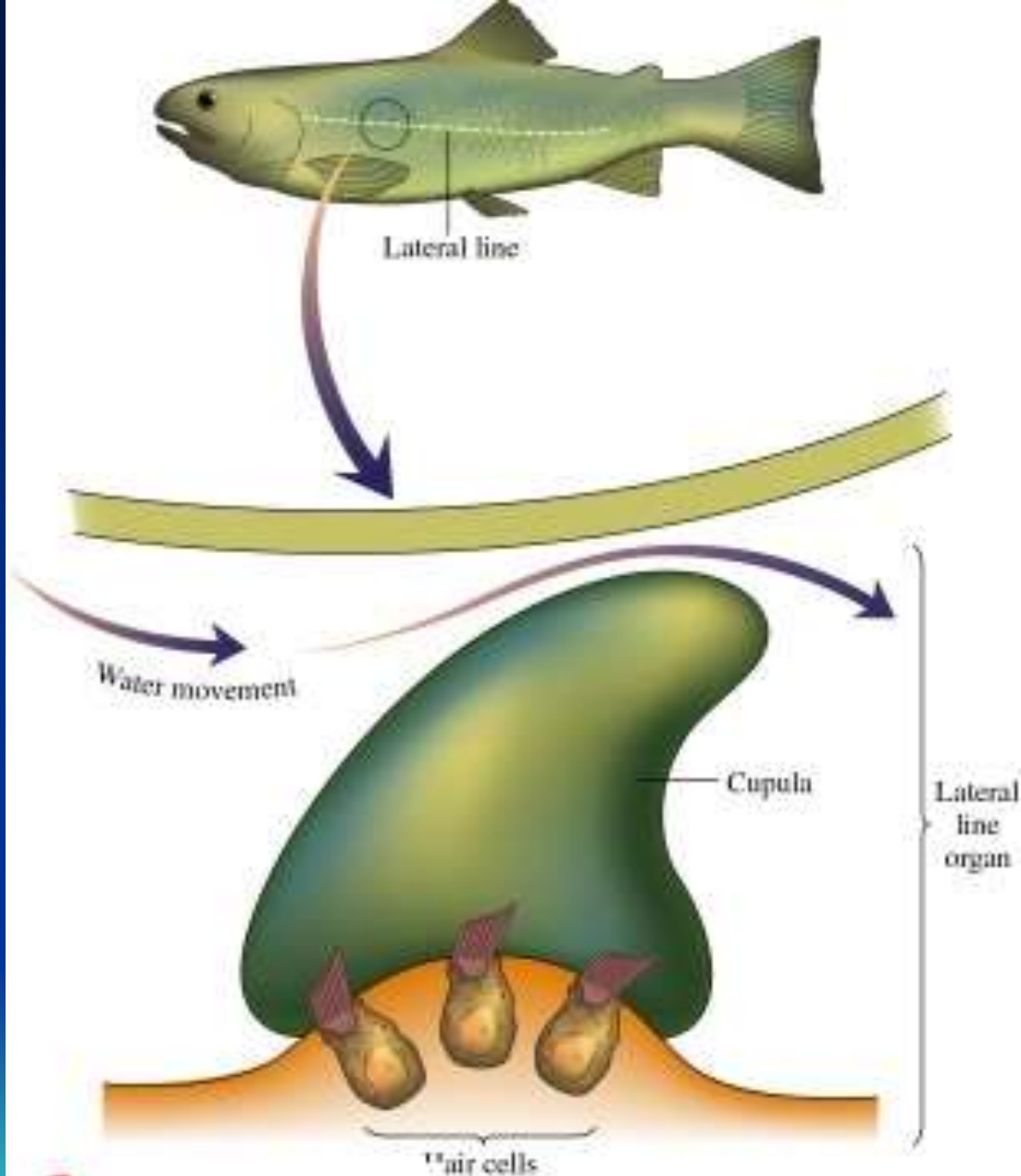


Vlášková buňka – specialista na jemný pohyb

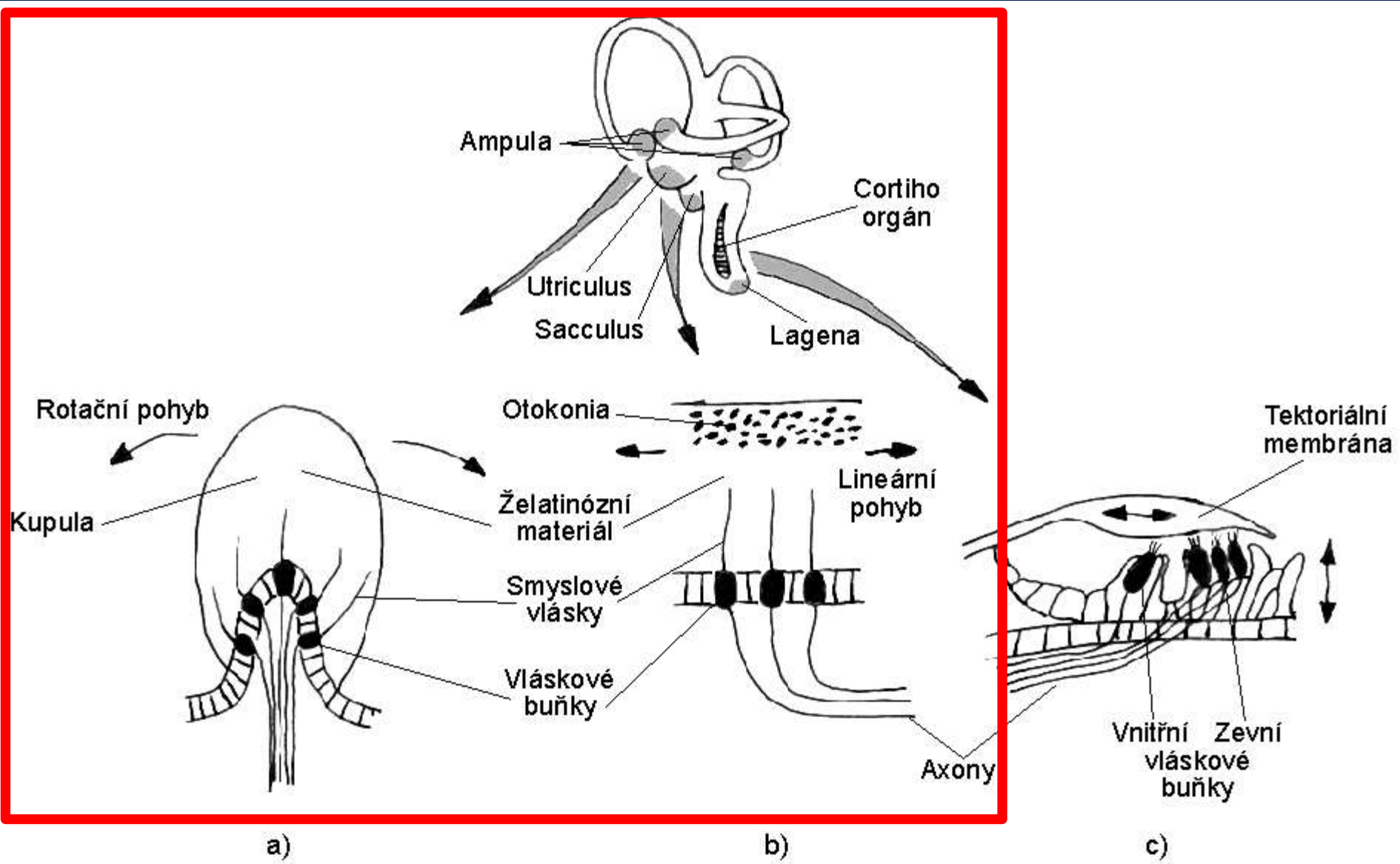


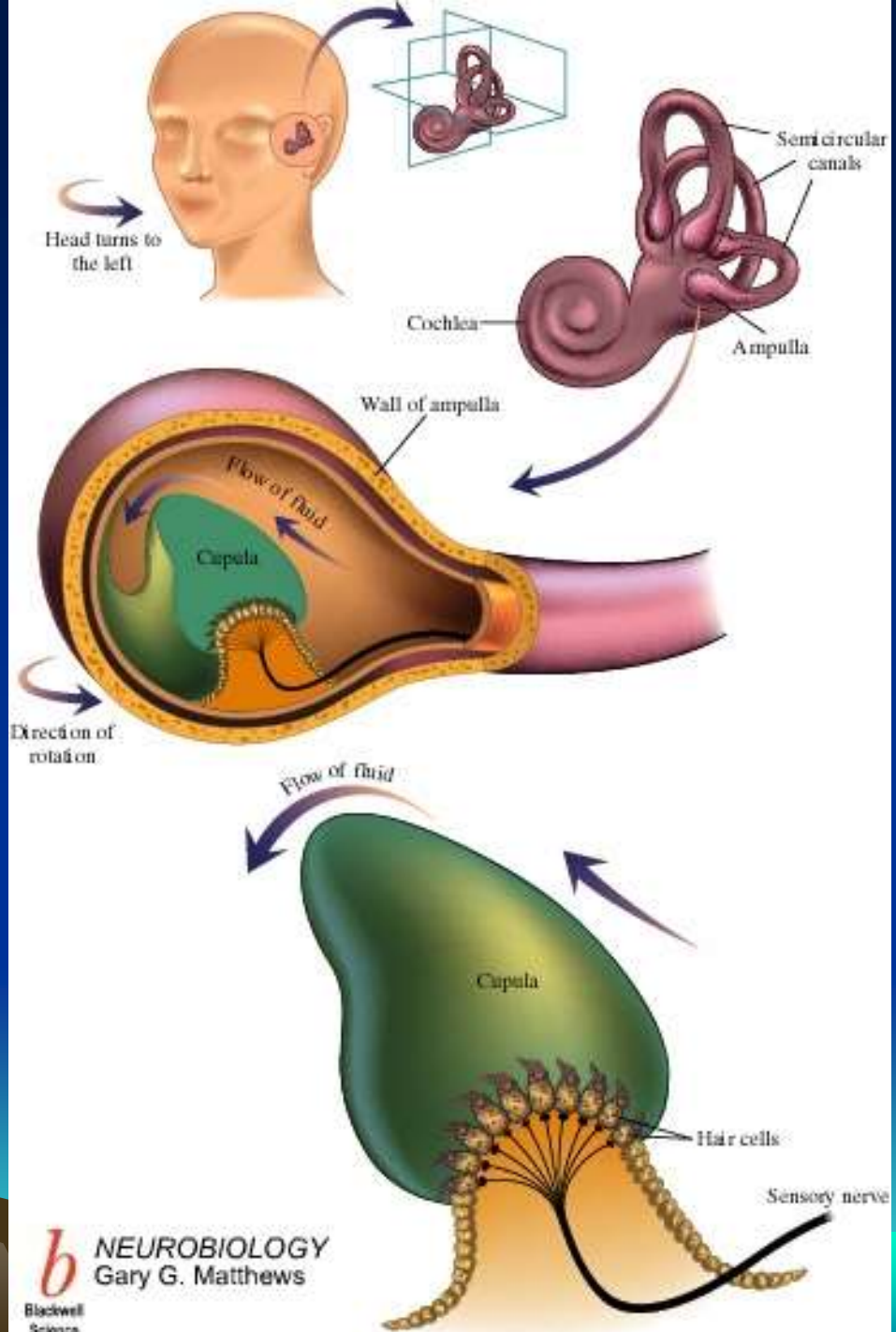
Proudový smysl -
Kanálek přepažený
kupulou s receptory

Ryba animace



Vestibulární aparát a sluchový orgán





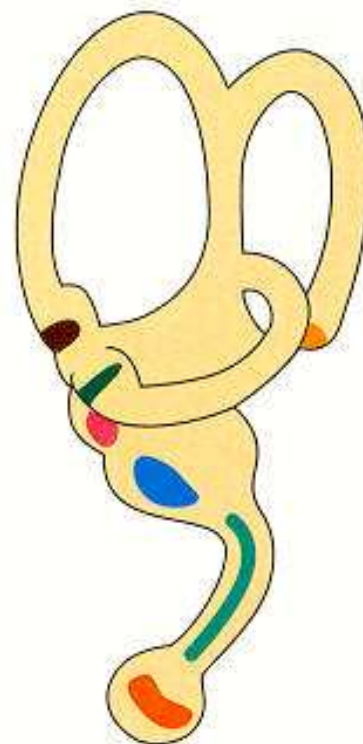
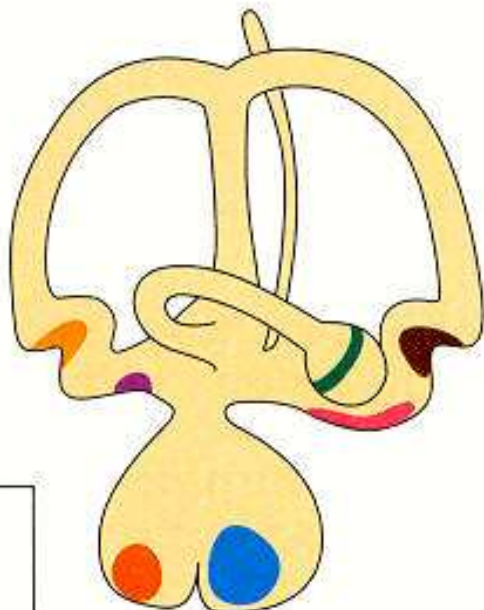
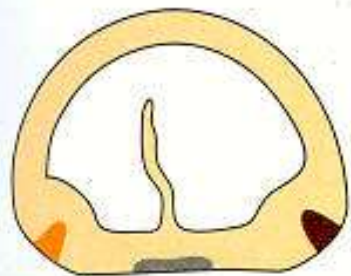
Evoluce smyslových polí tvořených vláskovými buňkami.

Fish (Myxine)

Frog

Bird

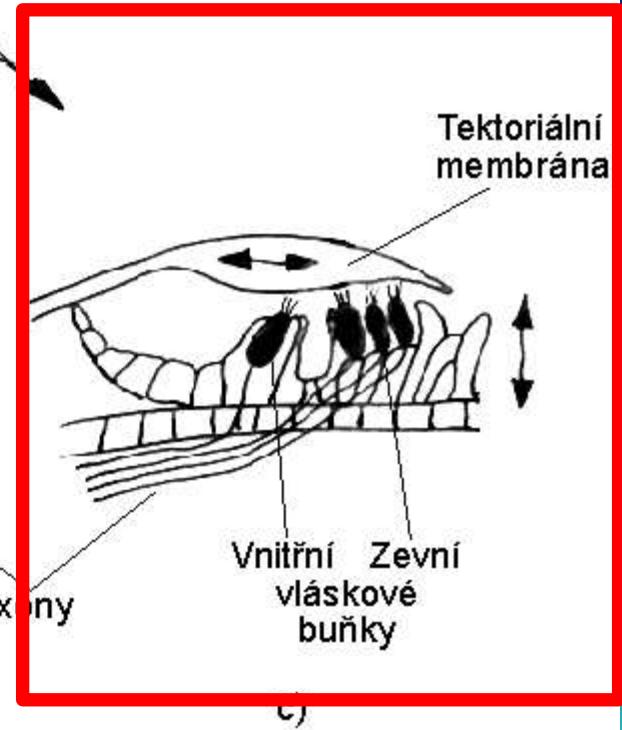
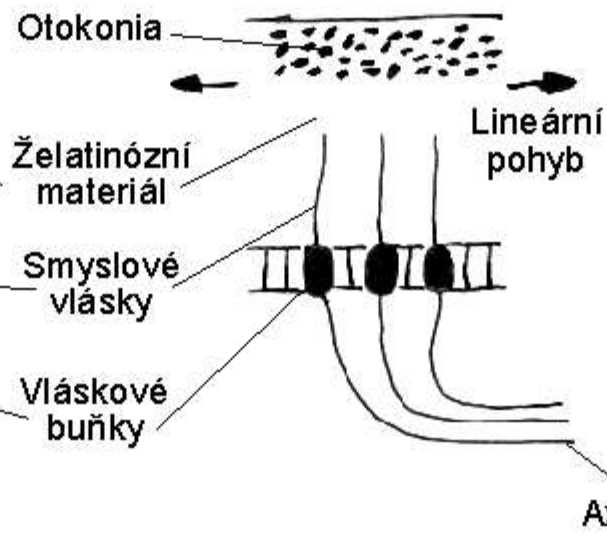
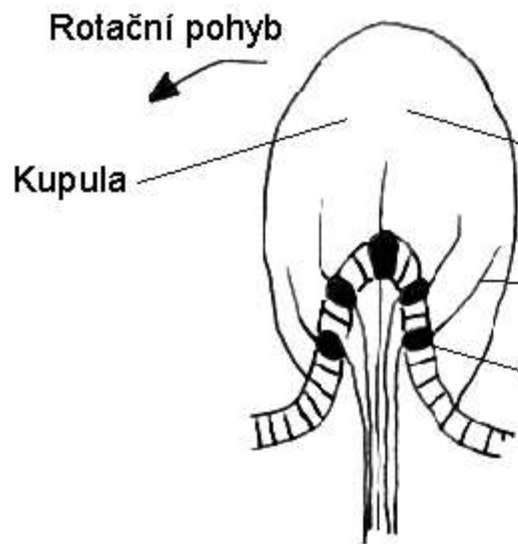
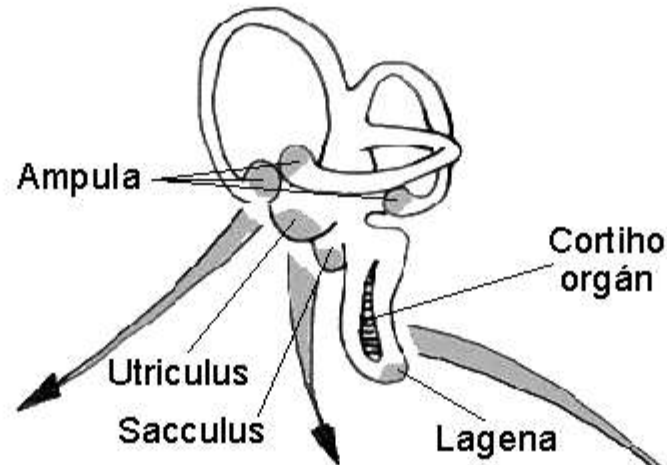
Mammal



KEY

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

Sluchový orgán

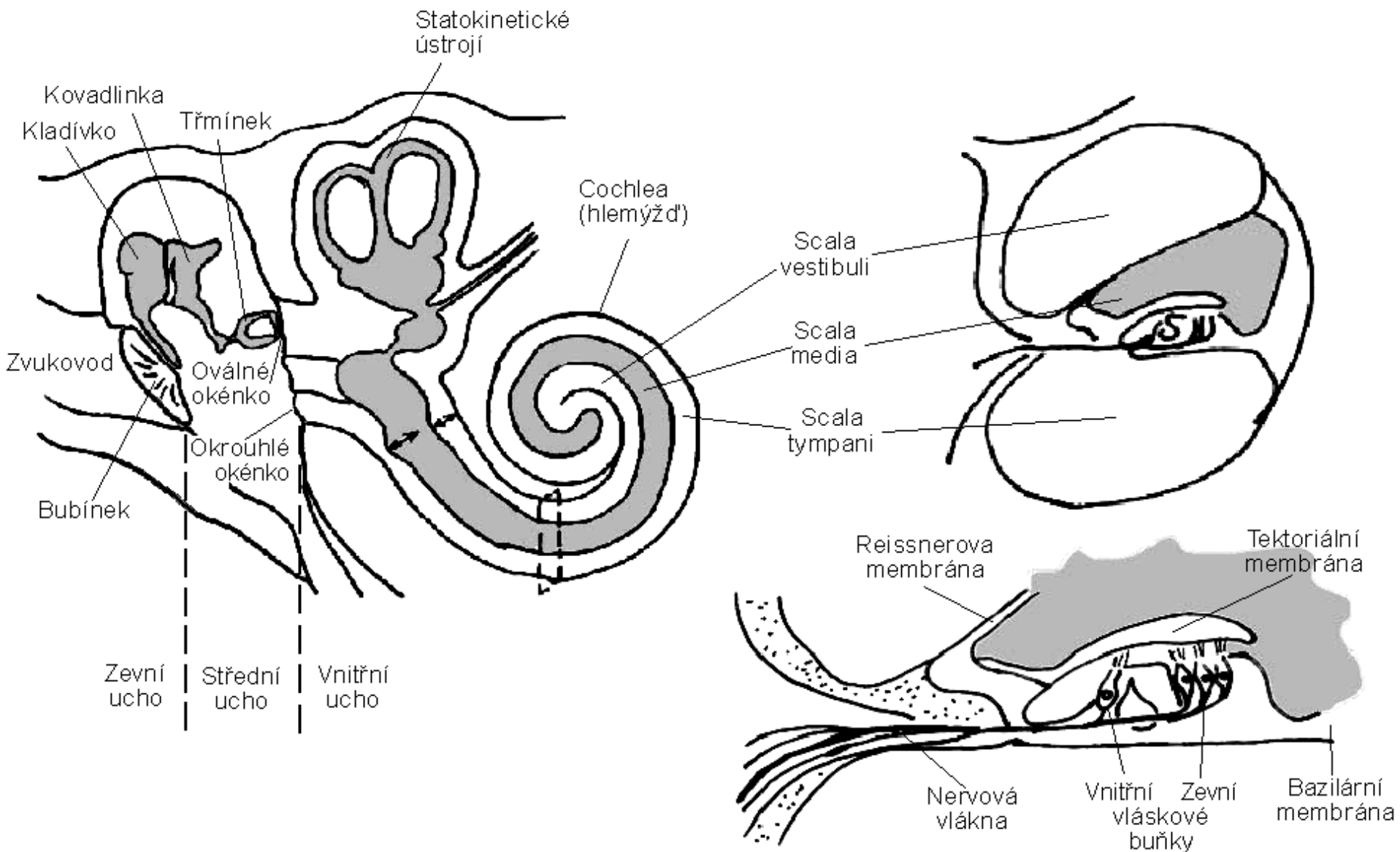


a)

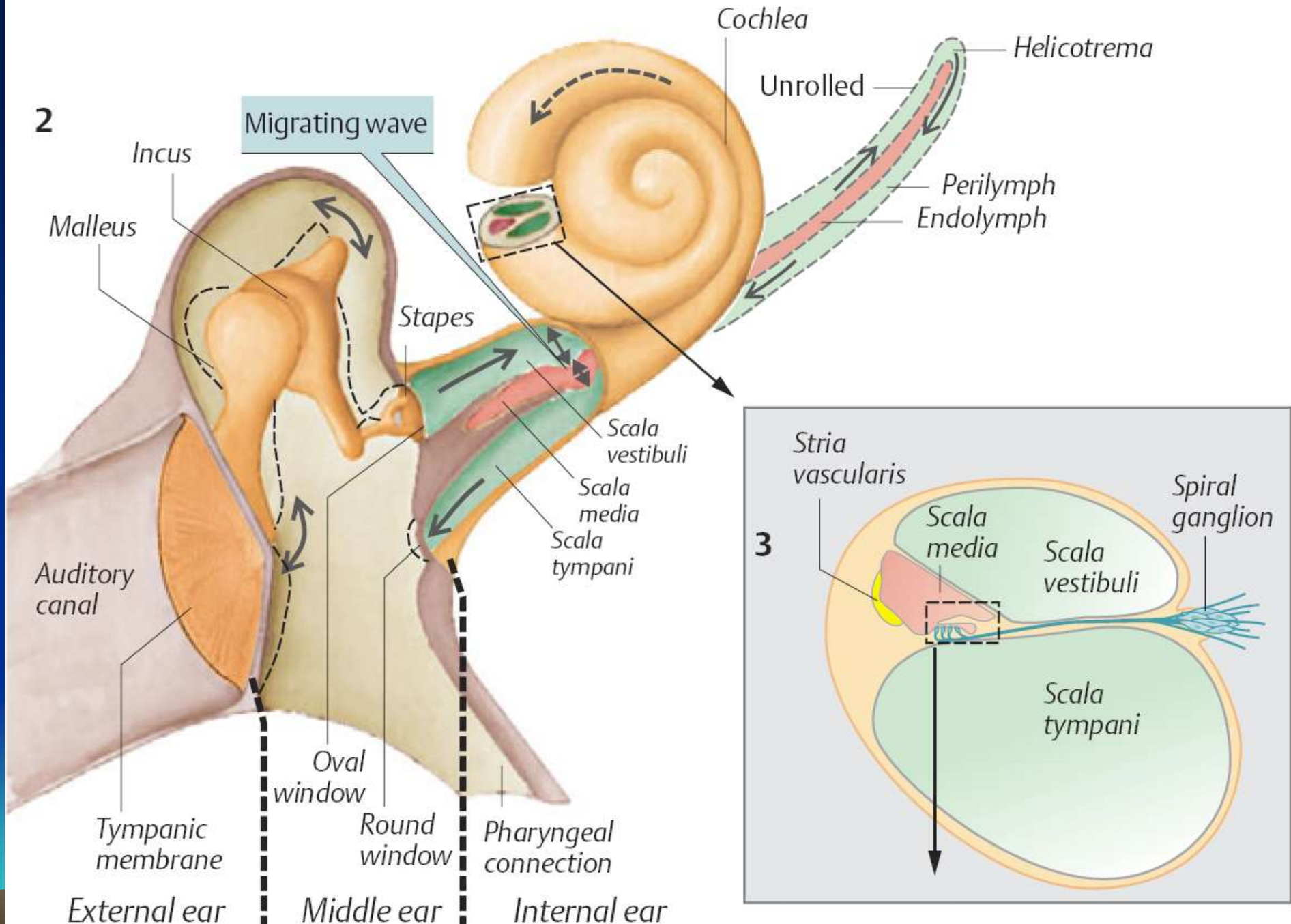
b)

c)

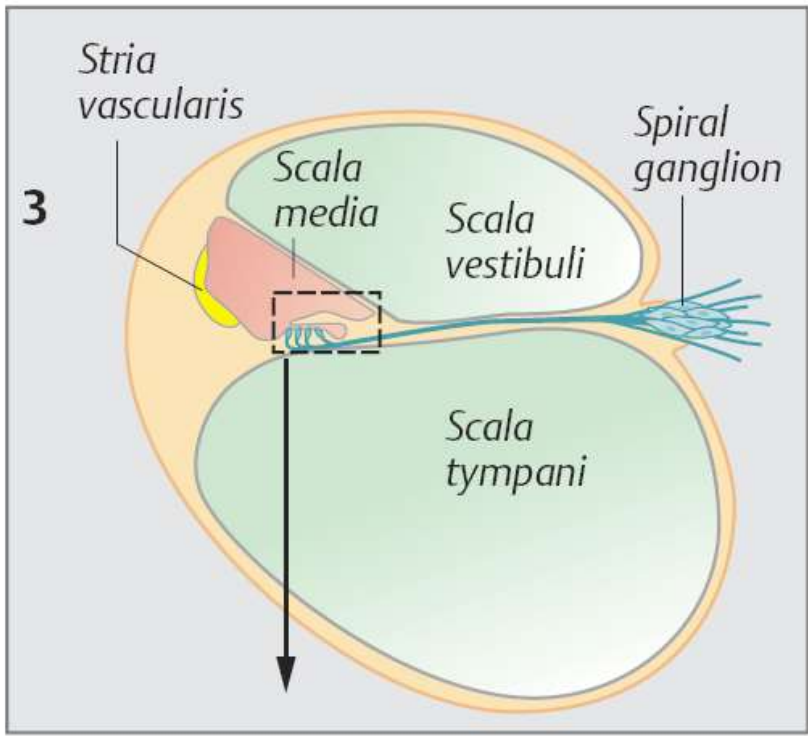
Sluchový aparát savců



2



3

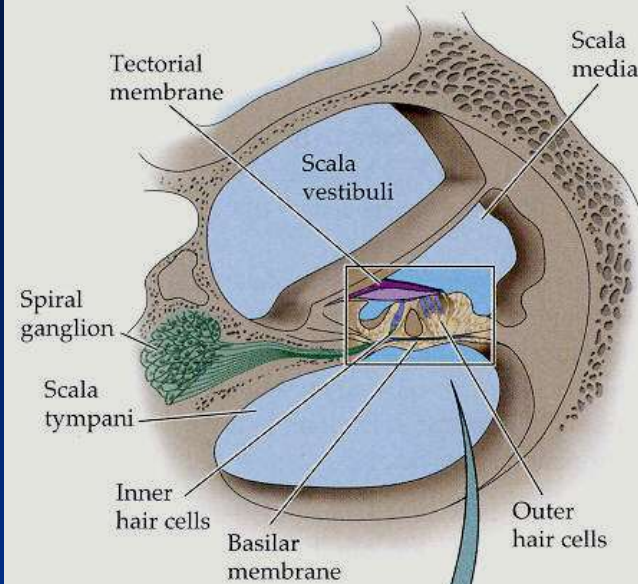


Sluchový aparát savců Vnitřní ucho

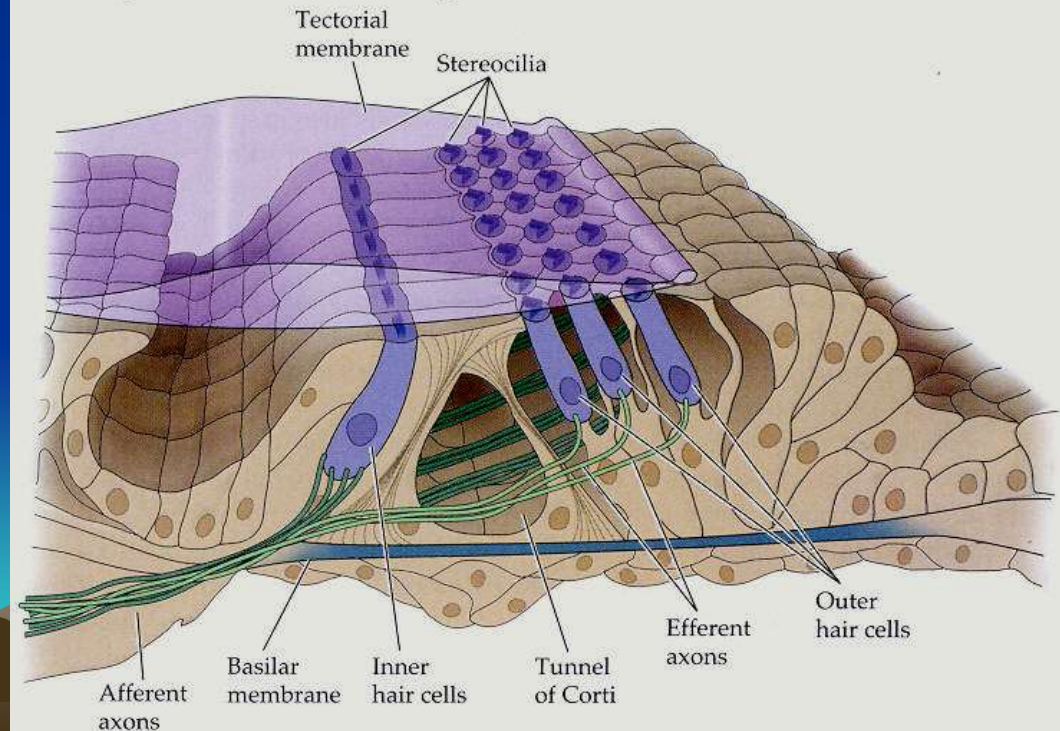
[Animace ear.](http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120108/bio_e.swf)

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

(a) A cross section through the cochlea



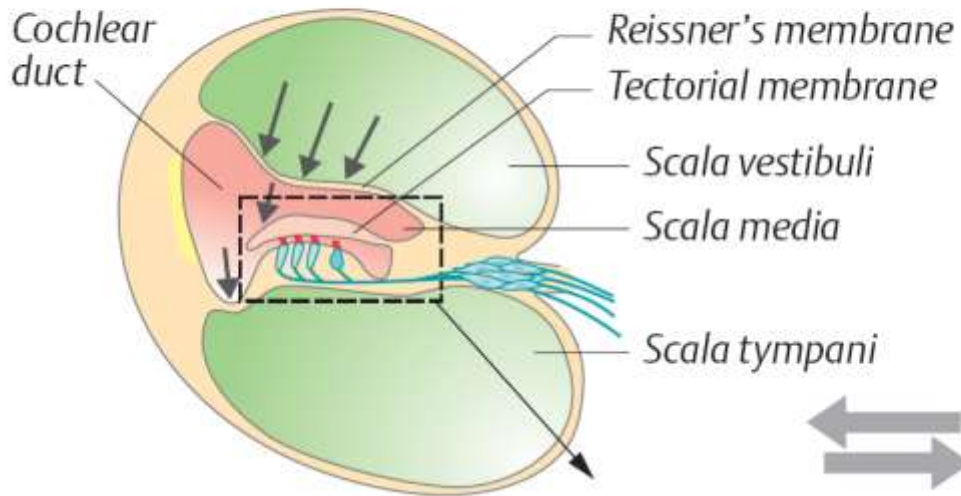
(b) The organ of Corti



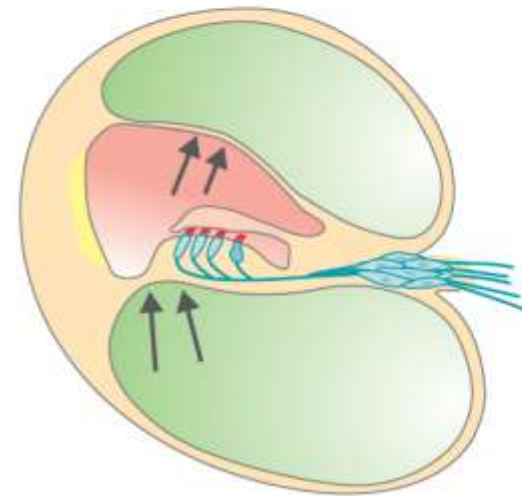
Zvukové vlny způsobí posuny tektonální a basilární membrány a tím i ohýbání vlásků.

D. Stimulation of hair cells by membrane deformation

1

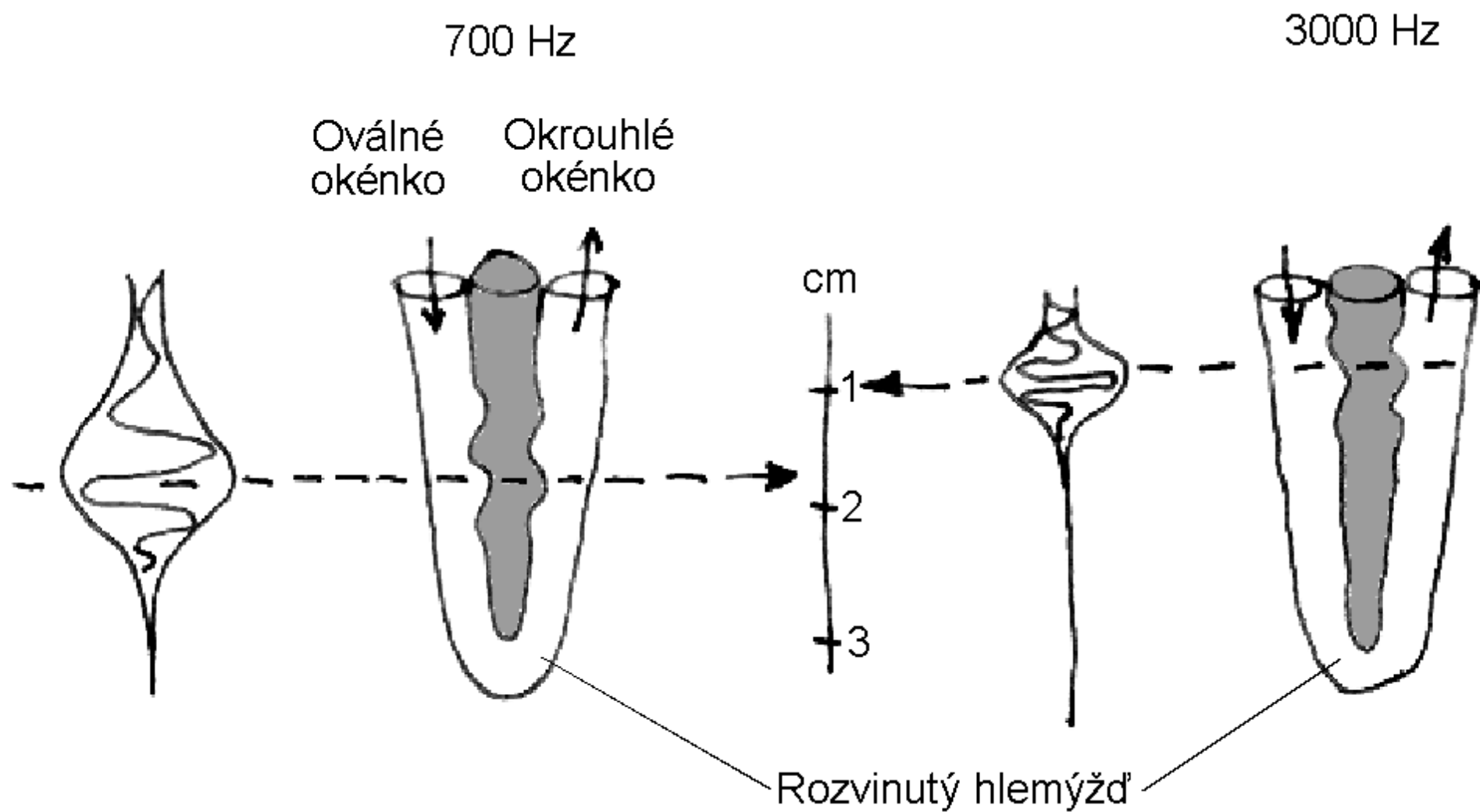


2

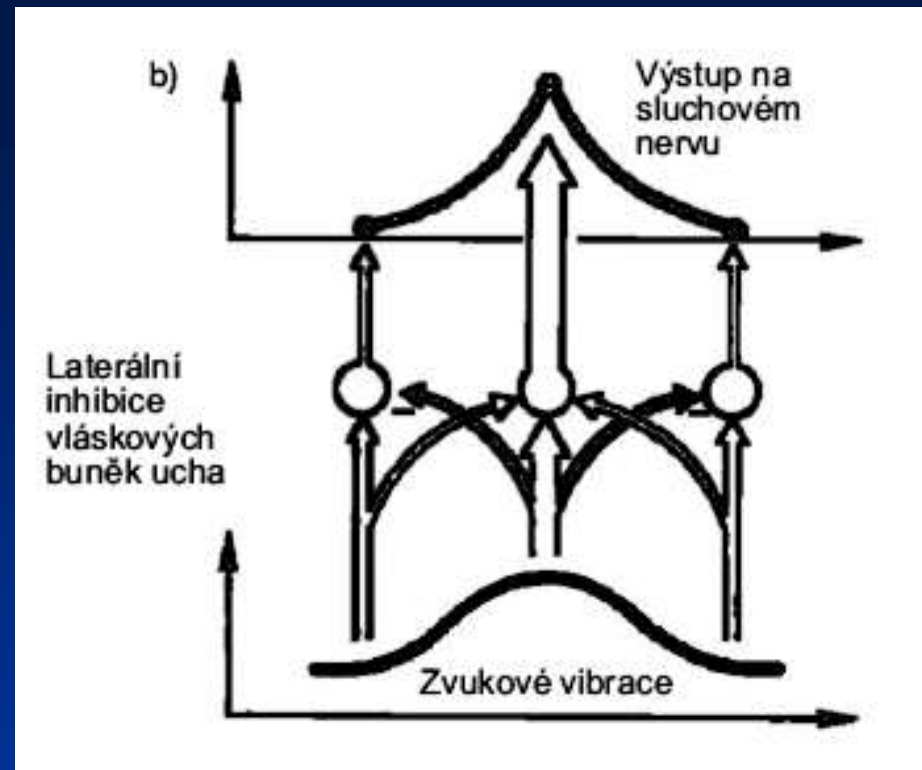
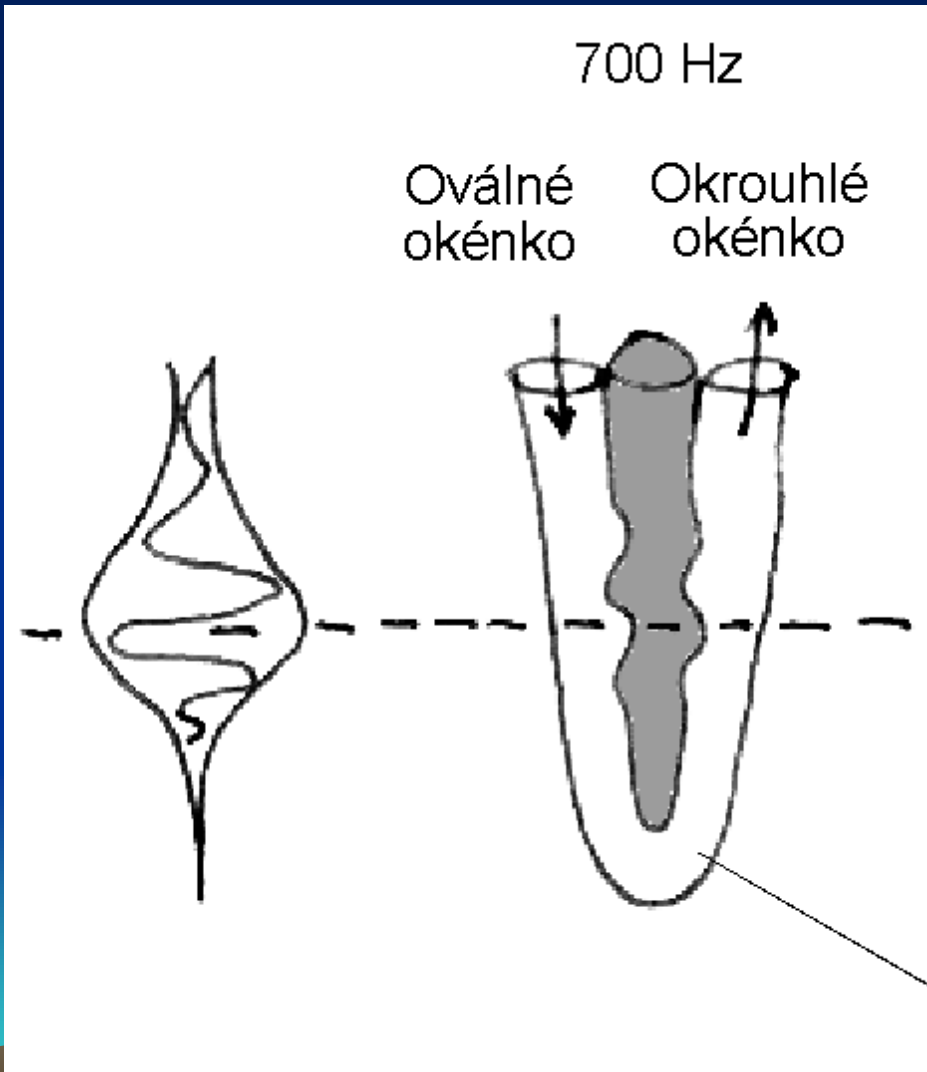


Tektonální membrána - animace

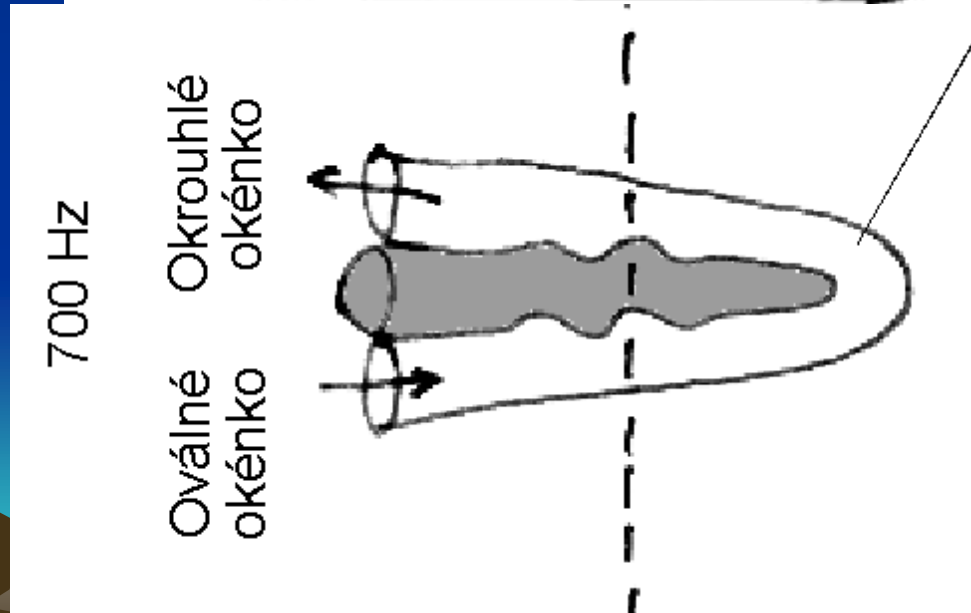
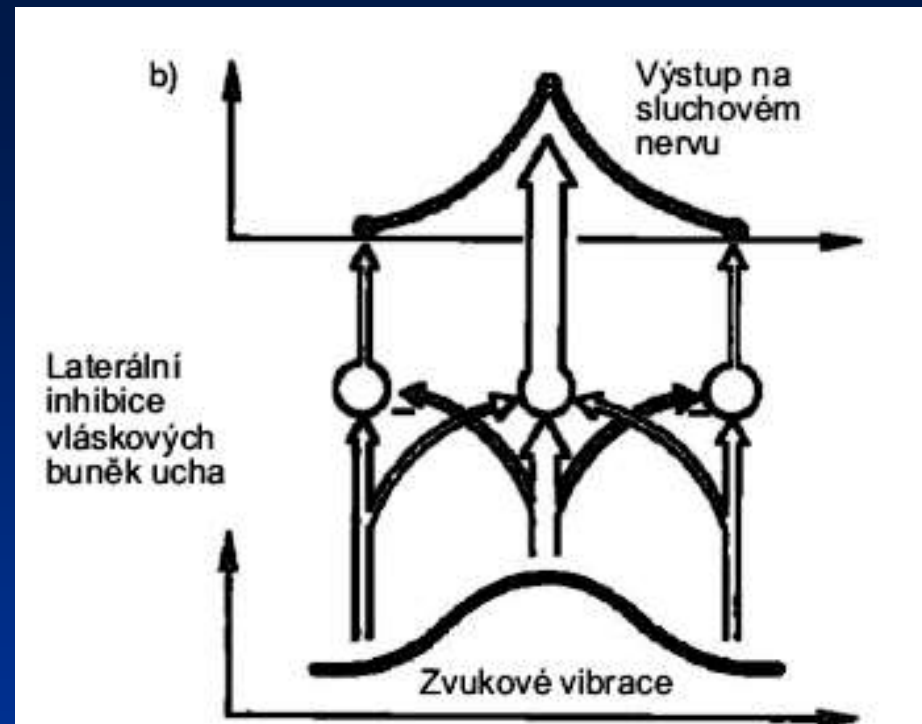
Výška tónu se promítá do prostorově lokalizovaného maxima.



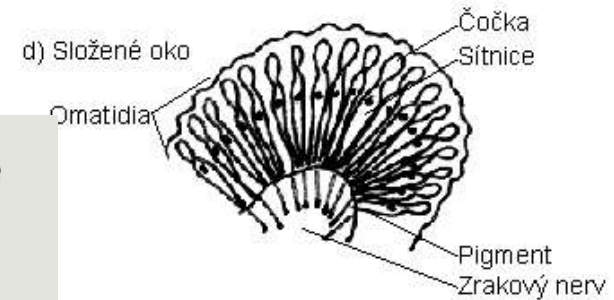
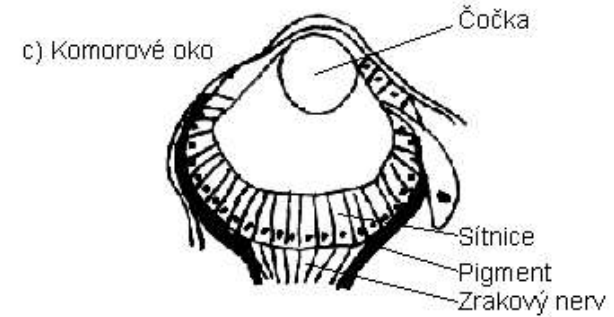
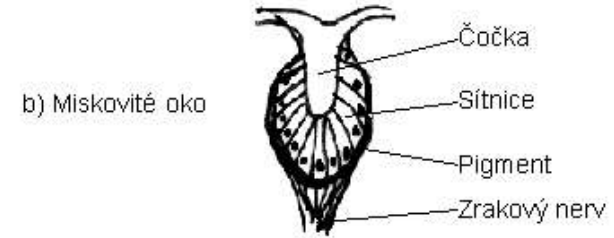
Vyostření maxima – laterální inhibice



Vyostření maxima – laterální inhibice



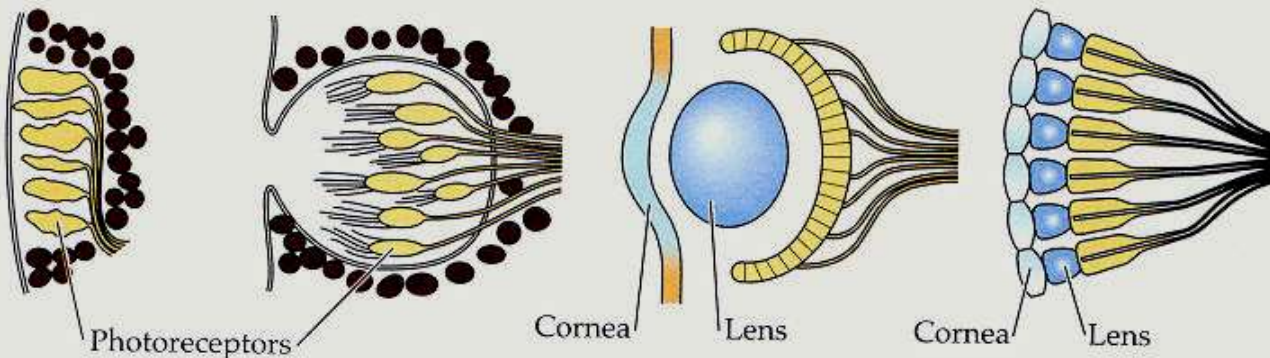
Fotorecepce

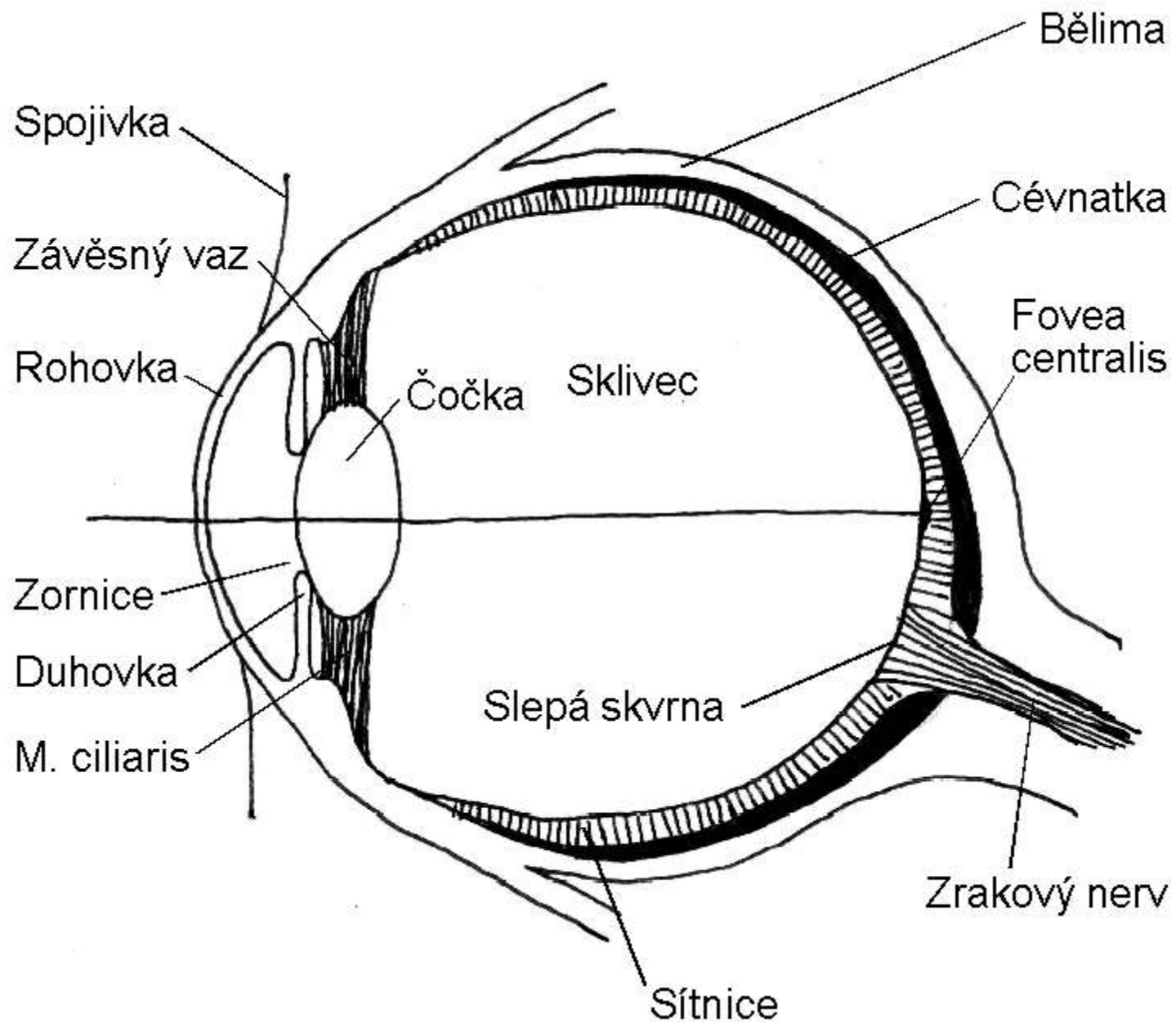


(a) Retinal plate (b) Eyecup

(c) Camera eye

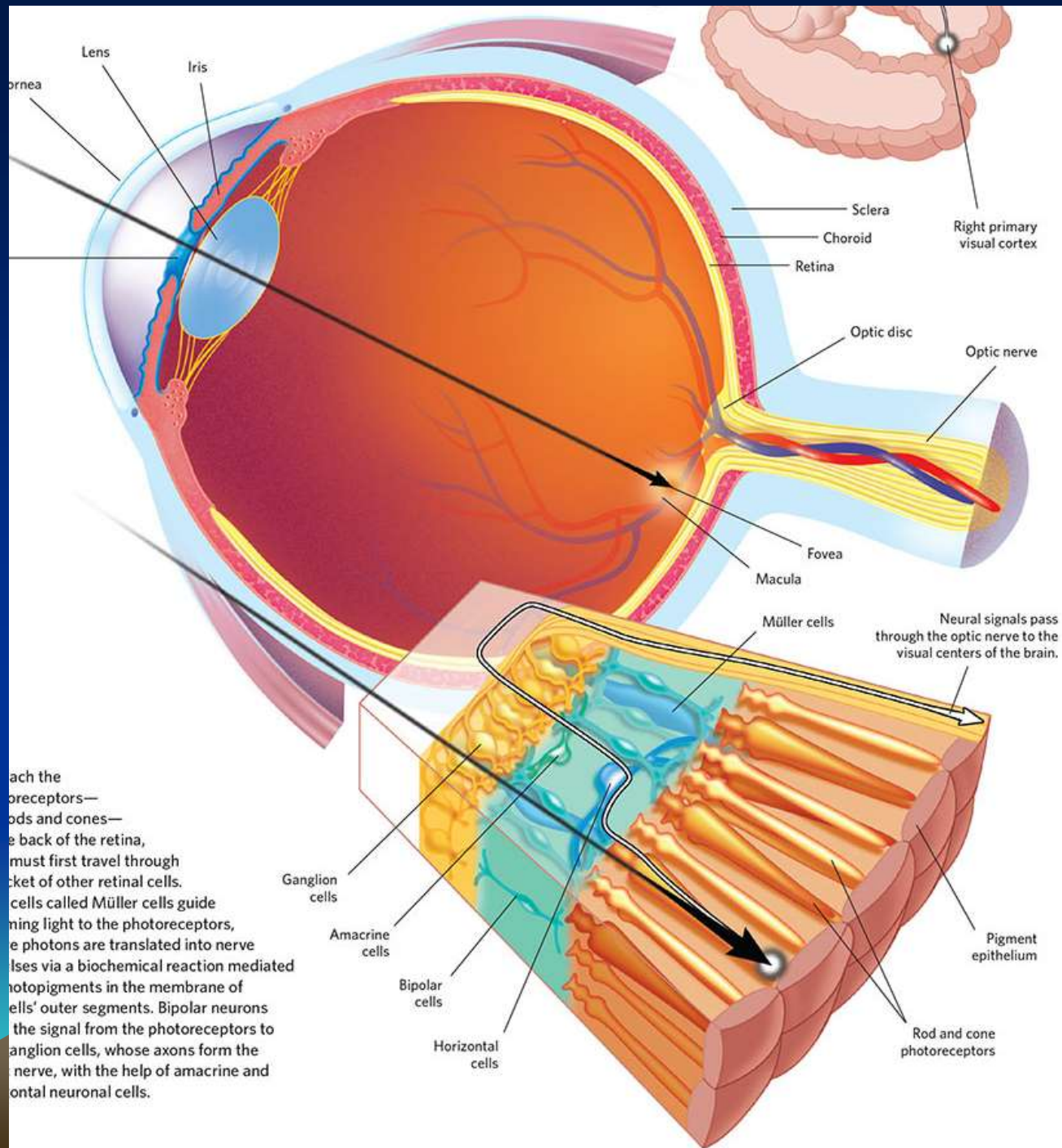
(d) Compound eye





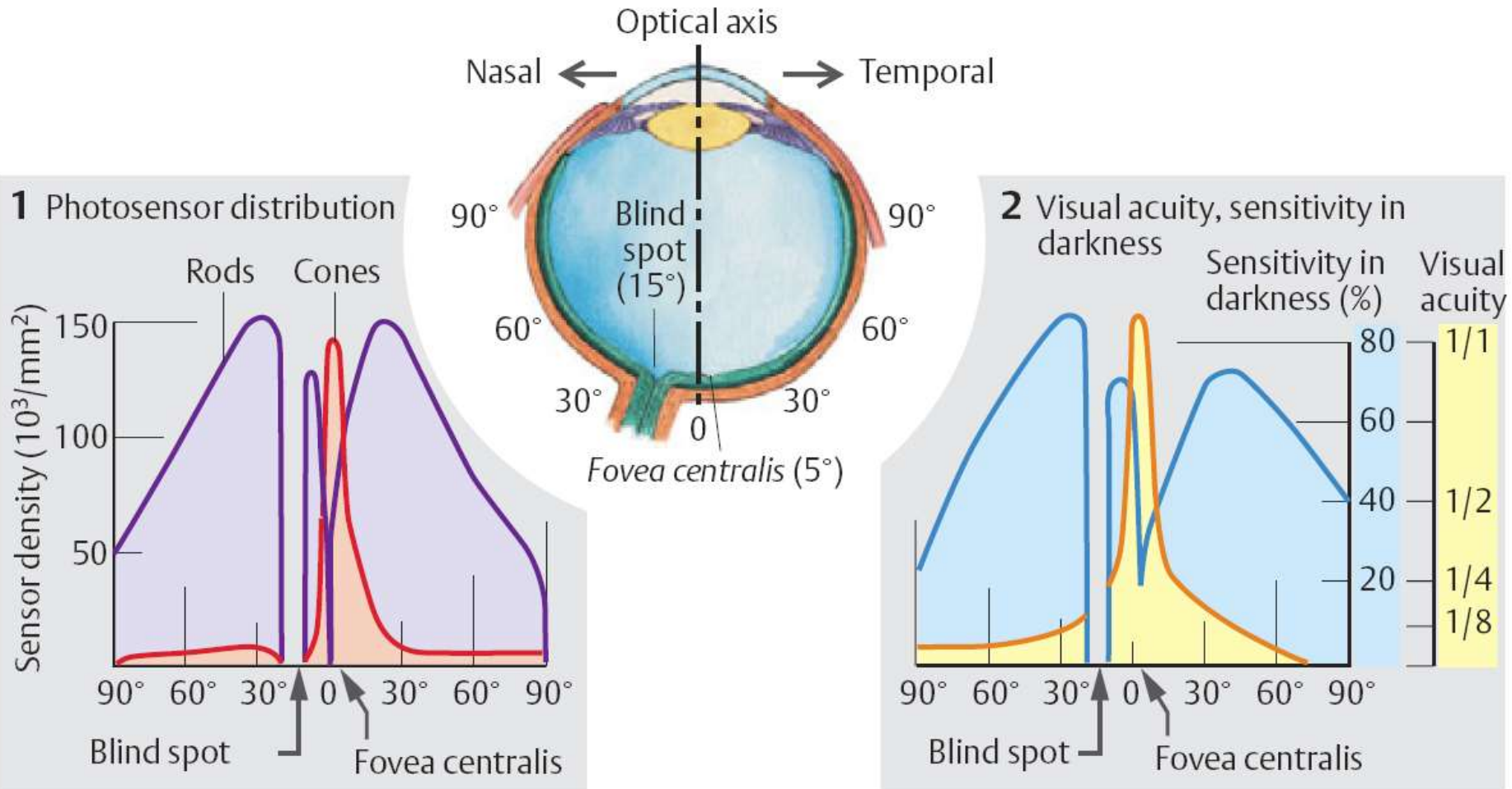
Inverzní oko

Světlo musí projít
přepojovacími
dráhami než dorazí k
recepční membráně



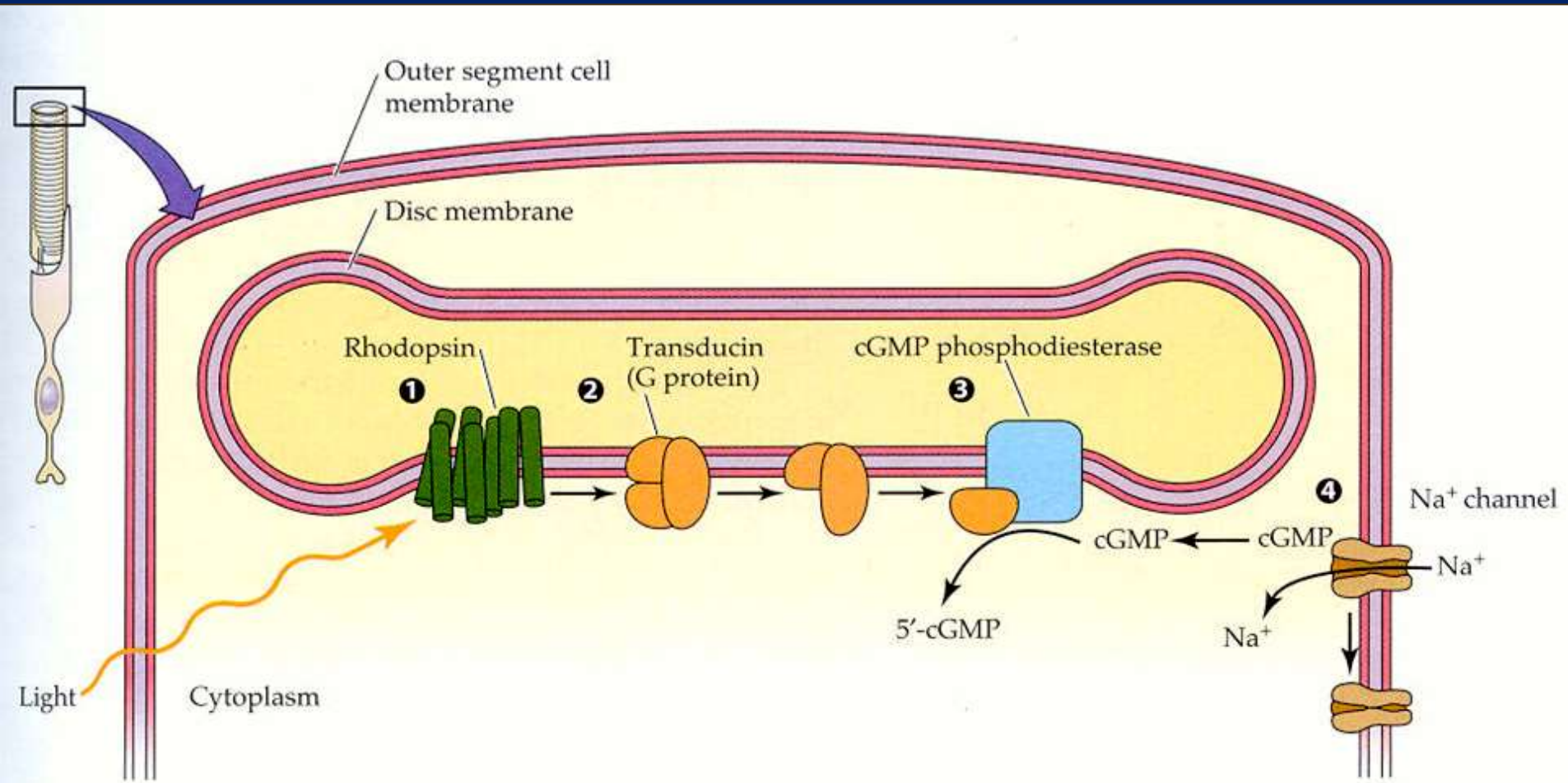
Each the
receptors—
ods and cones—
e back of the retina,
must first travel through
cket of other retinal cells.
cells called Müller cells guide
ning light to the photoreceptors,
e photons are translated into nerve
lses via a biochemical reaction mediated
otopigments in the membrane of
ells' outer segments. Bipolar neurons
the signal from the photoreceptors to
anglion cells, whose axons form the
erve, with the help of amacrine and
ontal 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 μm , ve fovei ale pouze 1,5 μm .

Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu

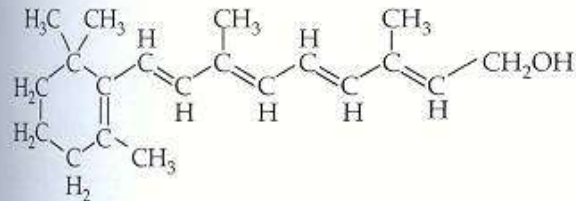


Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu

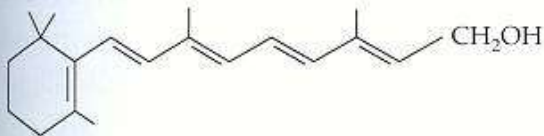
Animace rhodopsin.

Cis trans animace

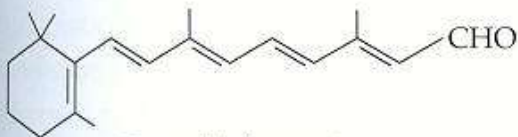
(a) Retinal and vitamin A



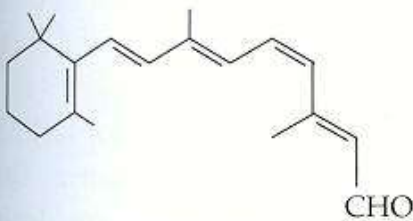
Complete structure of vitamin A (all-trans)



Condensed structure of vitamin A (all-trans)

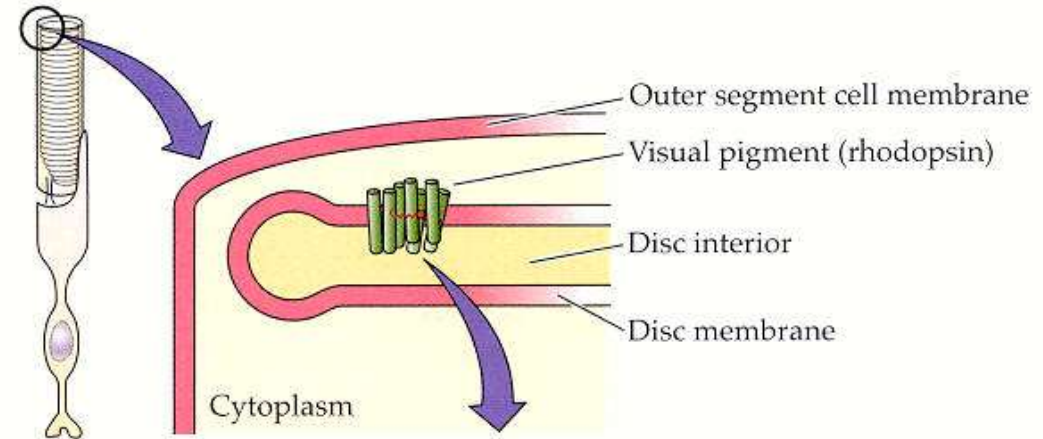


Retinal (all-trans)

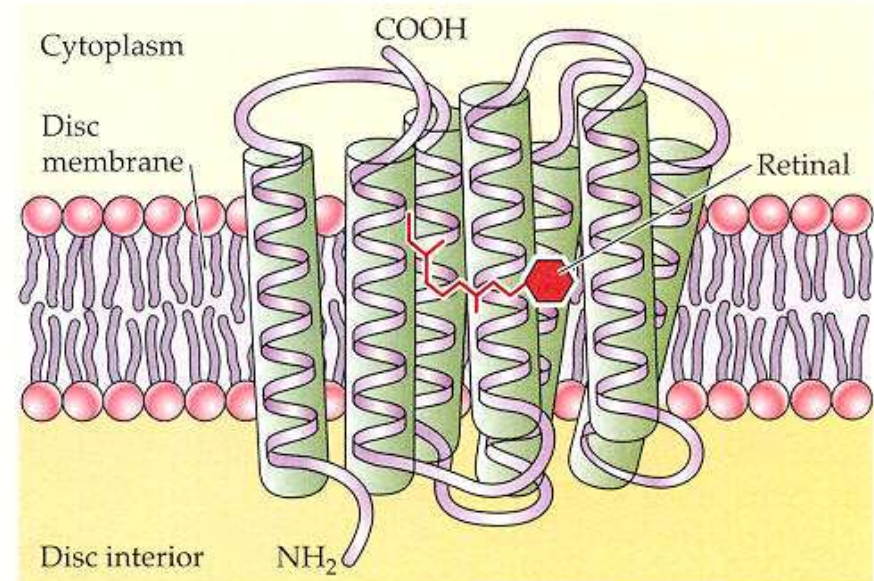


Retinal (11-cis)

(b) Opsin

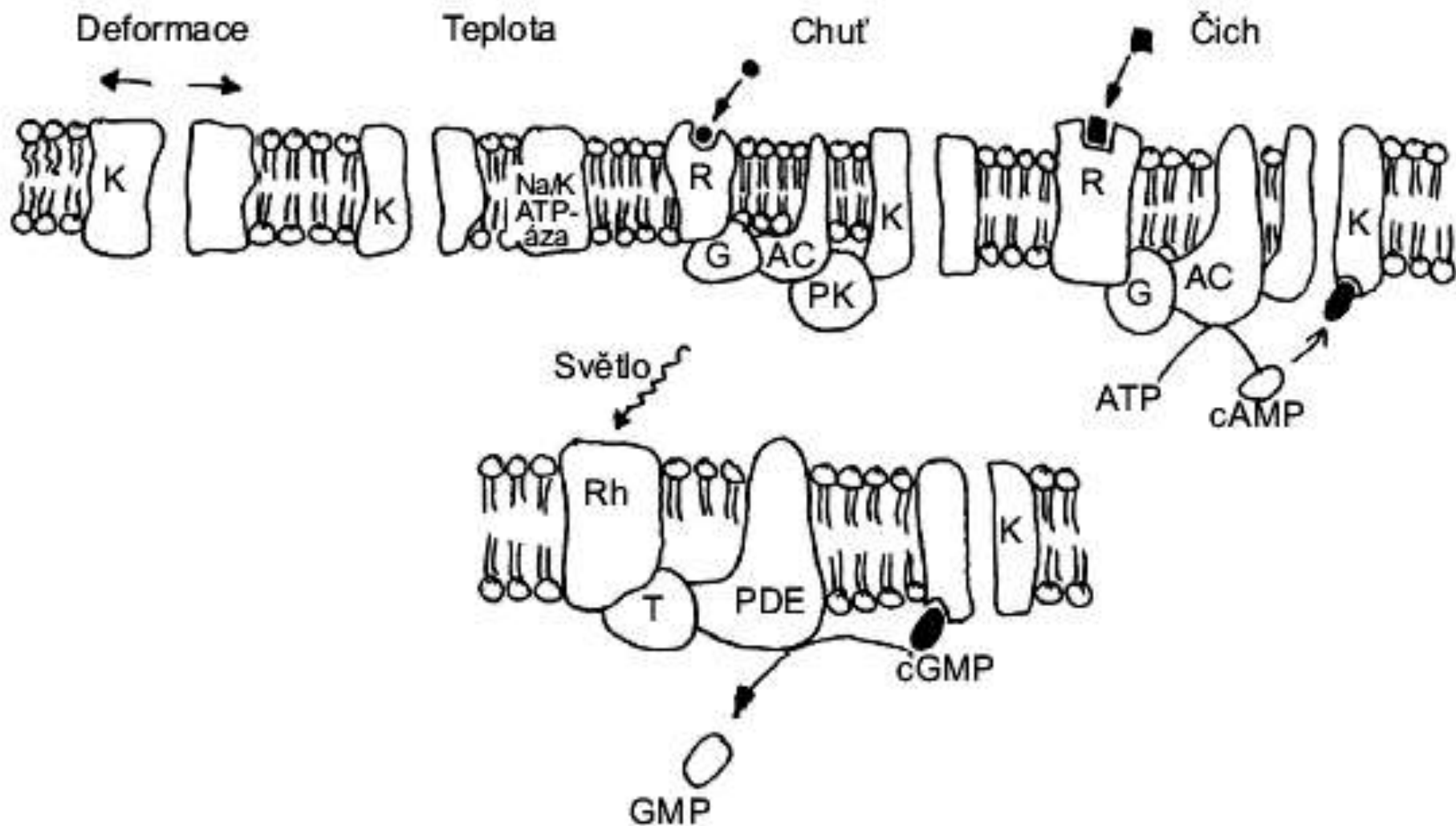


SENSORY PROCE

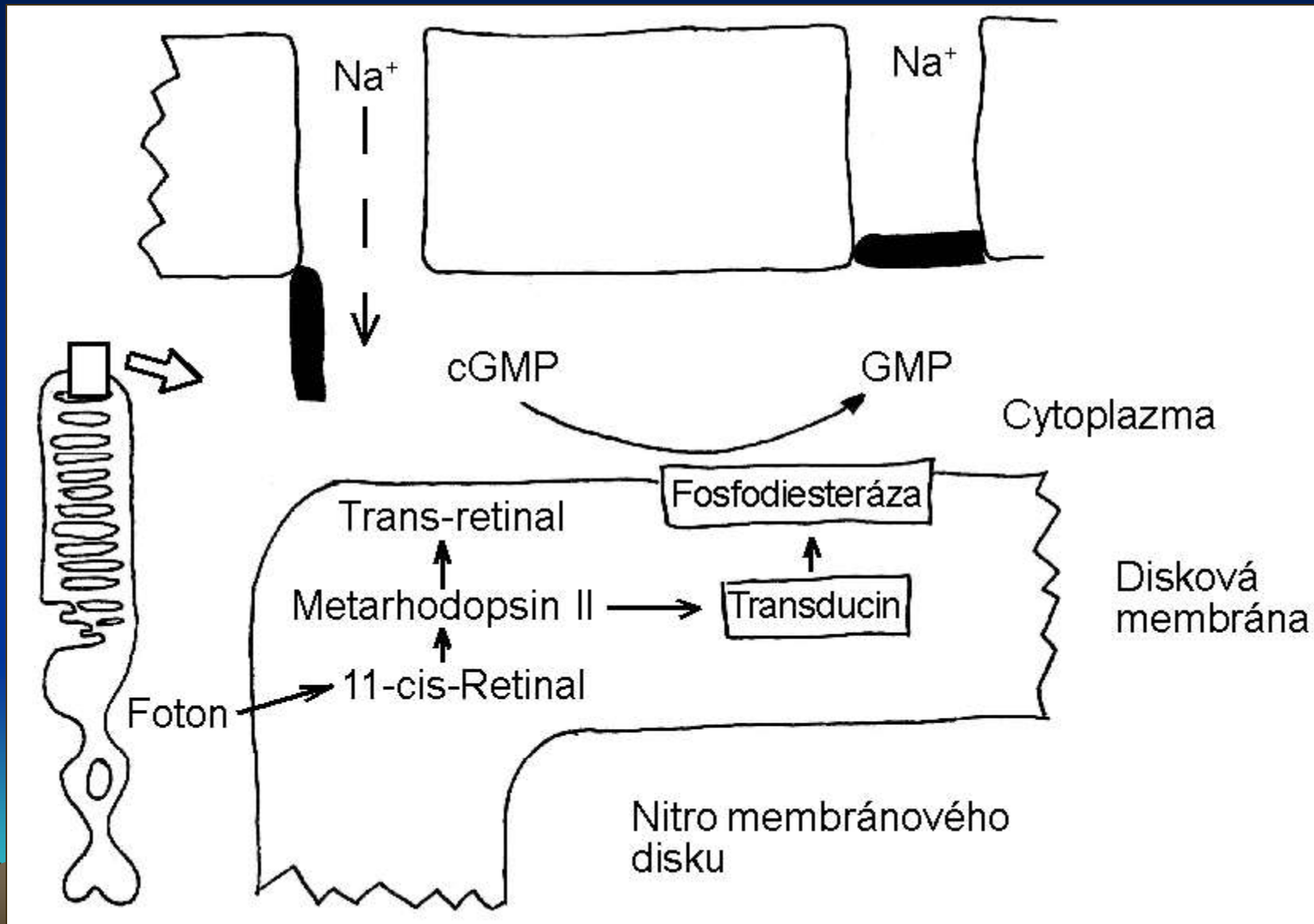


Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu

Fotorepce a chemorecepce – podobný princip



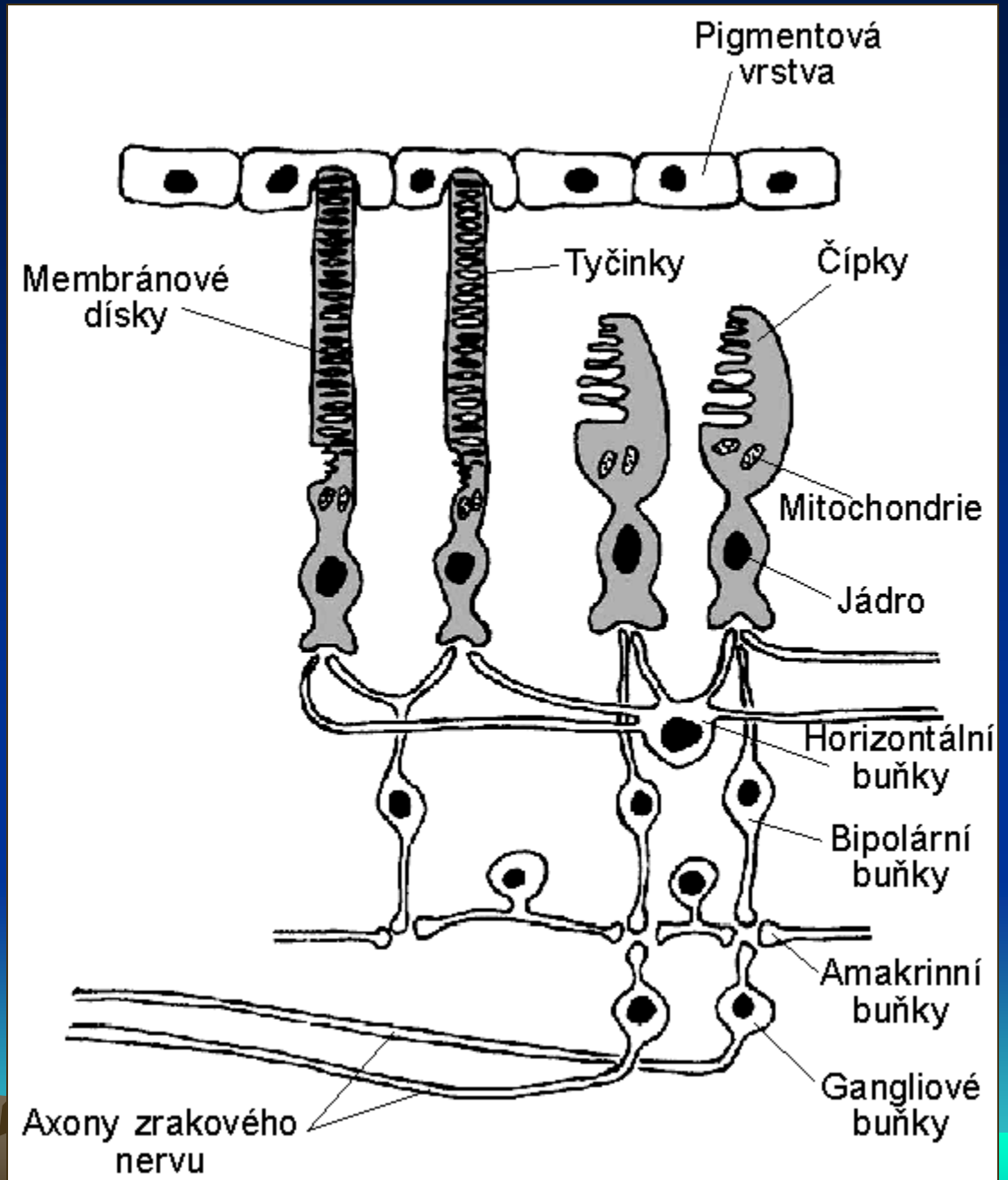
Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu



Zpracování začíná už v sítnici.

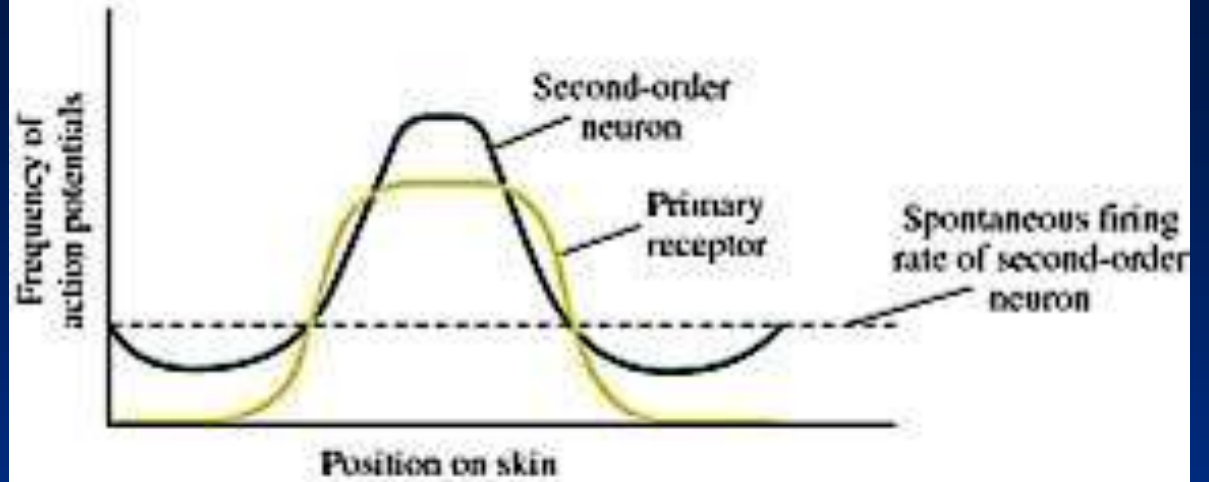
Laterální inhibice
První analýza
kontrastů

Modifikovatelná
konvergence

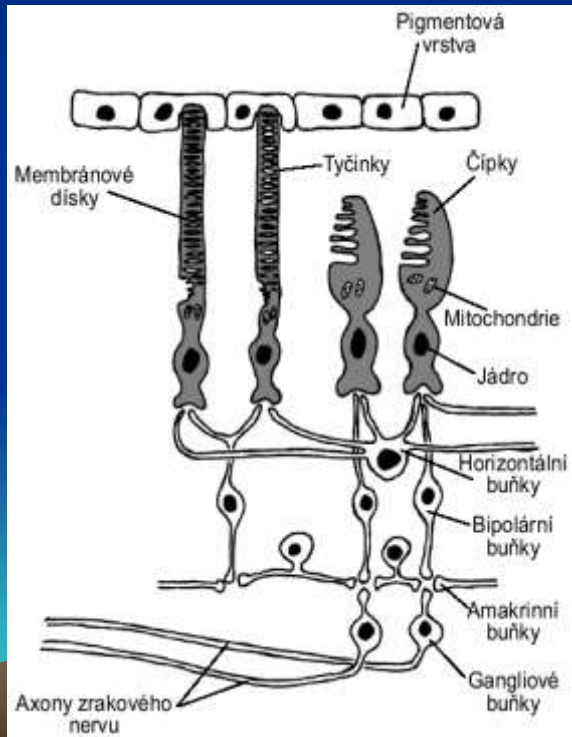
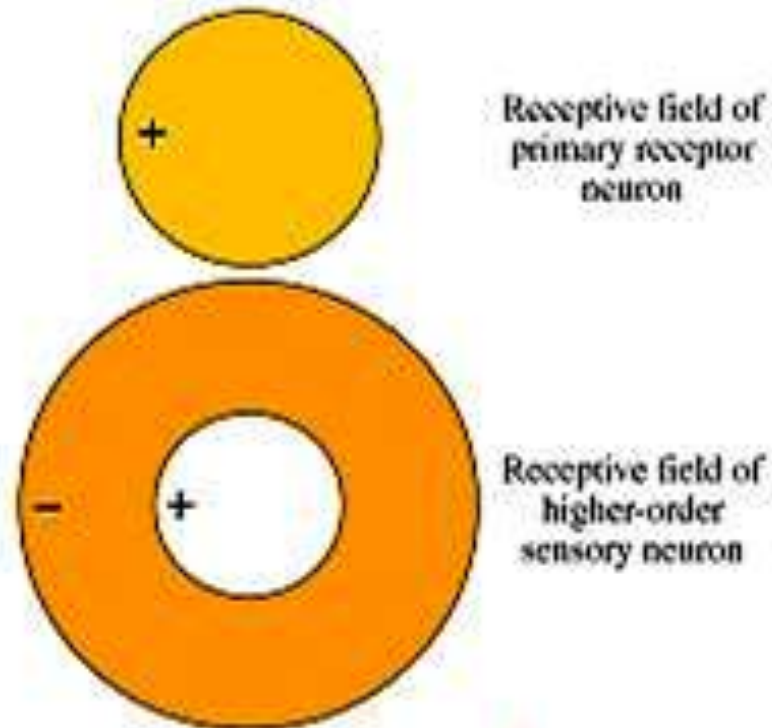


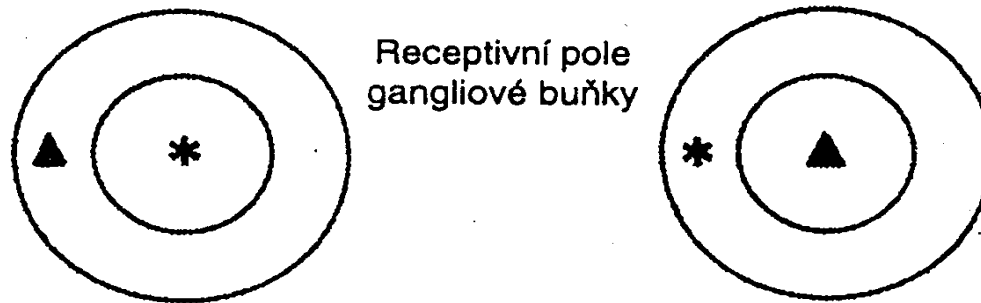
Laterální inhibice:
 Na sekundárních neuronech
 je zesílen kontrast.
 Změna velikosti a struktury
 receptivního pole. Bipolární
 buňky jsou první rysově
 analyzátoři

A



B

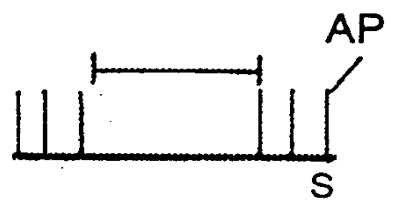
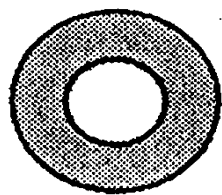
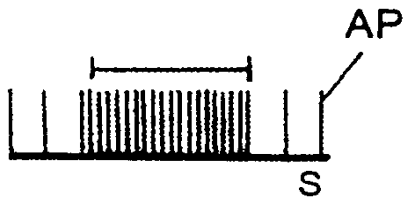
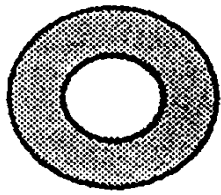




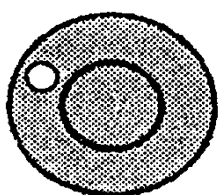
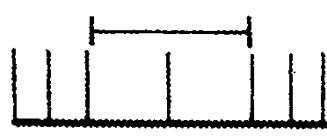
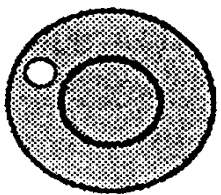
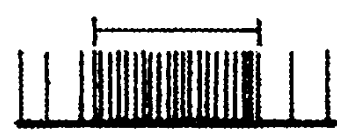
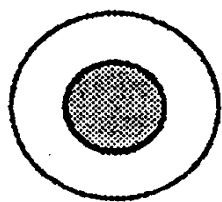
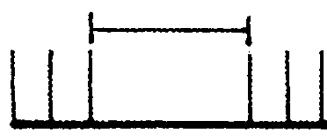
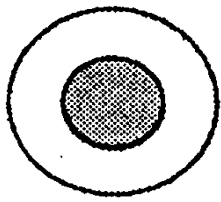
ON-centrum

OFF-centrum

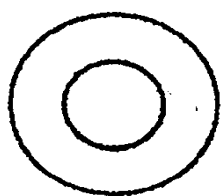
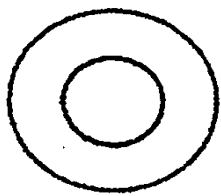
osvětlení
centra
světelnou
skvrnou



osvětlení
periferie
světelným
prstencem
nebo
skvrnou

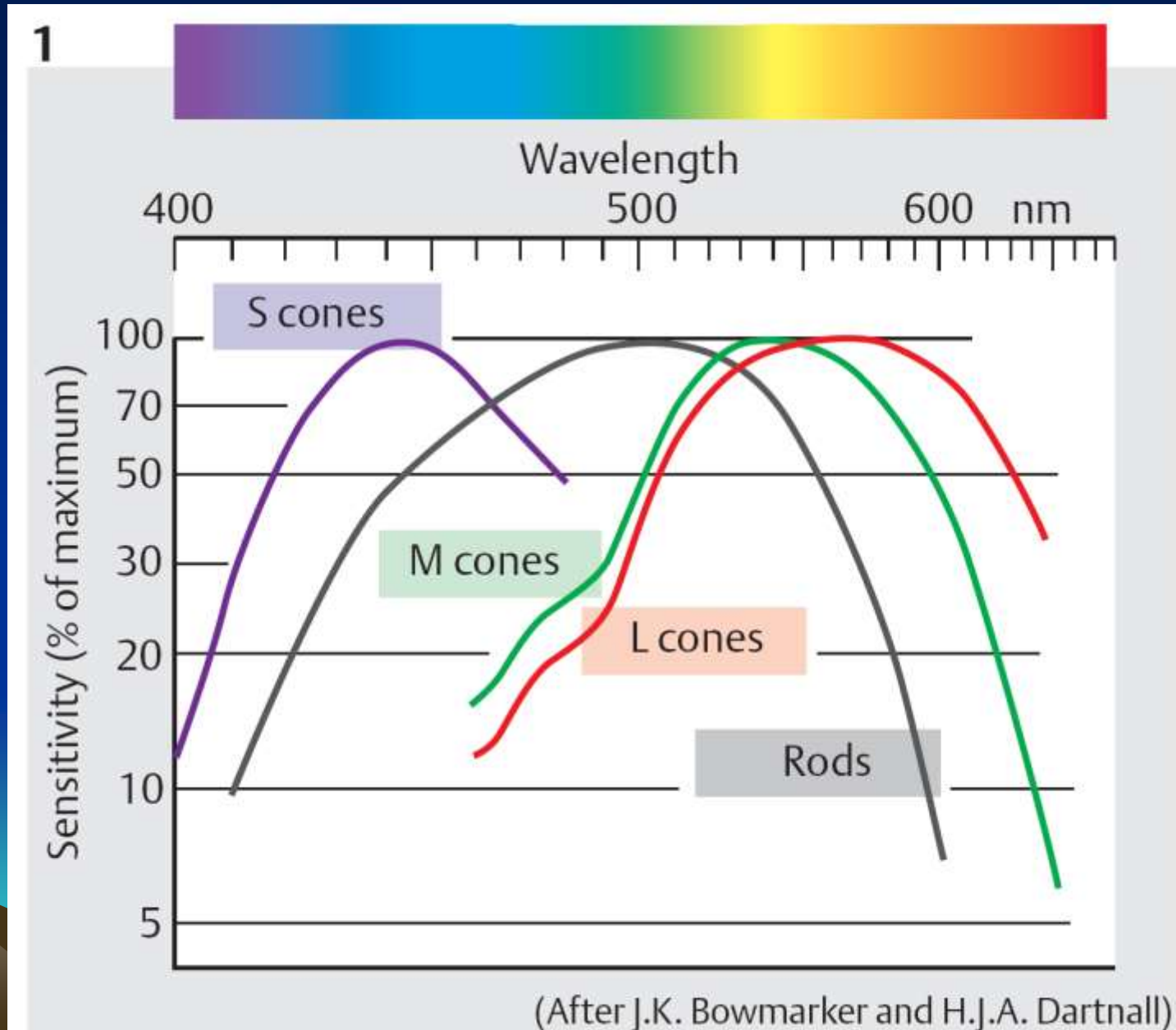


difusní
osvětlení



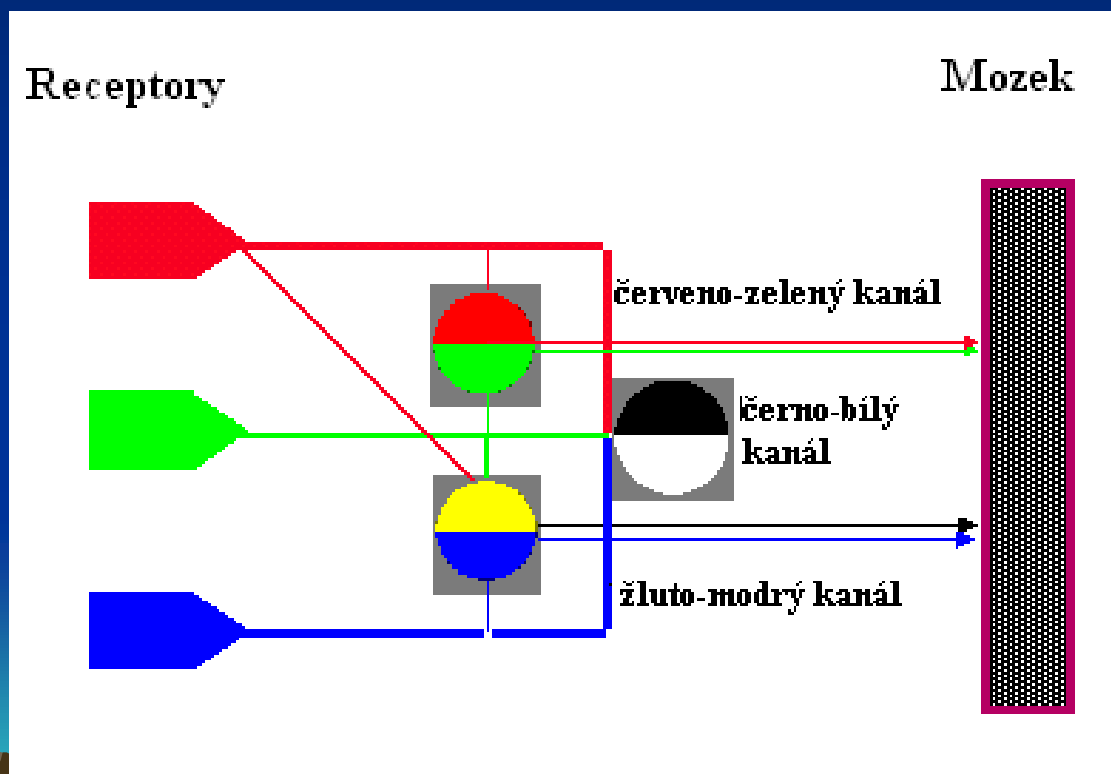
Záznam elektrické aktivity gangliových buněk sítnice s ON a OFF centrem při osvětlení jednotlivých částí jejich receptivního pole. Úsečka nad záznamem elektrické aktivity značí trvání osvětlení v sekundách.
 AP – potenciál. * – excitační zóna ▲ – inhibiční zóna

Barevné vidění založeno na různě absorbujících pigmentech.

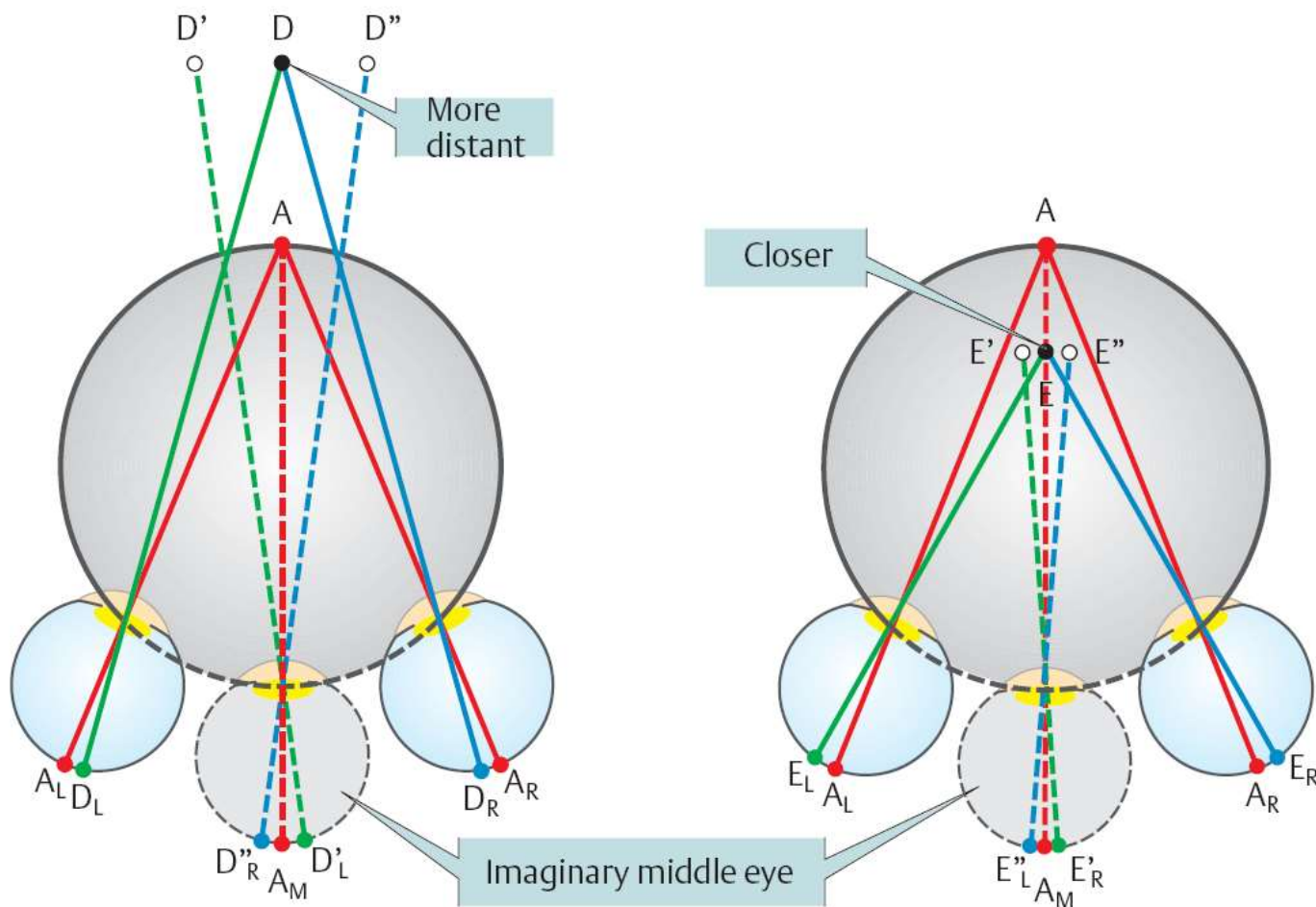


Trichromatické teorie, Young-Helmholtz Oponentní kódování, Hering

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.



D. Cues for depth vision

Size differences
Contour
Shadow
Haze

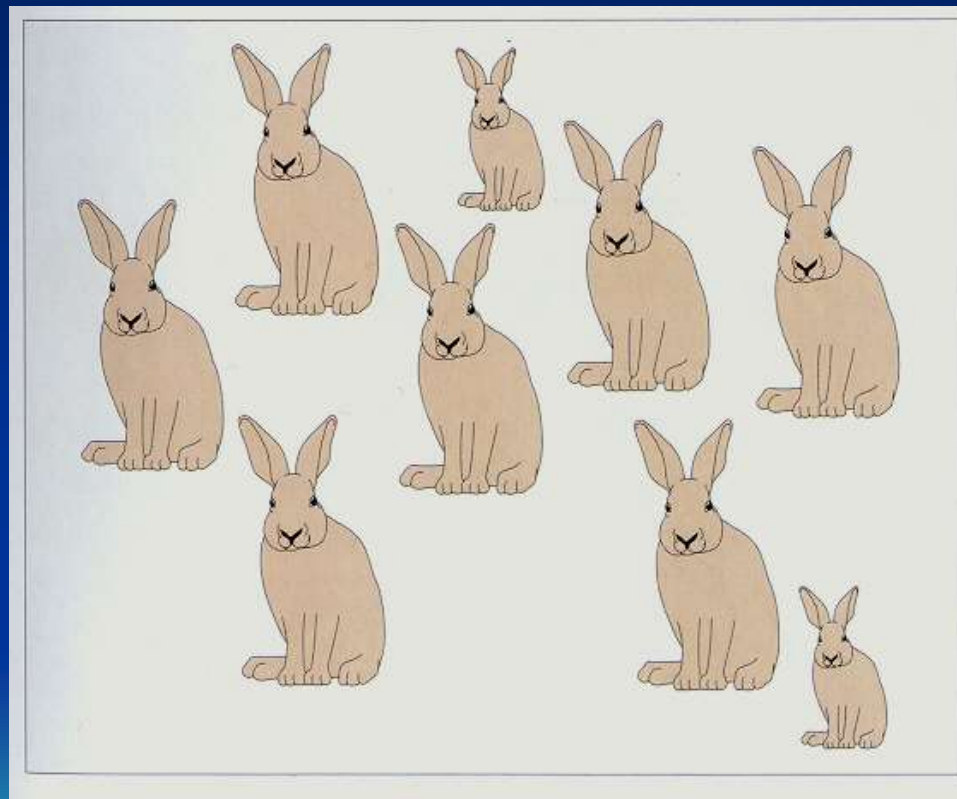
ULN
LM

Do not lean out

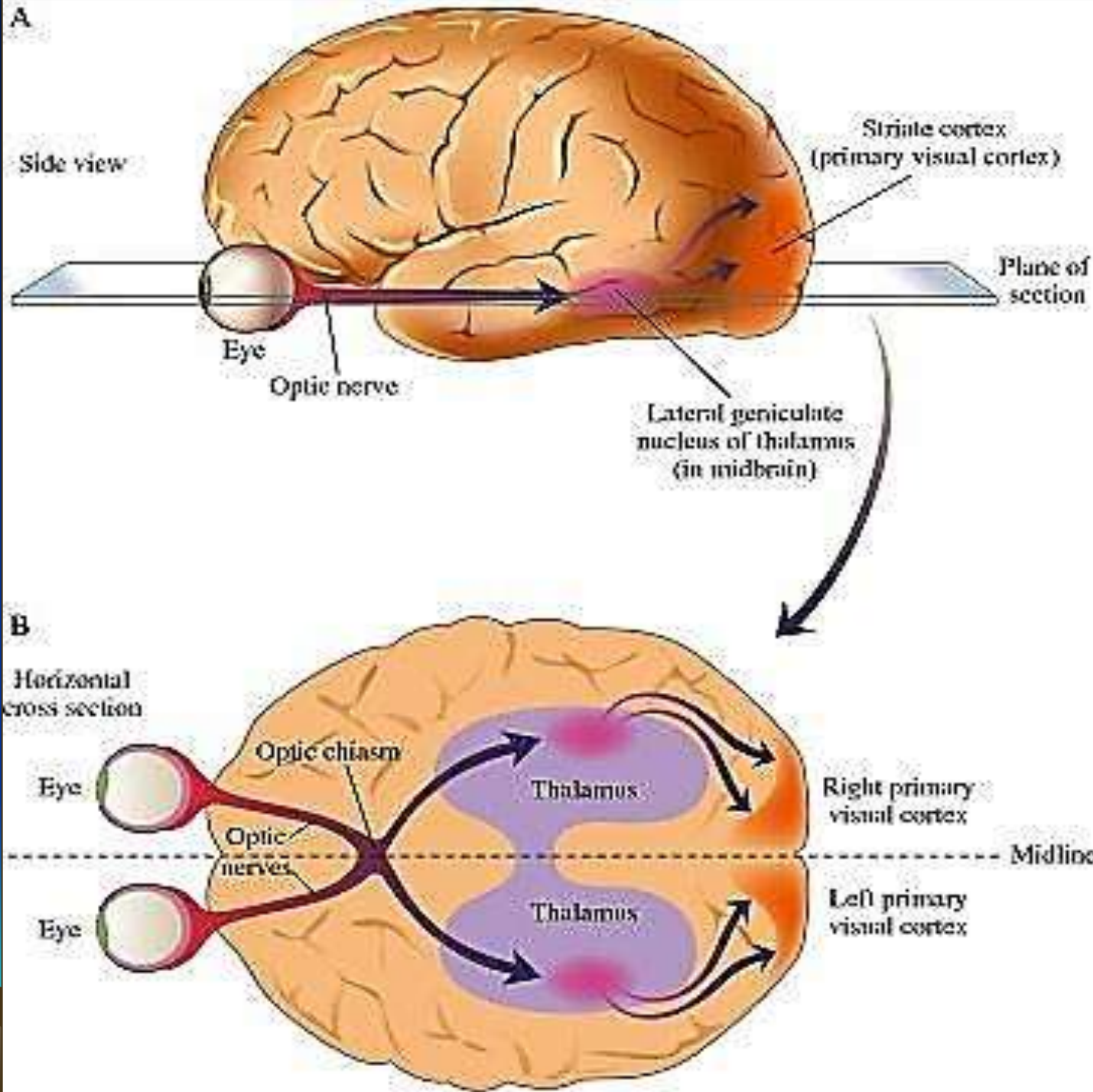
Direction of train movement

Photo: A. Kothenburg

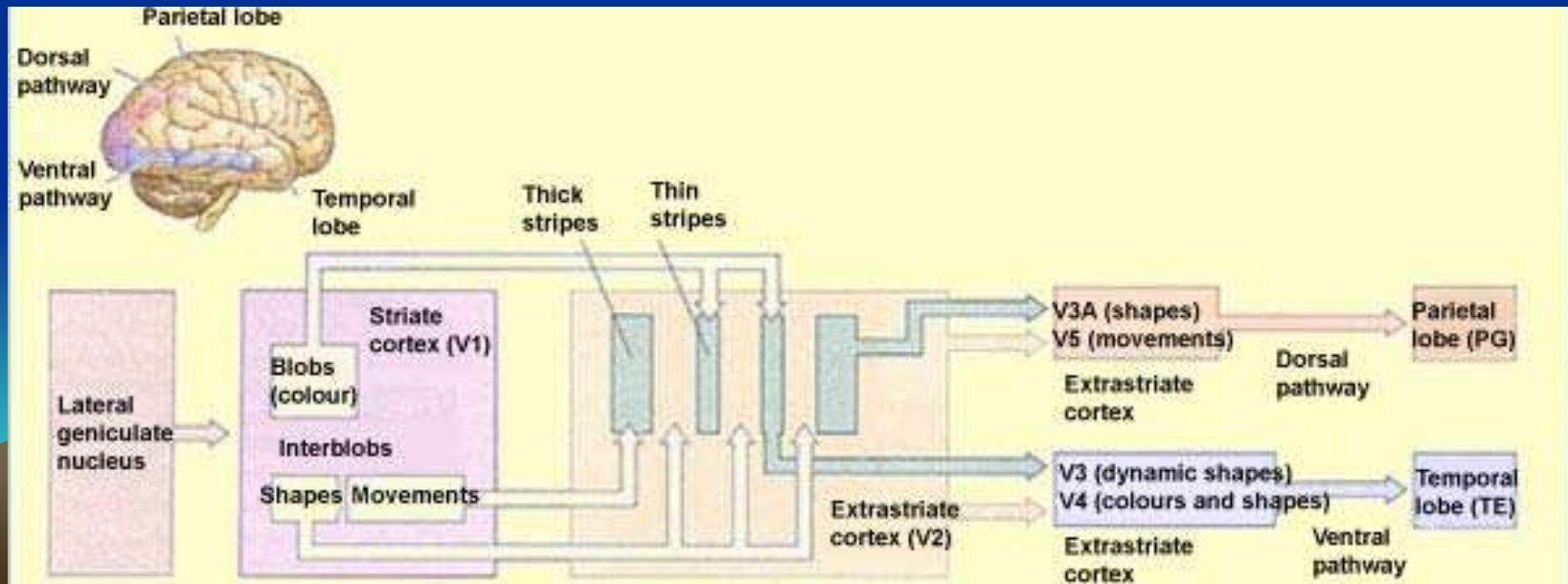
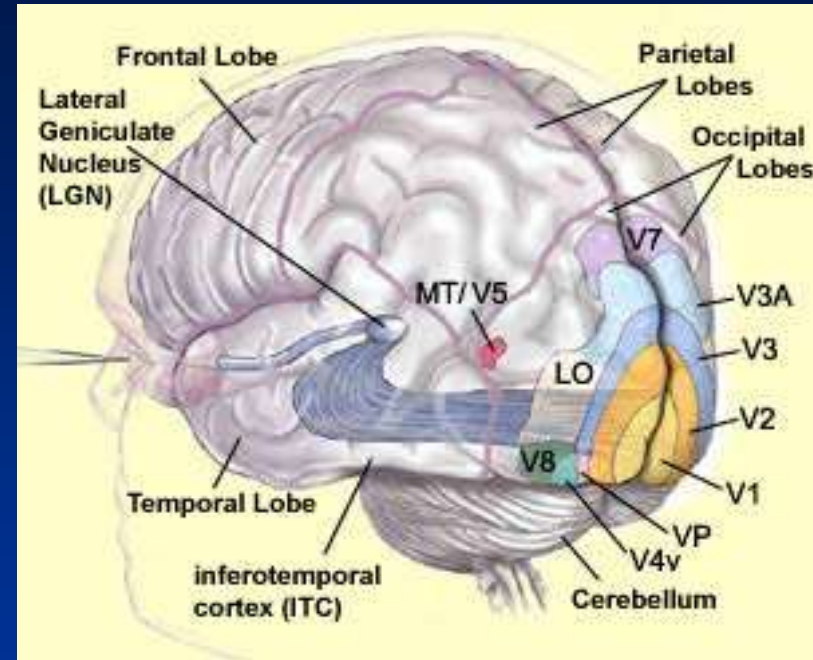
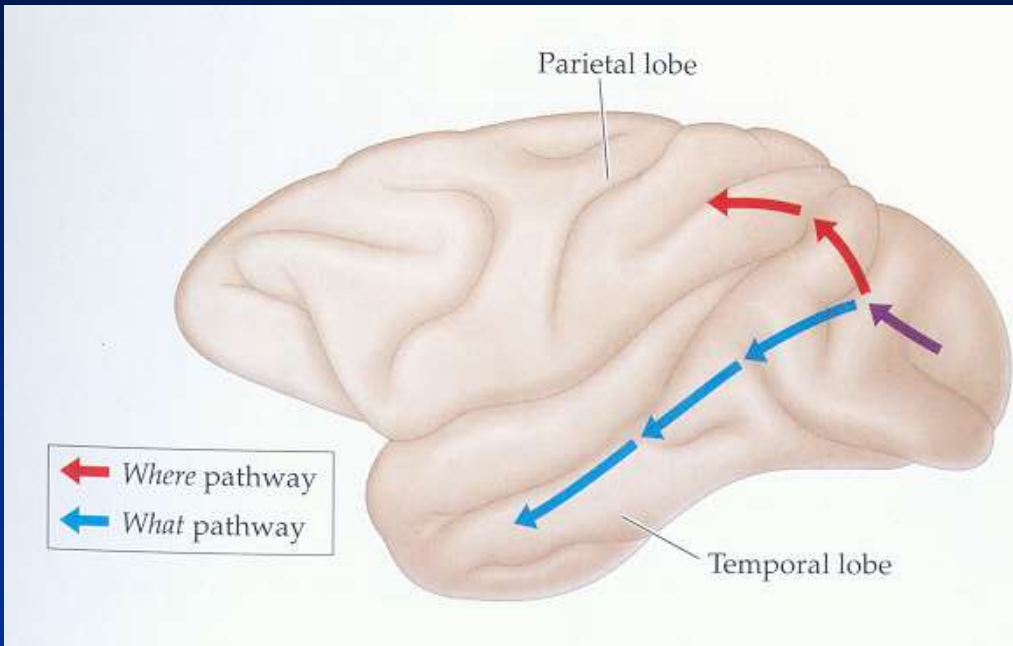
Jsou stejně malí, ale nevypadají...



Zraková dráha



Z primární zrkové kúry dvě cesty: *Kde* dráha a *Co* dráha





„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.)

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.

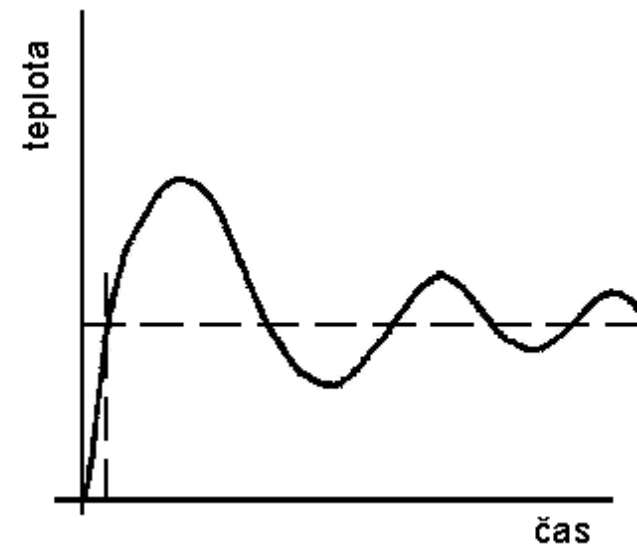
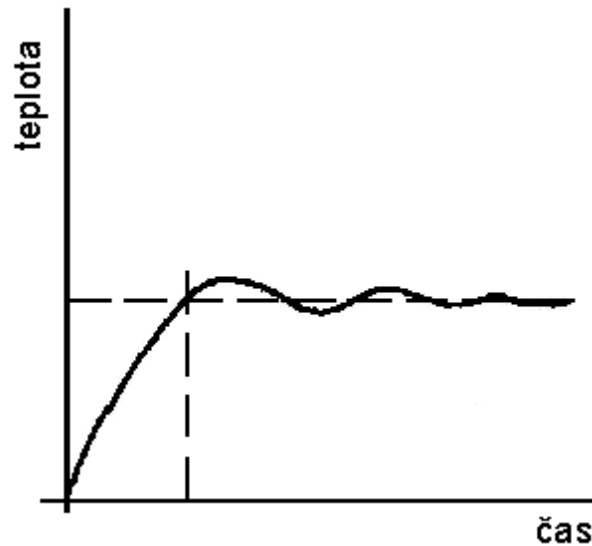
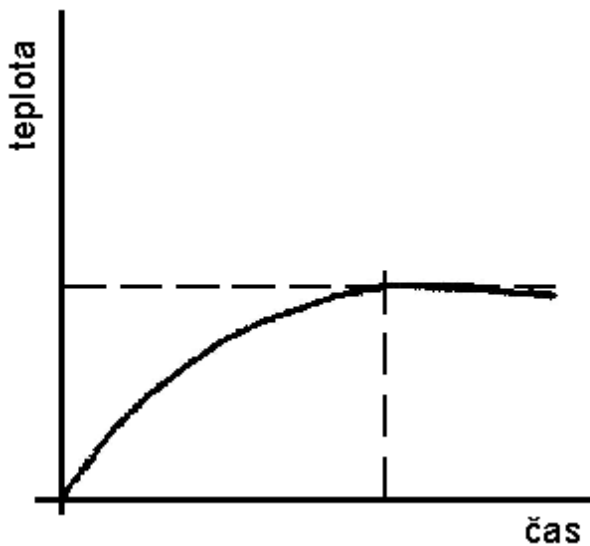
Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

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

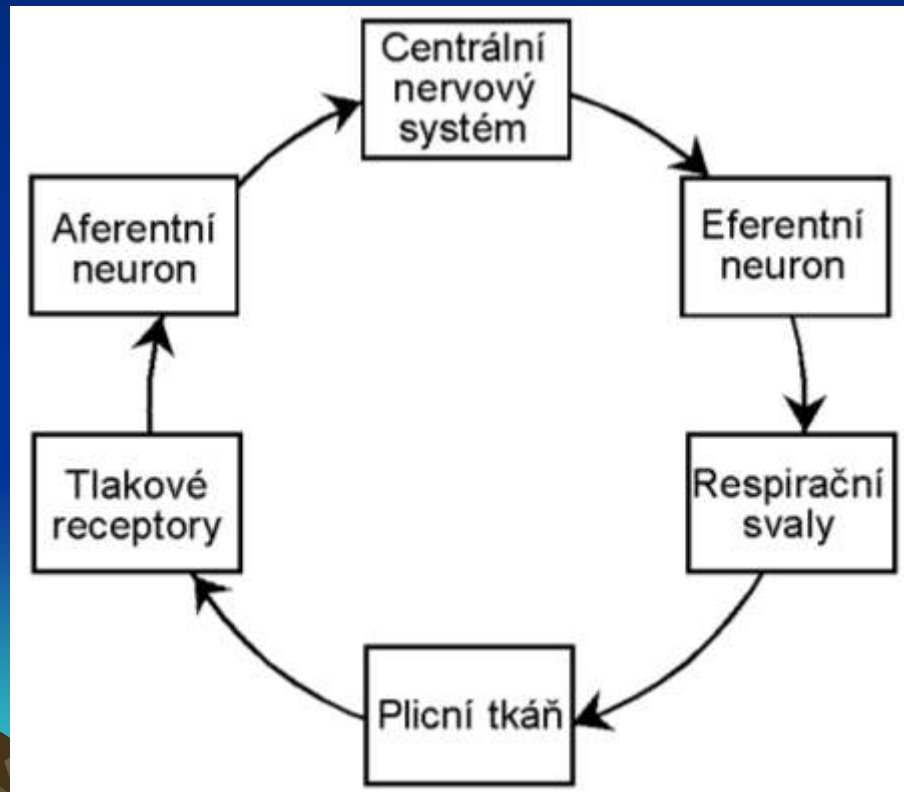
Negativní zpětná vazba je zdrojem kmitů – regulace homeostázy.



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

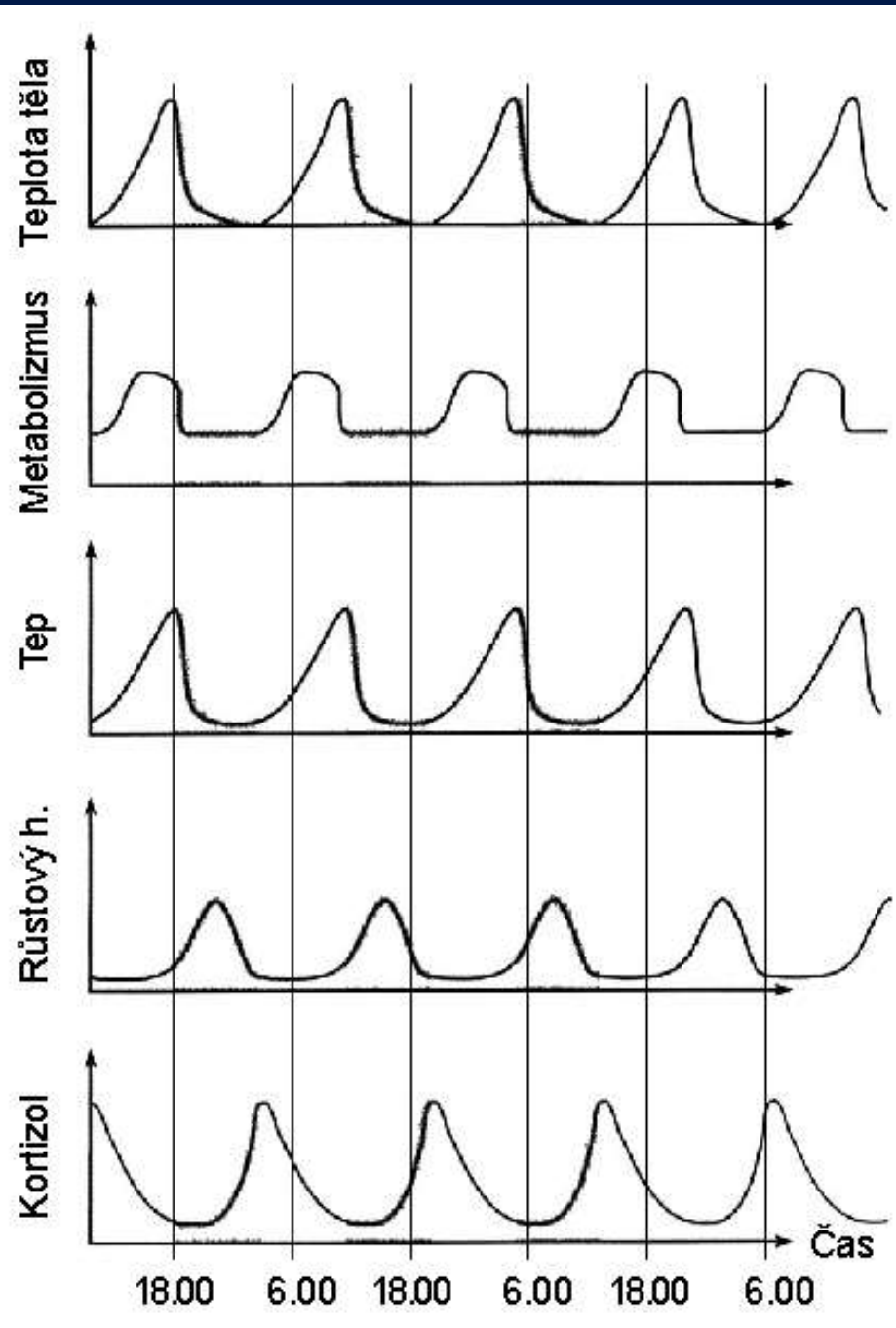
Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...

Negativní zpětná vazba je zdrojem kmitů.



Rytmicita s vazbou na prostředí

Cirkadiánní = asi 24 hod perioda



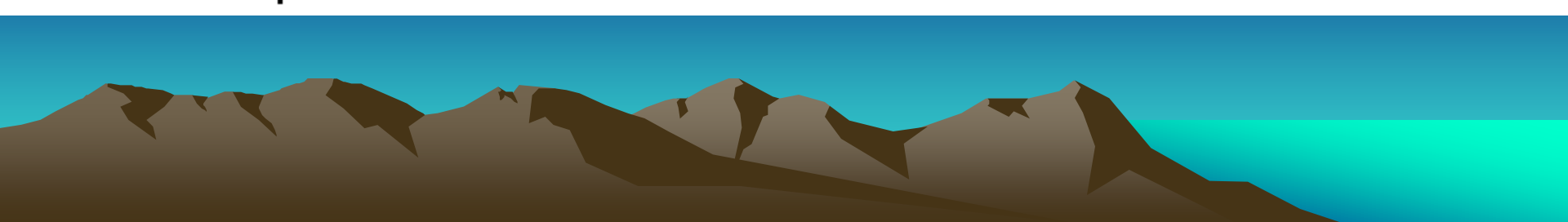
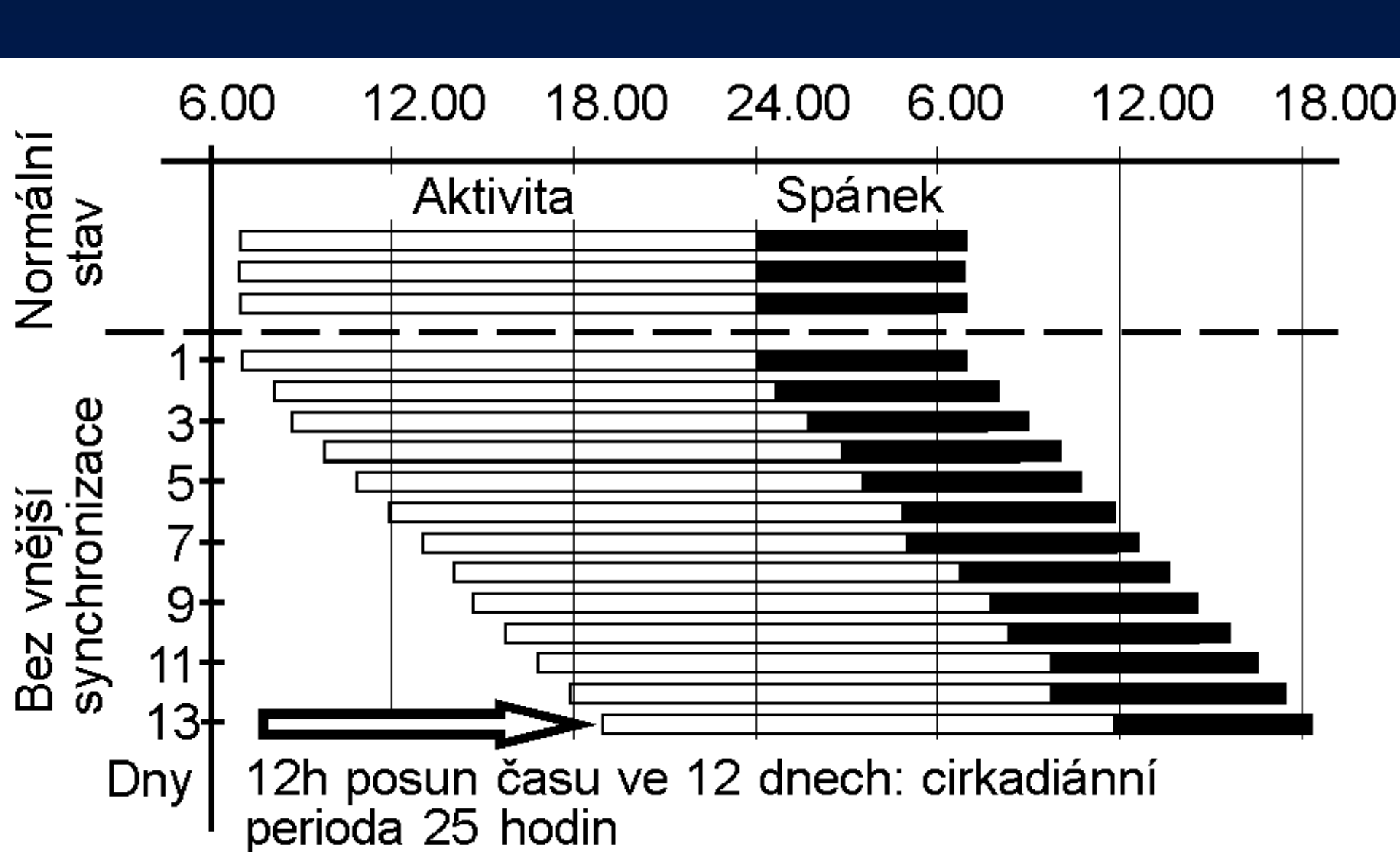
S vnějšími korelátý:

Synchronizátory:

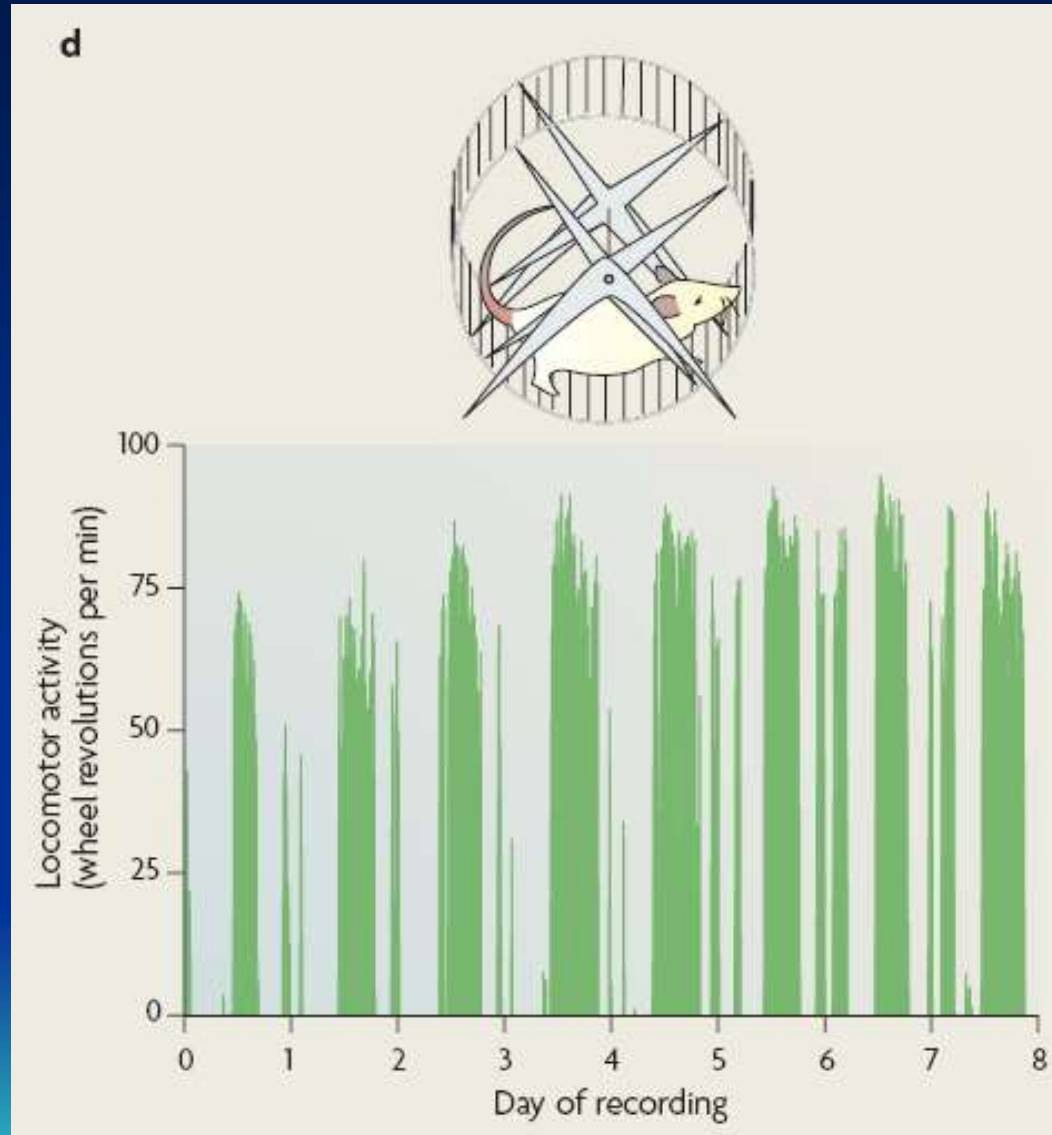
Silné, slabé

24 hodinové, lunární, anuální

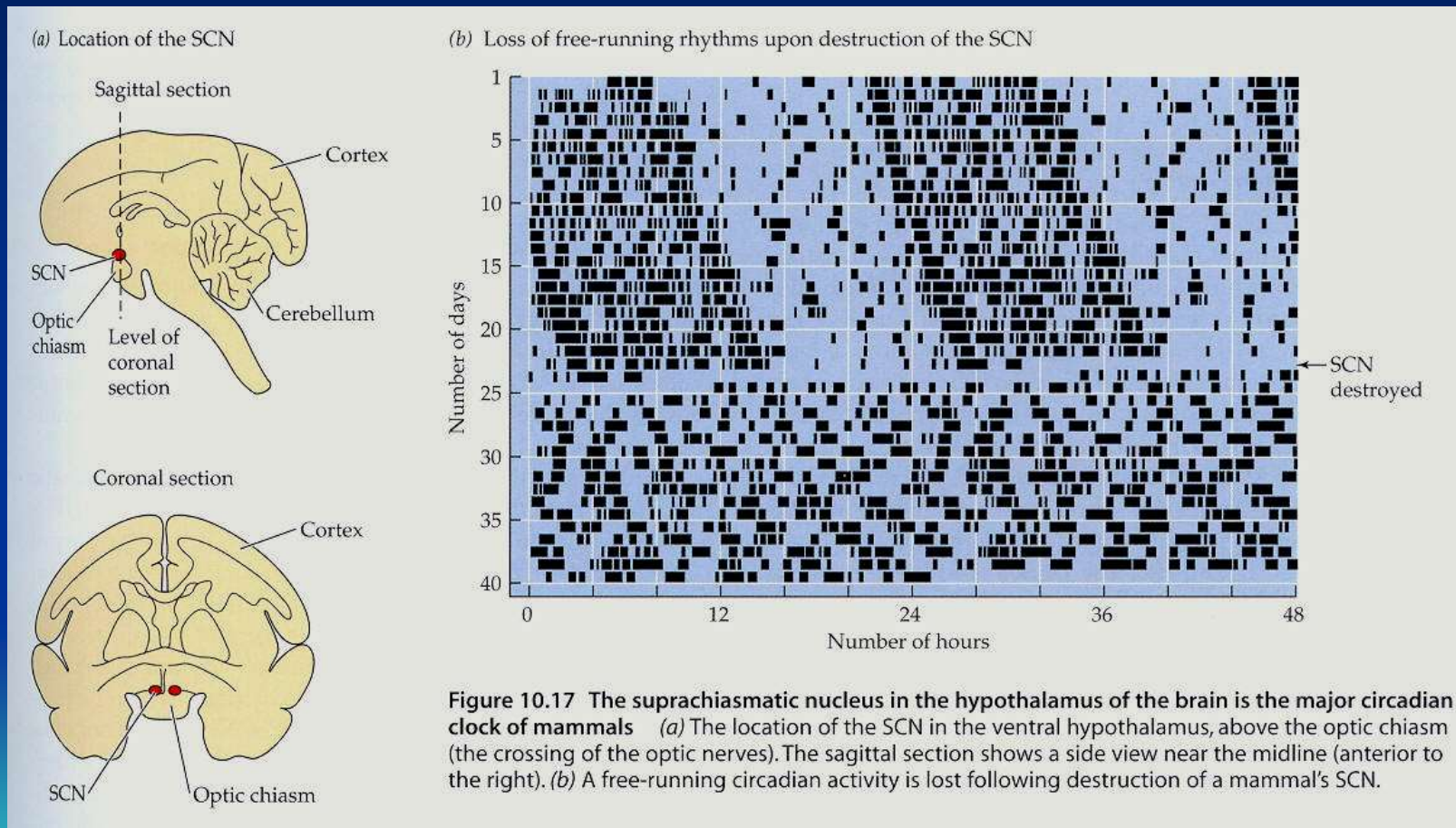




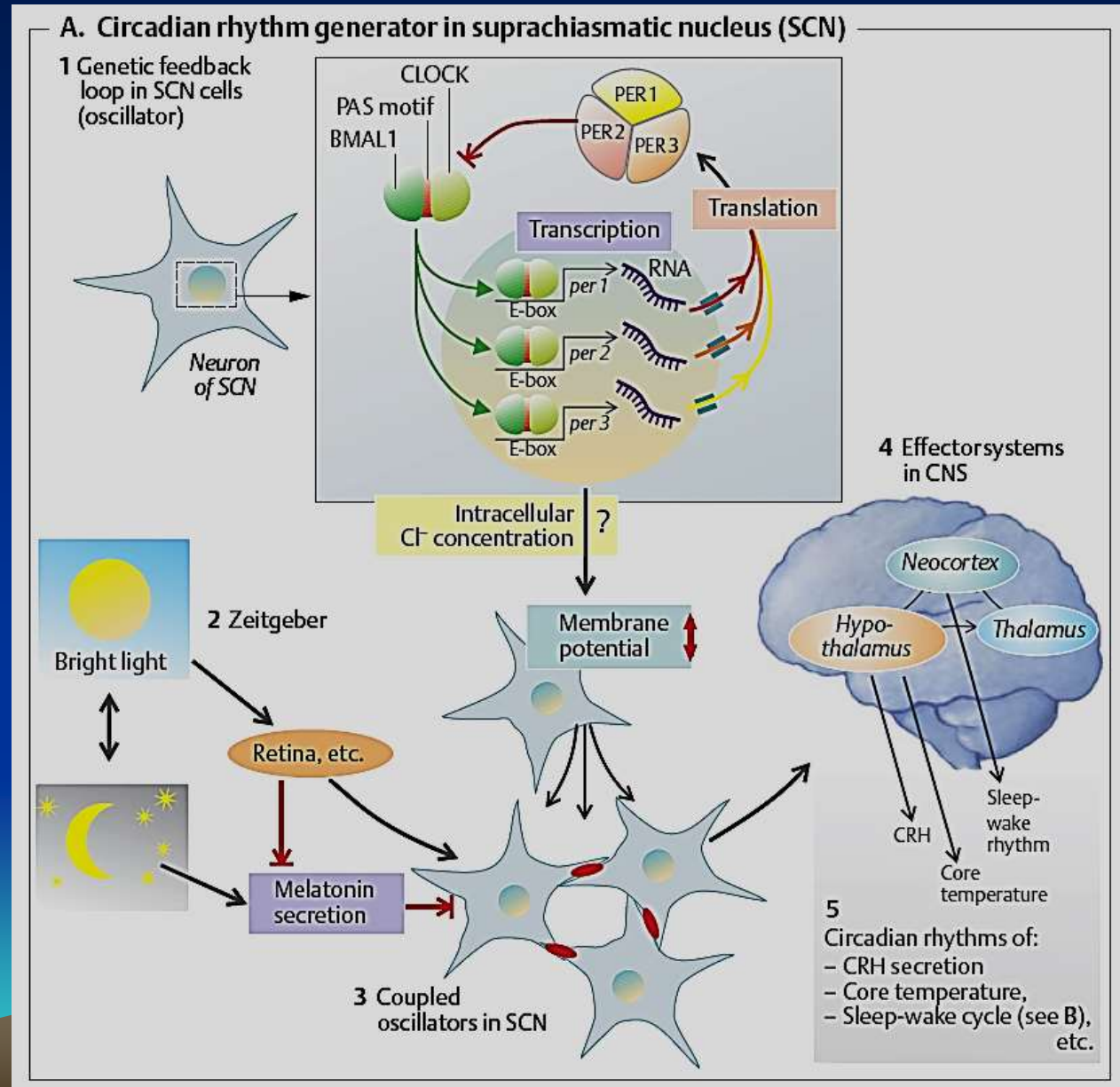
Jak se měří?
Běhací kolo (mlýnek)



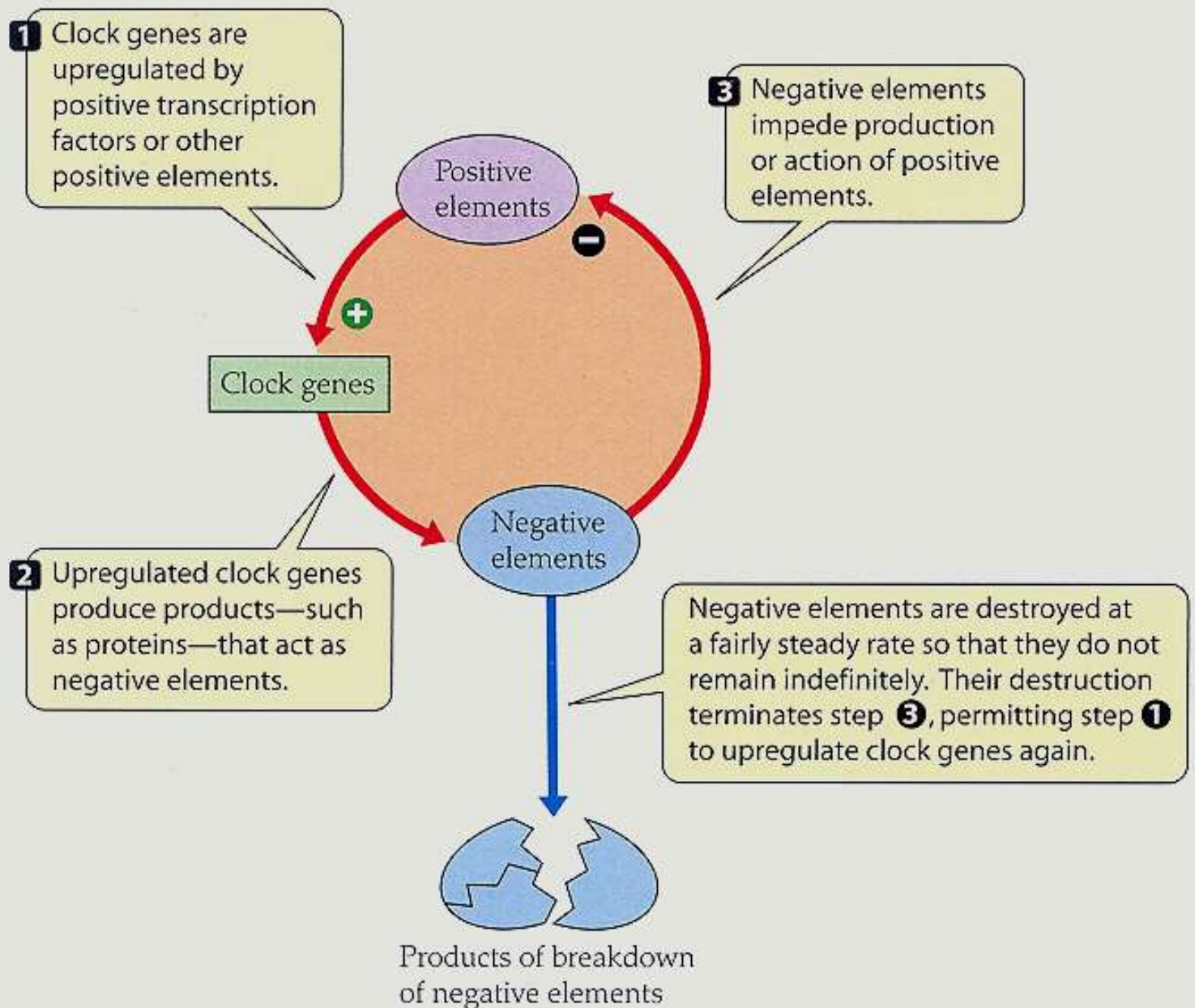
Suprachiasmatické jádro a řízení motorické aktivity. Po vyřazení SCN se rytmus rozpadá



Molekulární hodiny a zpětnovazebná smyčka synchronizovaná světlem.



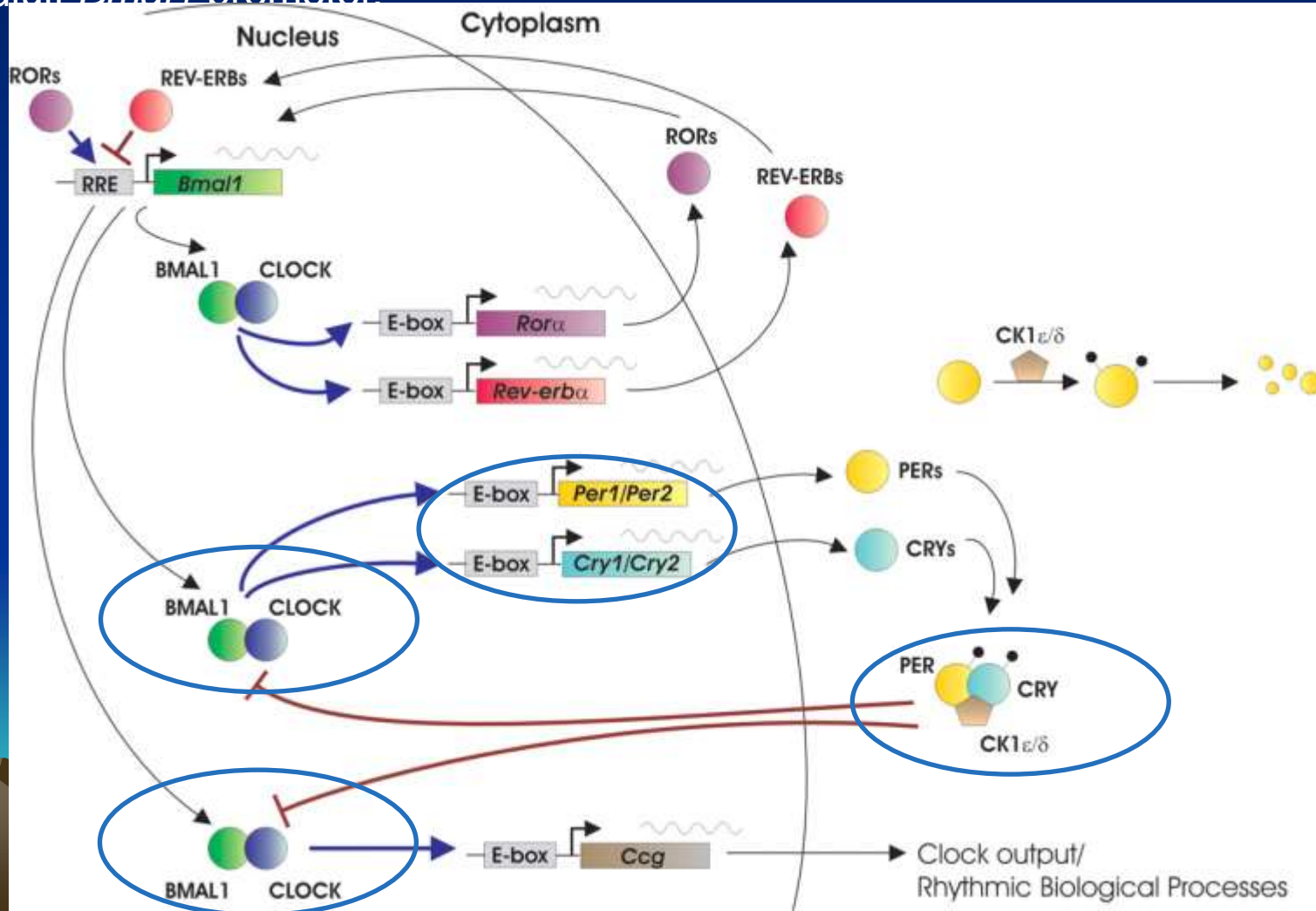
Molekulární hodiny a zpětnovazebná smyčka synchronizovaná světlem.



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

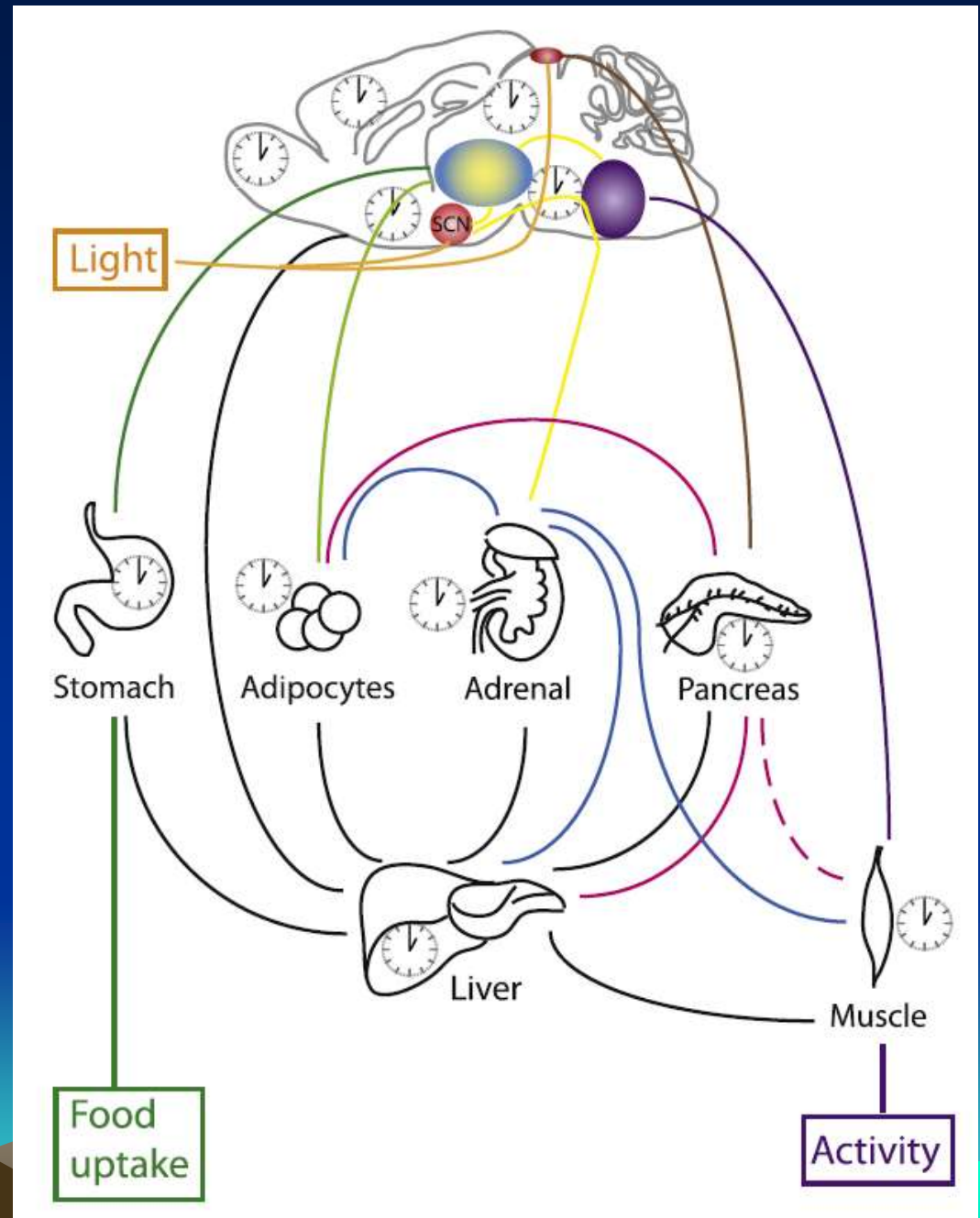


Centrální a periferní oscilátory

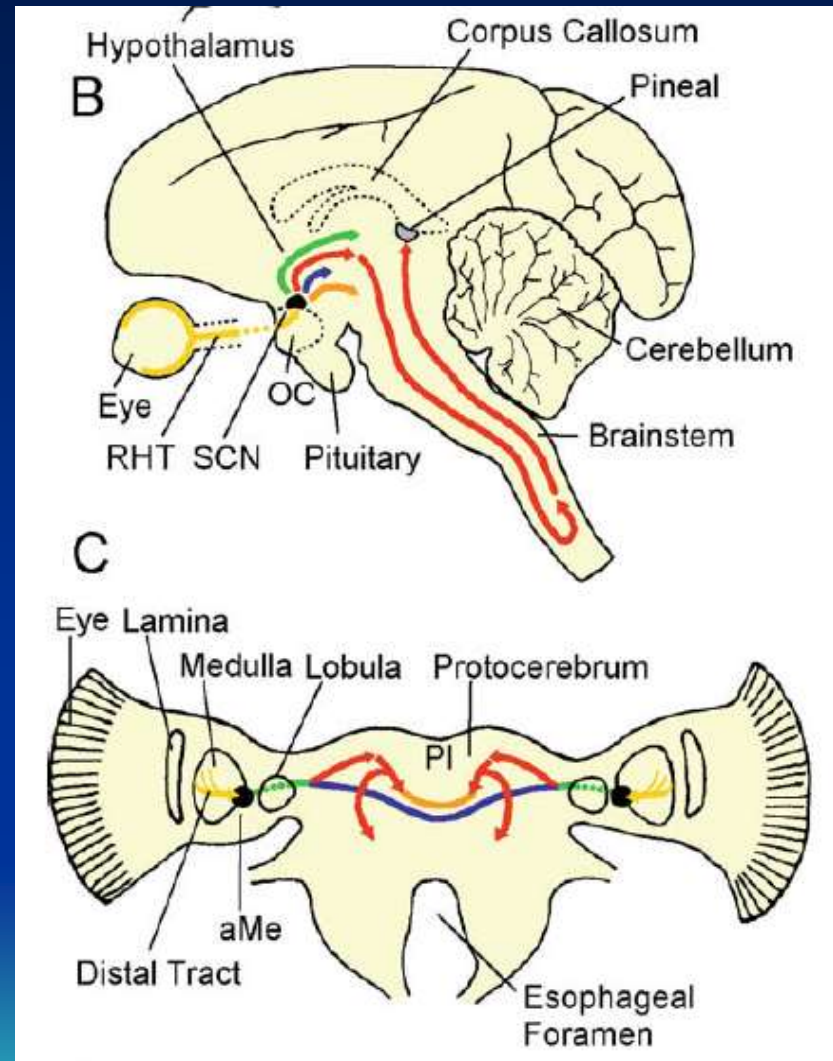
Circ. hodiny jsou v různých orgánech odpovědných za řízení metabolismu a pohybu.

Master clock v SCN je synchronizuje.

SCN a pineální orgán citlivé na světlo.



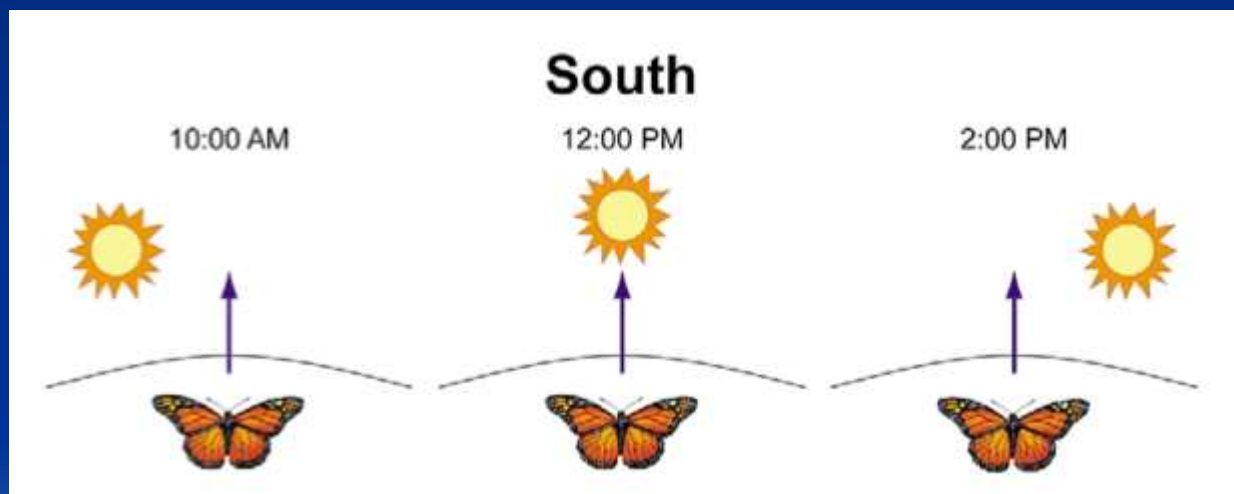
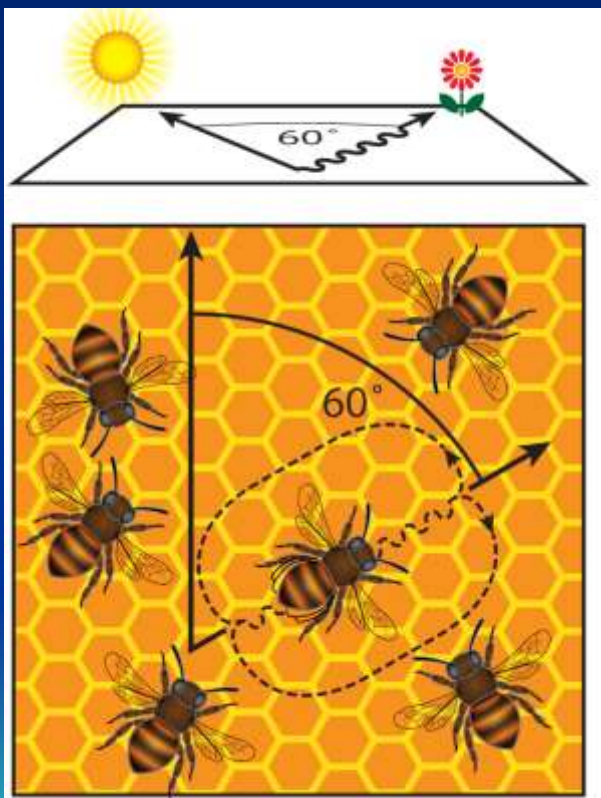
Synchronizace světlem
monitorovaným zrakem nebo i
mimo zrakovou dráhu (pineální
orgán)



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...

