

Obecná fyziologie smyslů

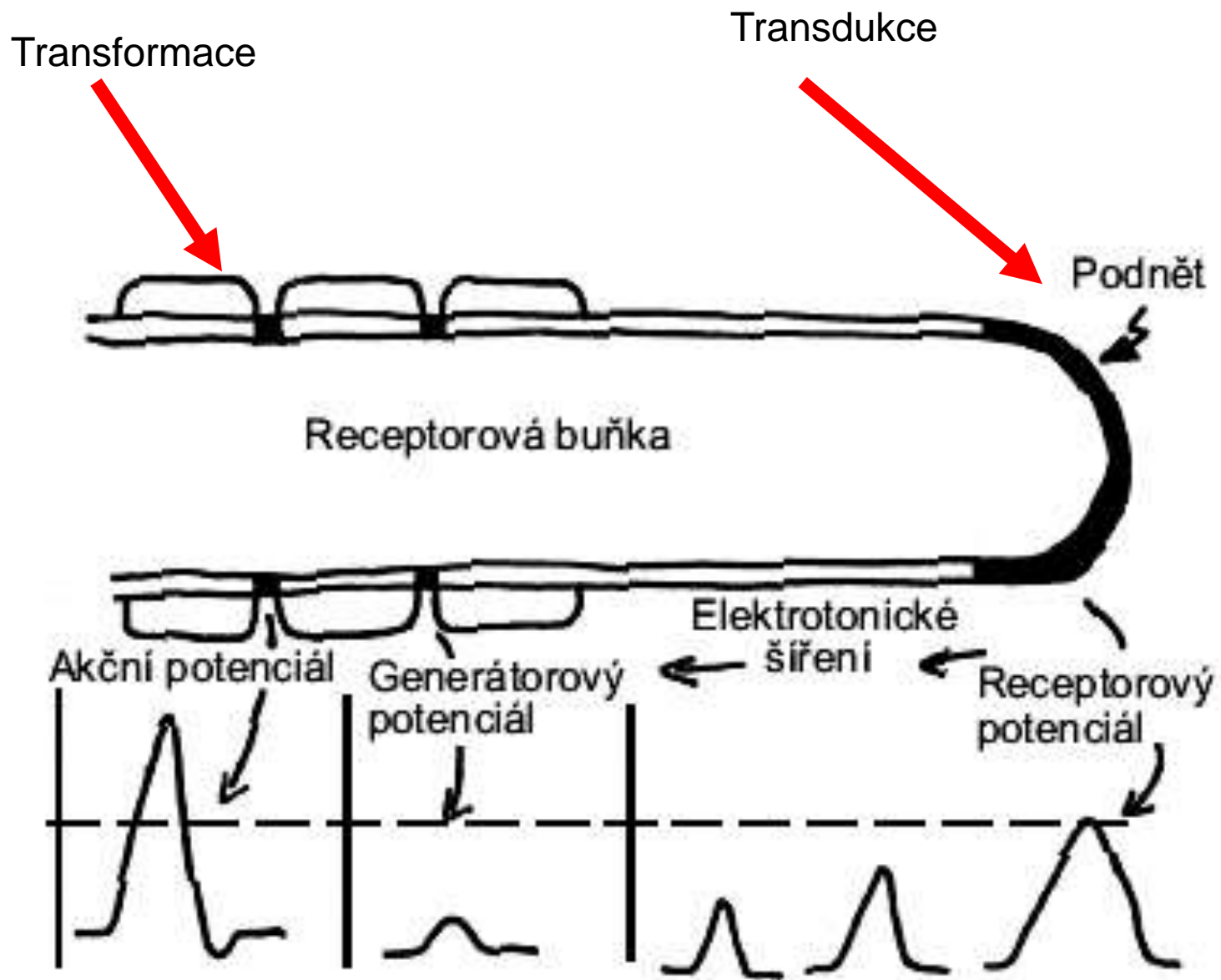
Co se děje na membránách.

Receptorové buňky jsou brány,
kterými vstupují signály do NS

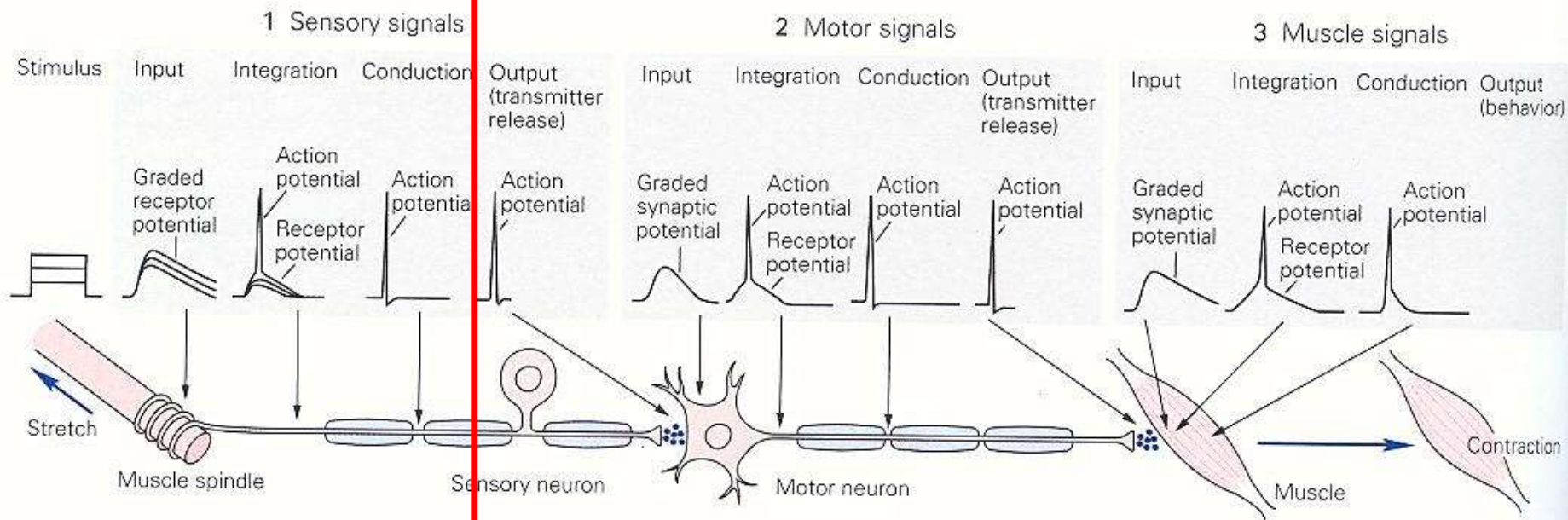
Exteroreceptory x interoreceptory



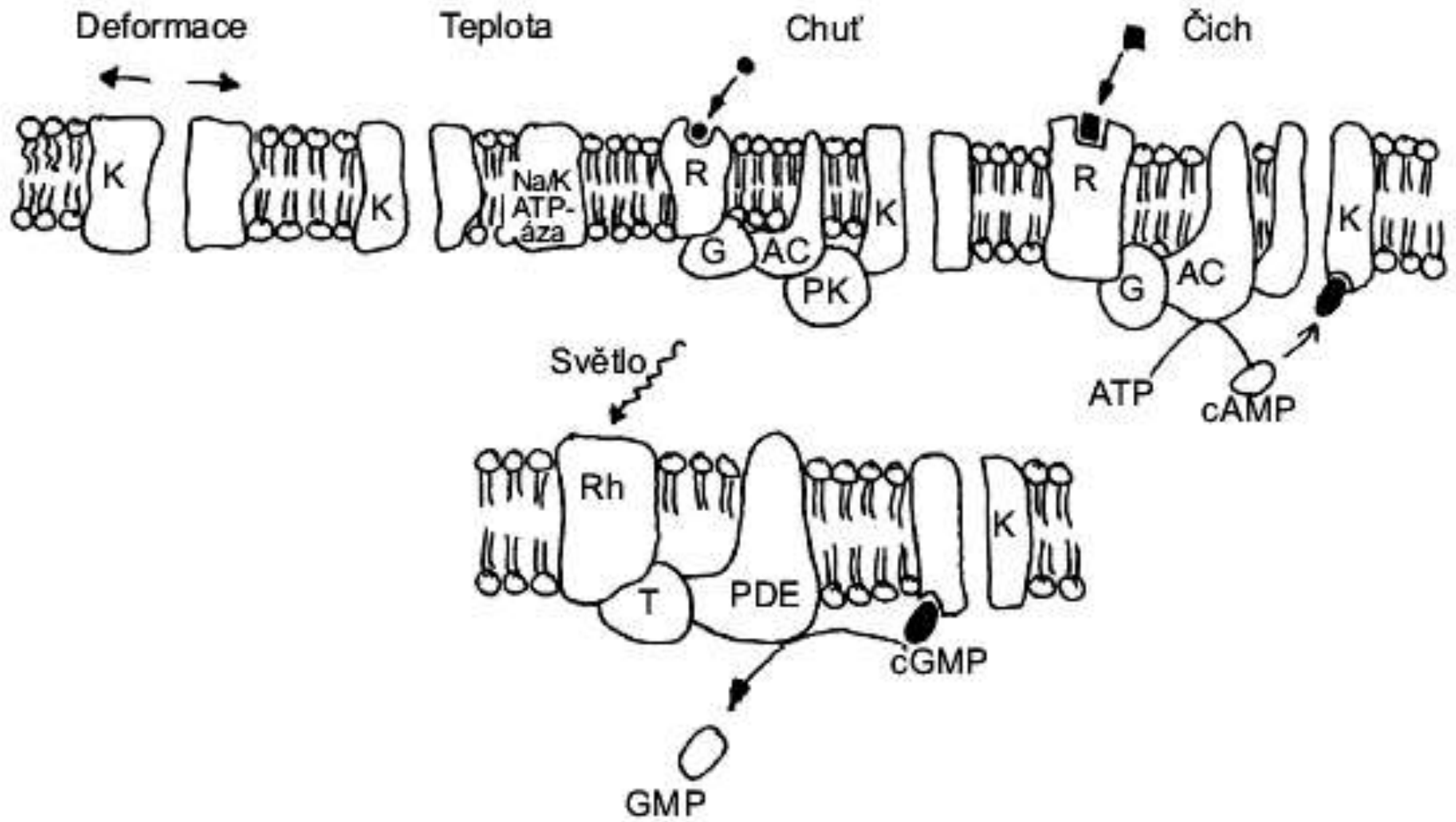
Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.



Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

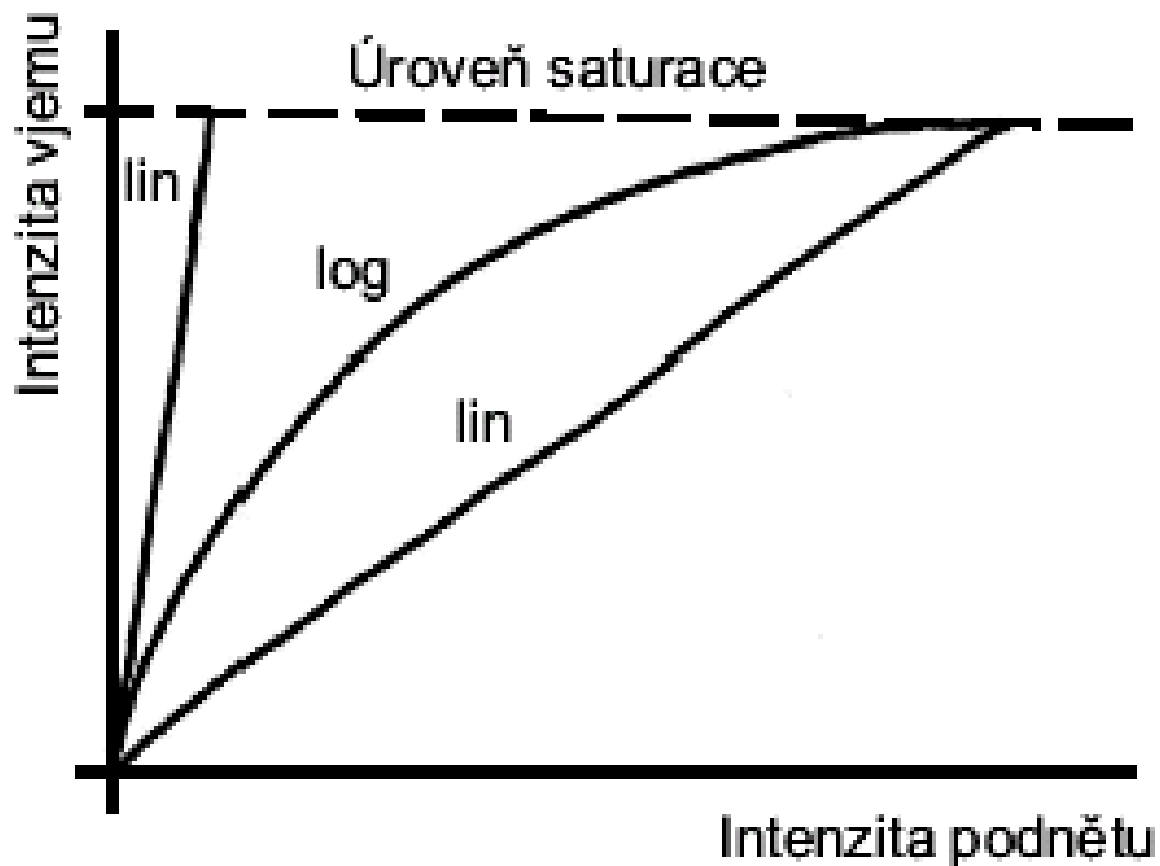


Vlastnosti membrány jsou klíčem pro transdukcí.



Intenzita podnětu a intenzita odpovědi.

Logaritmická závislost je dobrý kompromis mezi potřebou citlivosti a rozsahem.



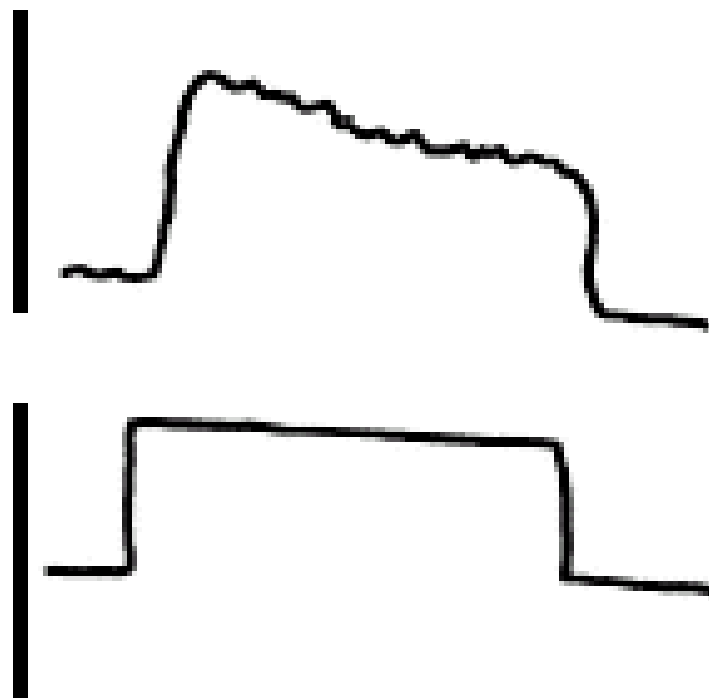
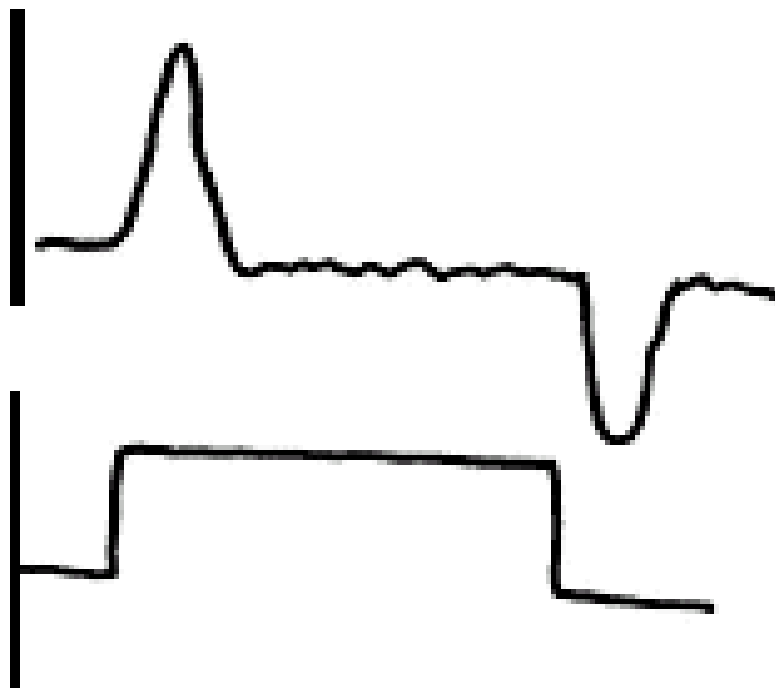
Trvání podnětu a trvání odpovědi.

Většina exteroceptorů se v různé míře adaptuje.

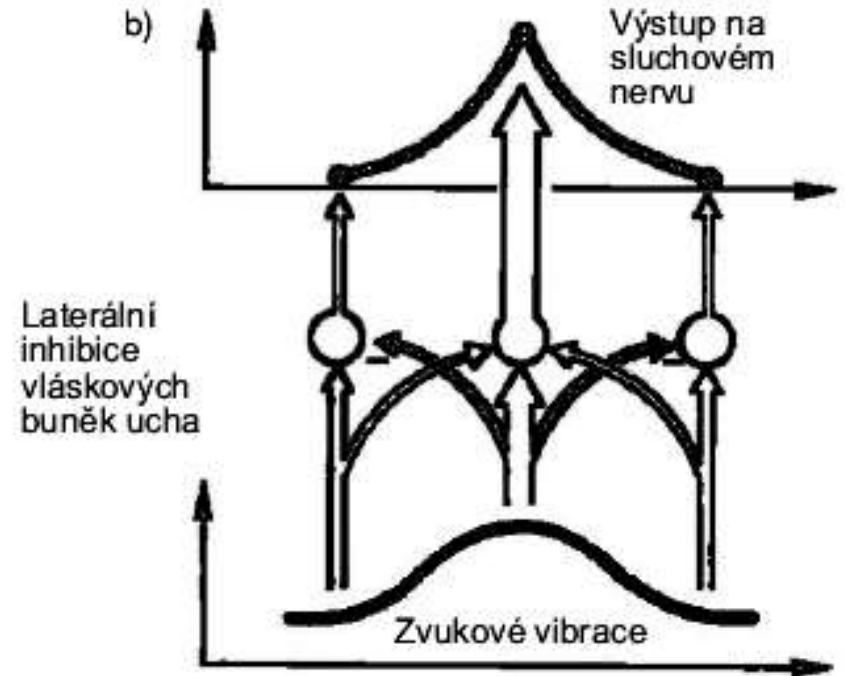
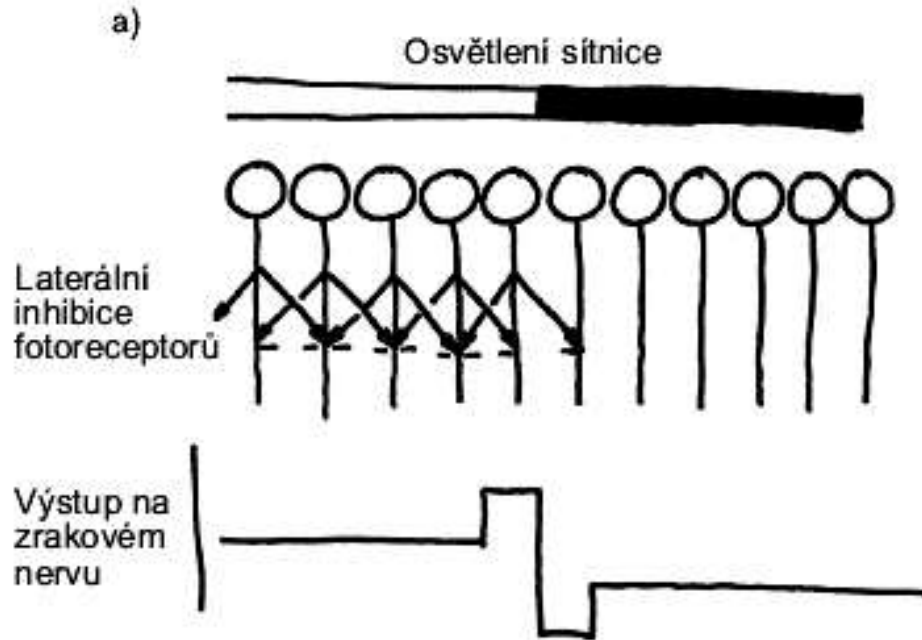
Diferenční receptor

Proporcionální receptor

Podnět



Laterální inhibice: vyšší rozlišovací schopnost zesílení kontrastů



Smyslové dráhy

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

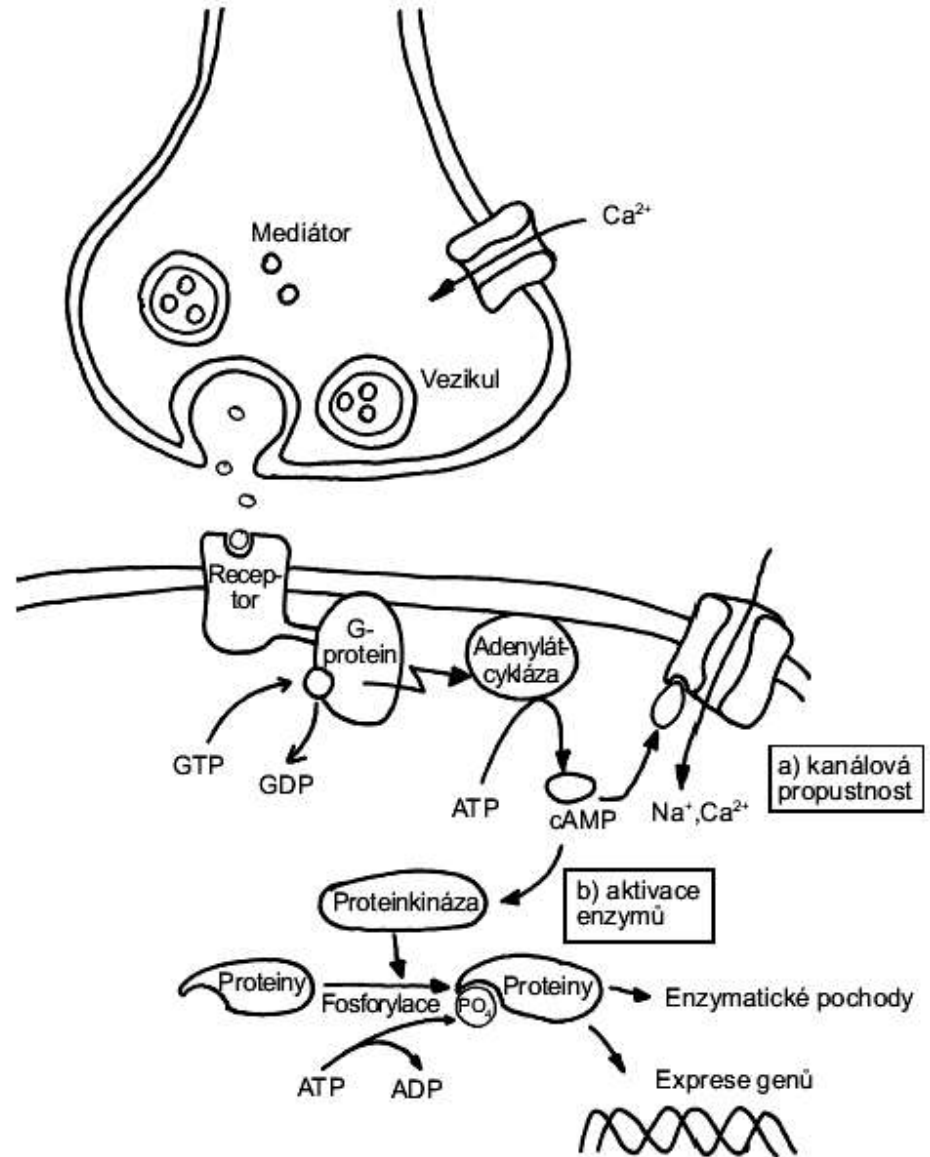


Chemorecepce

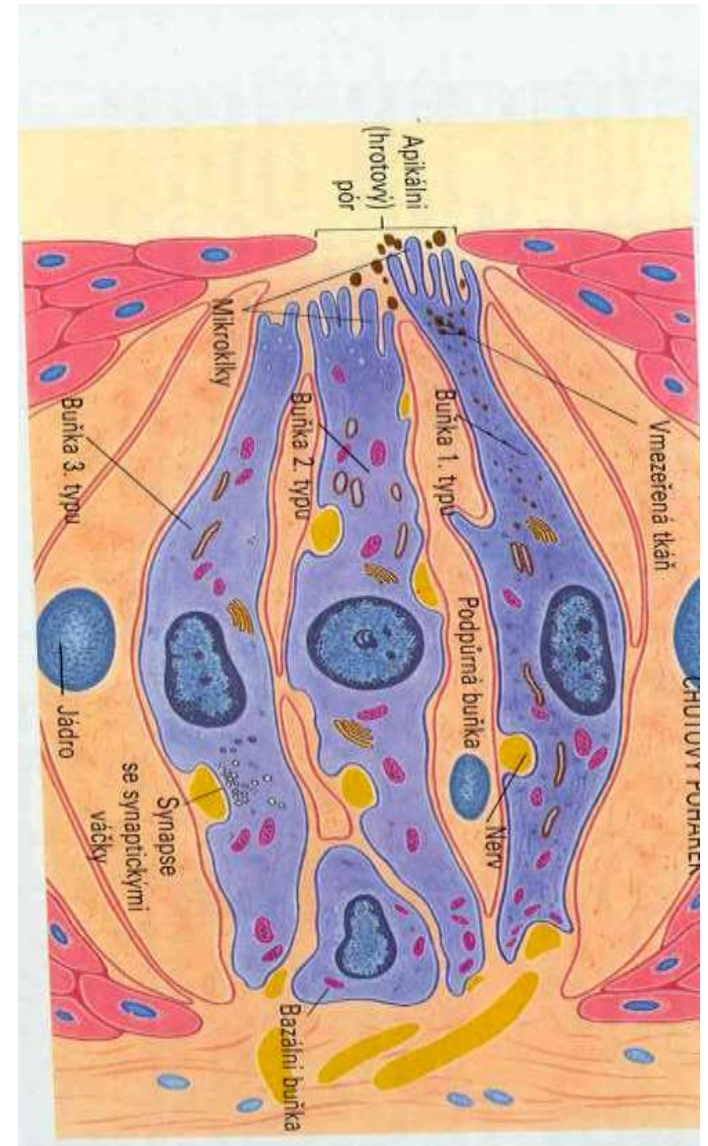
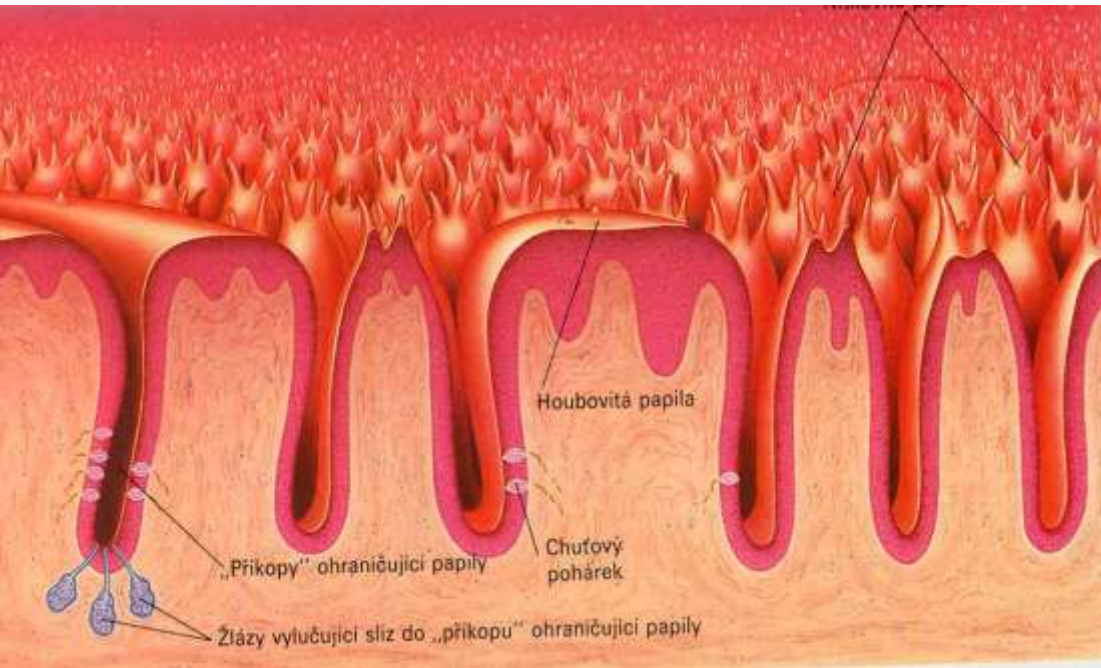
Vyzkoušené molekulární schéma

Obecná chemorecepce buněk

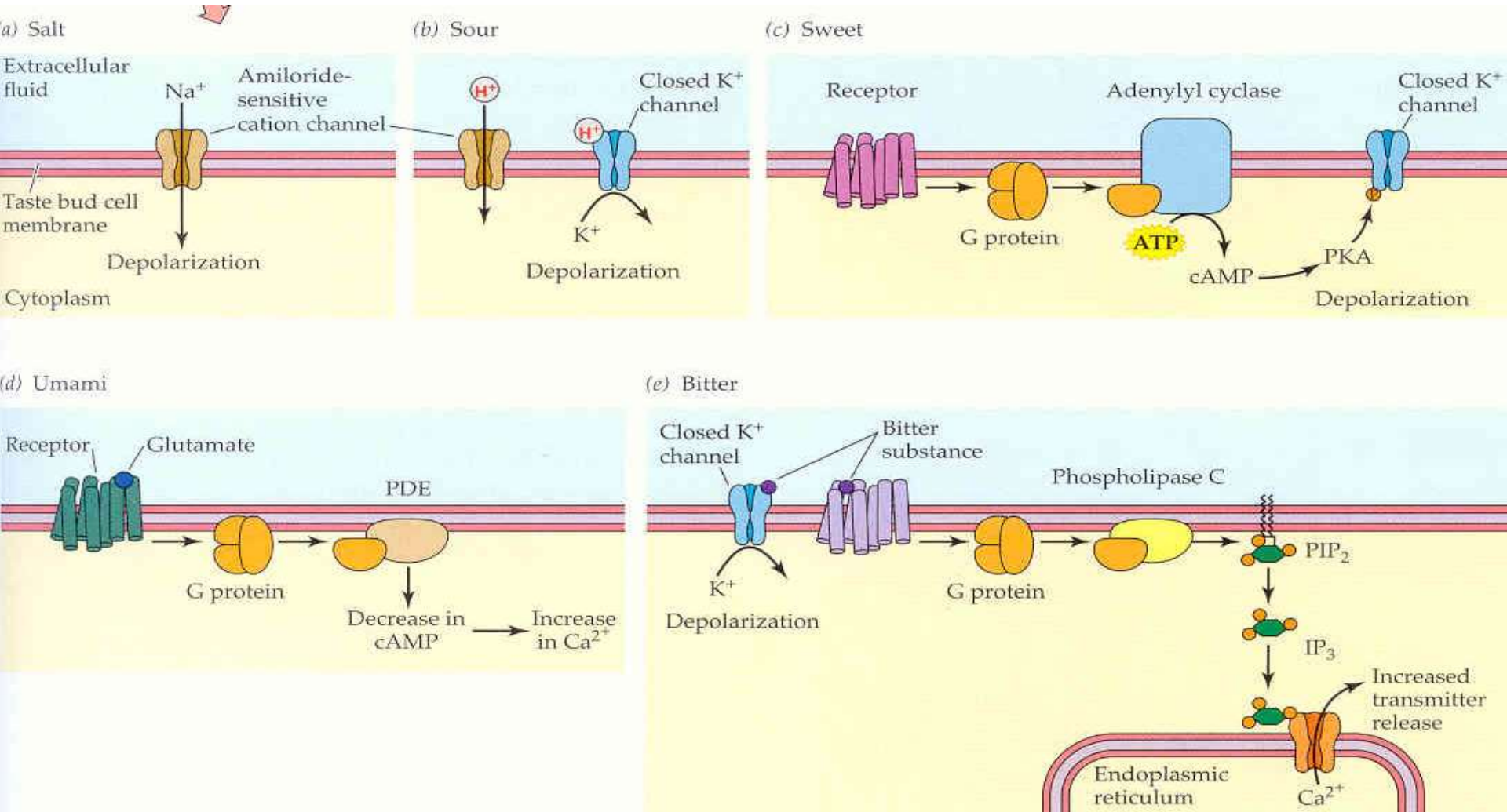
Pro smyslovou recepci musí být signál doveden na kanál



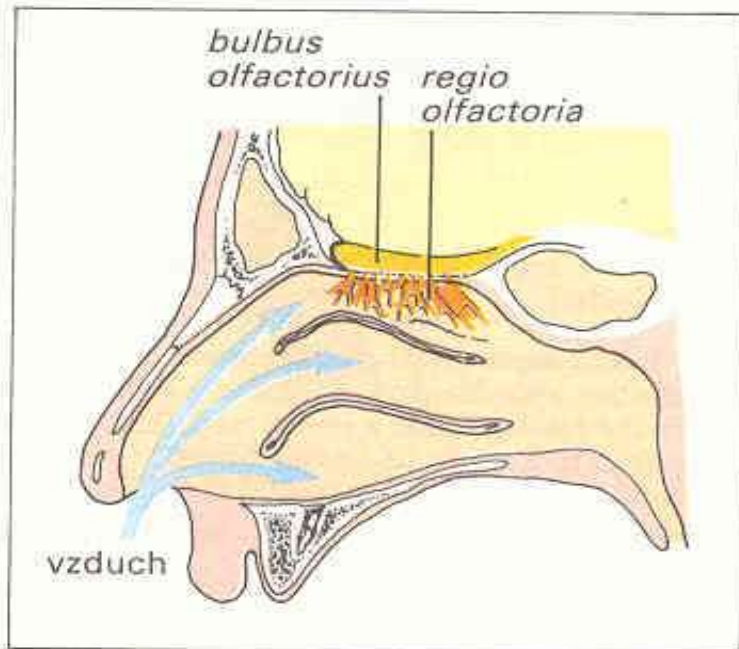
Chuť



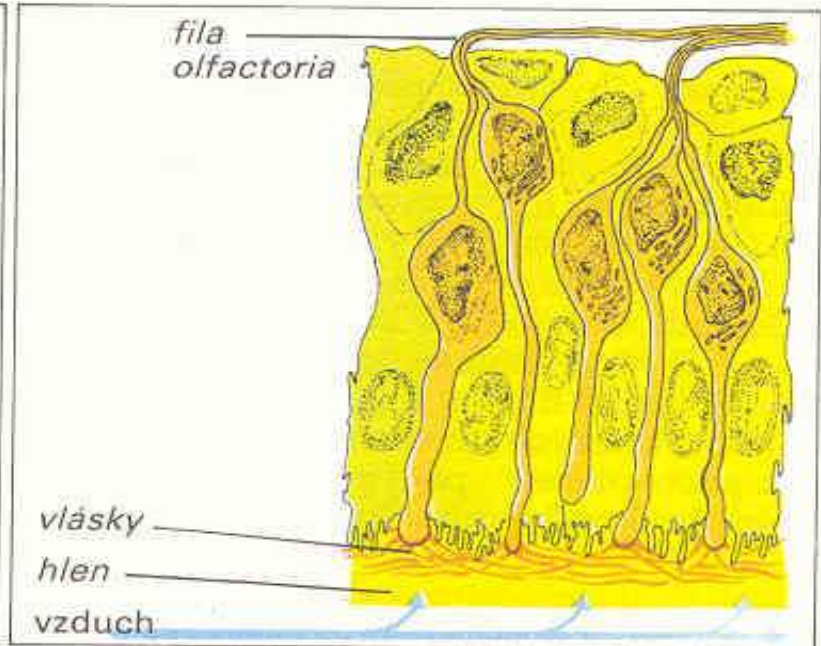
Různě složité transdukční cesty 5 základních chutí.



Čich

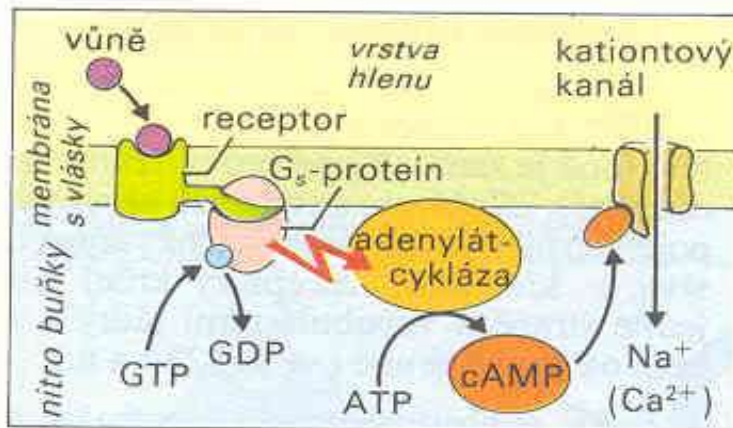


A. Nosní dutina a čichový orgán

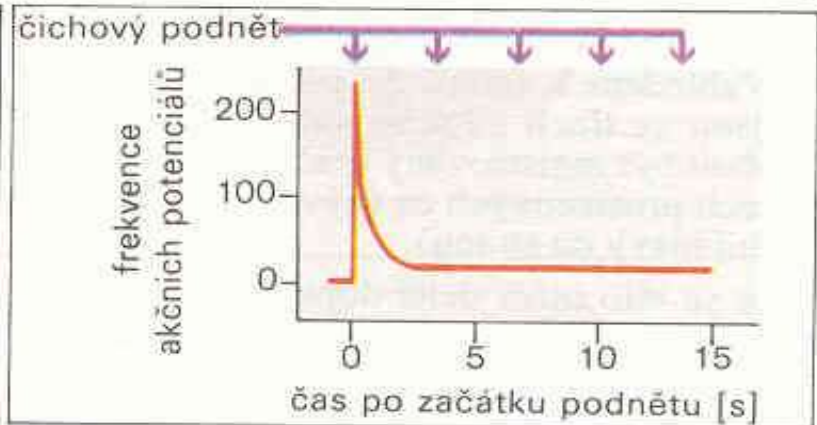


B. Čichový epitel

(podle Andrese)

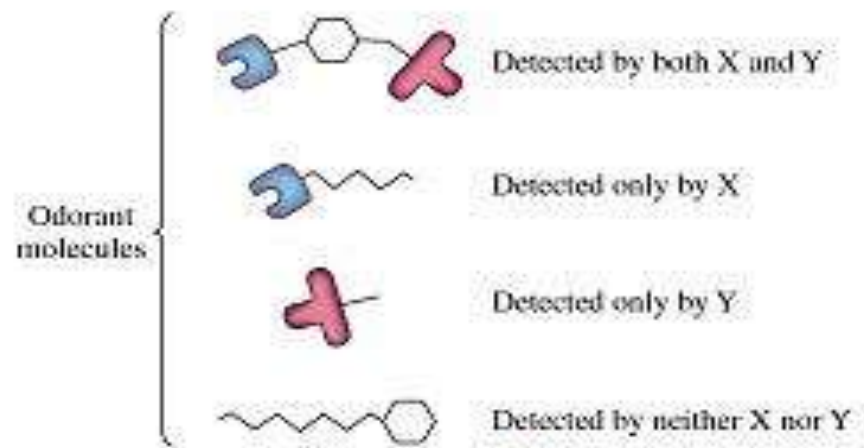
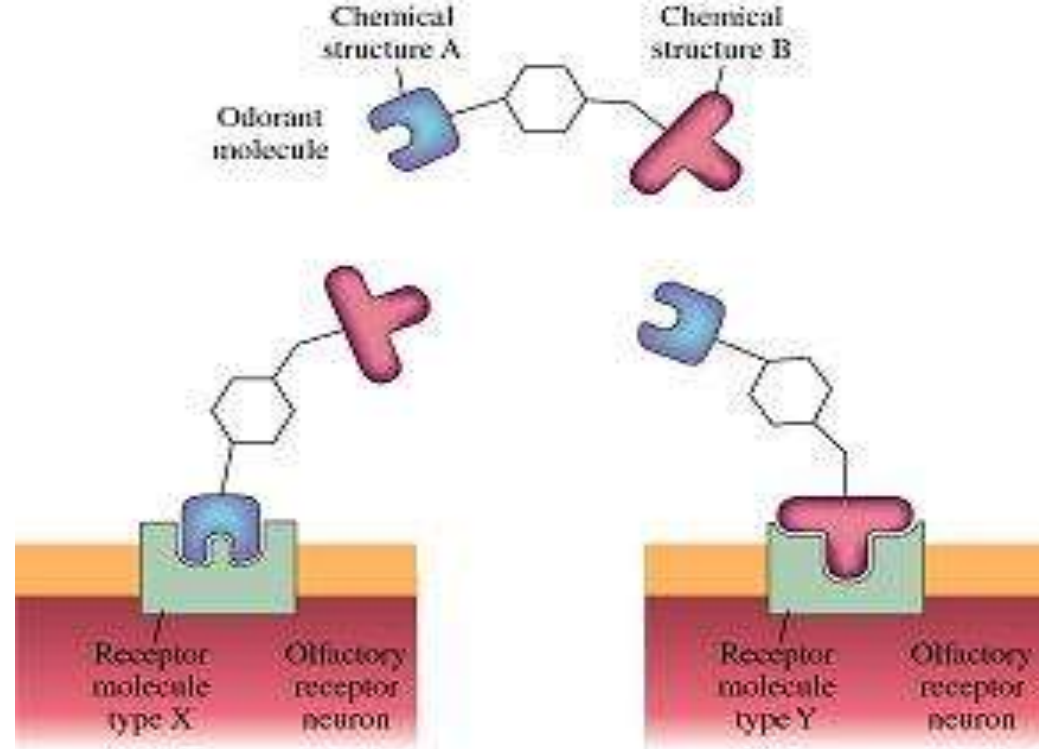


C. Transdukce čichového podnětu



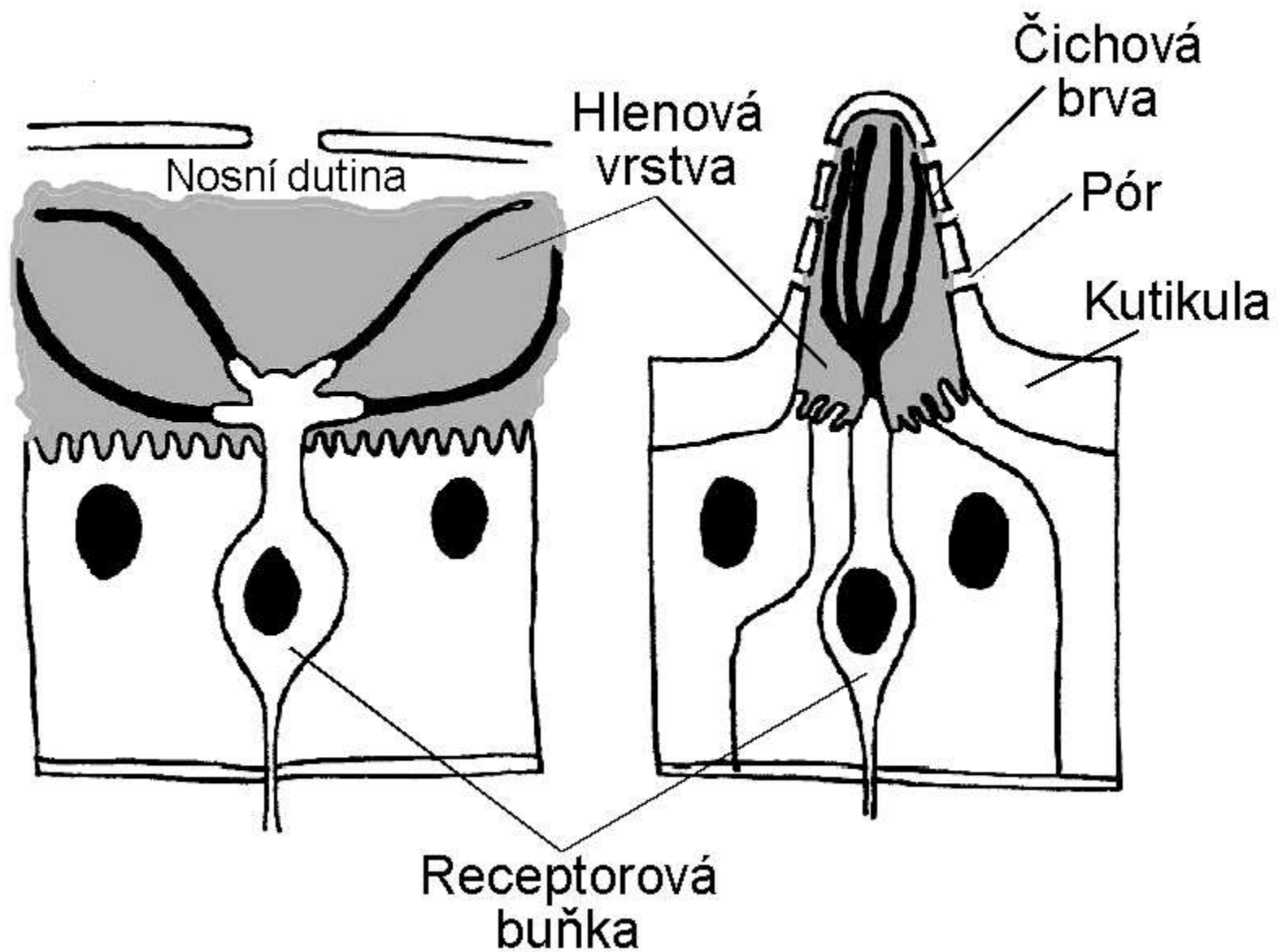
D. Adaptace čichu

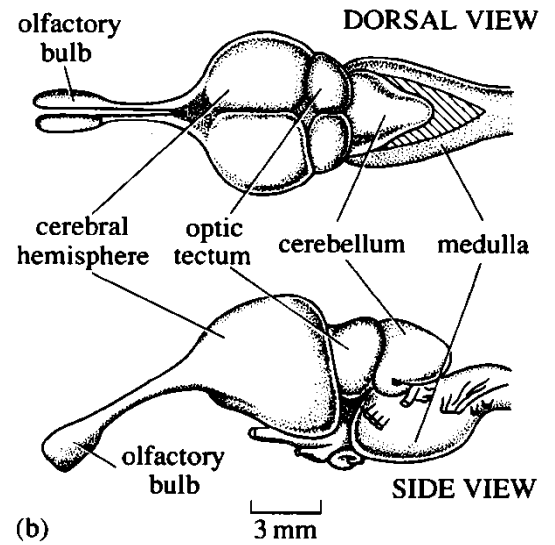
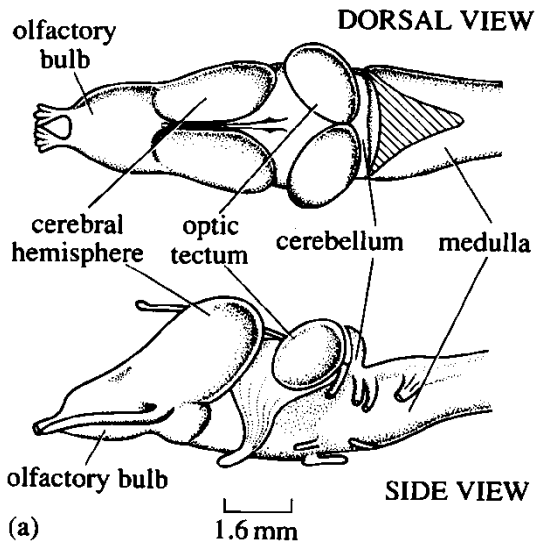
Specifita srovnatelná s imunitní Cis/trans rozlišení



a) Savci

b) Hmyz





Čichový lalok koncového mozku

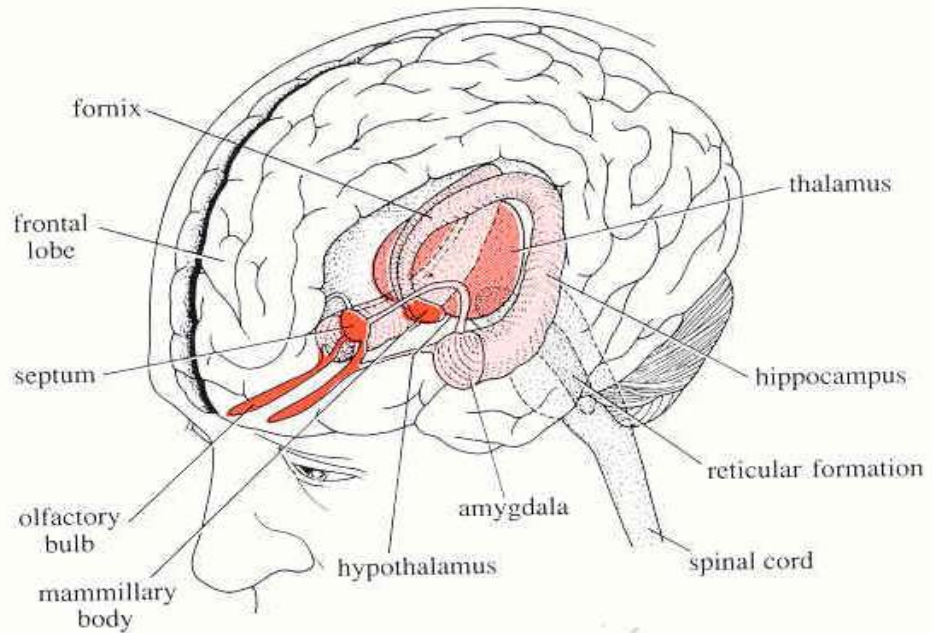


Figure 10.1 The limbic system (the main limbic system structures are shown in red)

Mapa vůní – vzorec aktivovaných glomerulů
 Konvergence neprostorového parametru
 na prostorový

savec

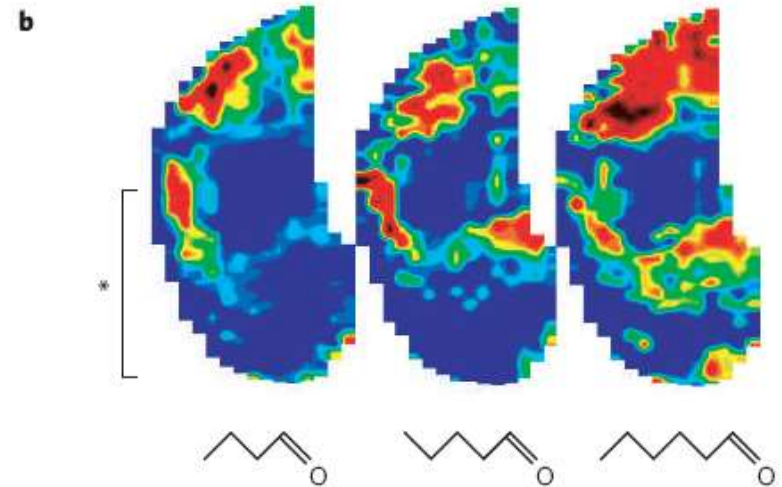
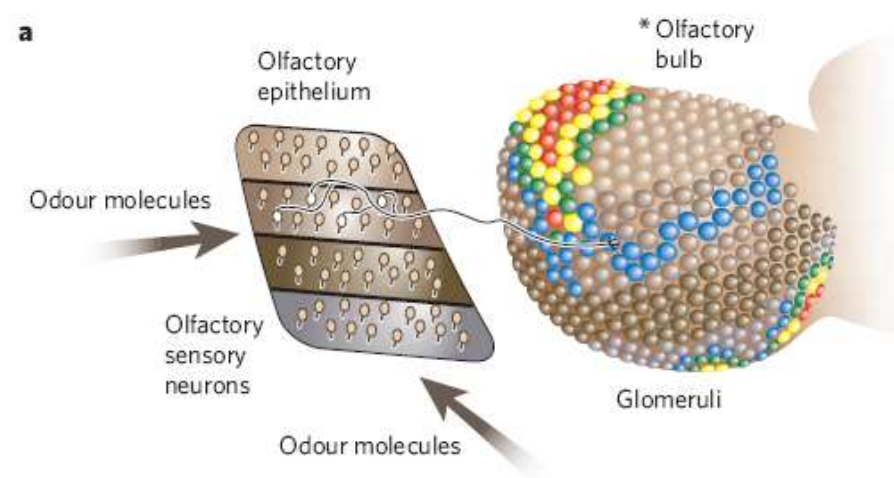
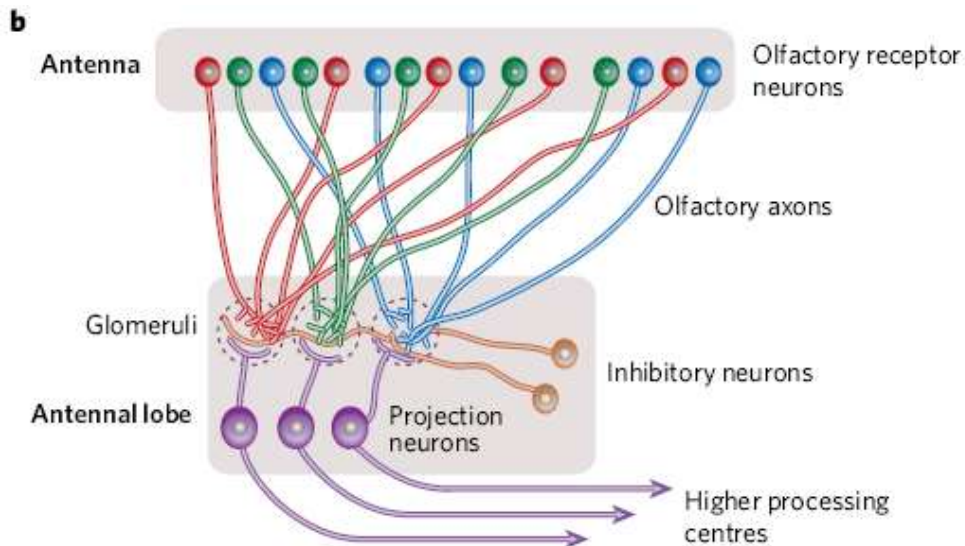


Figure 1 | Odour images in the olfactory glomerular layer. **a**, Diagram showing the relationship between the olfactory receptor cell sheet in the nose and the glomeruli of the olfactory bulb⁵³. **b**, fMRI images of the different but overlapping activity patterns seen in the glomerular layer of the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

Drosophila



Mechanorecepce

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

Jednotné molekulární schéma

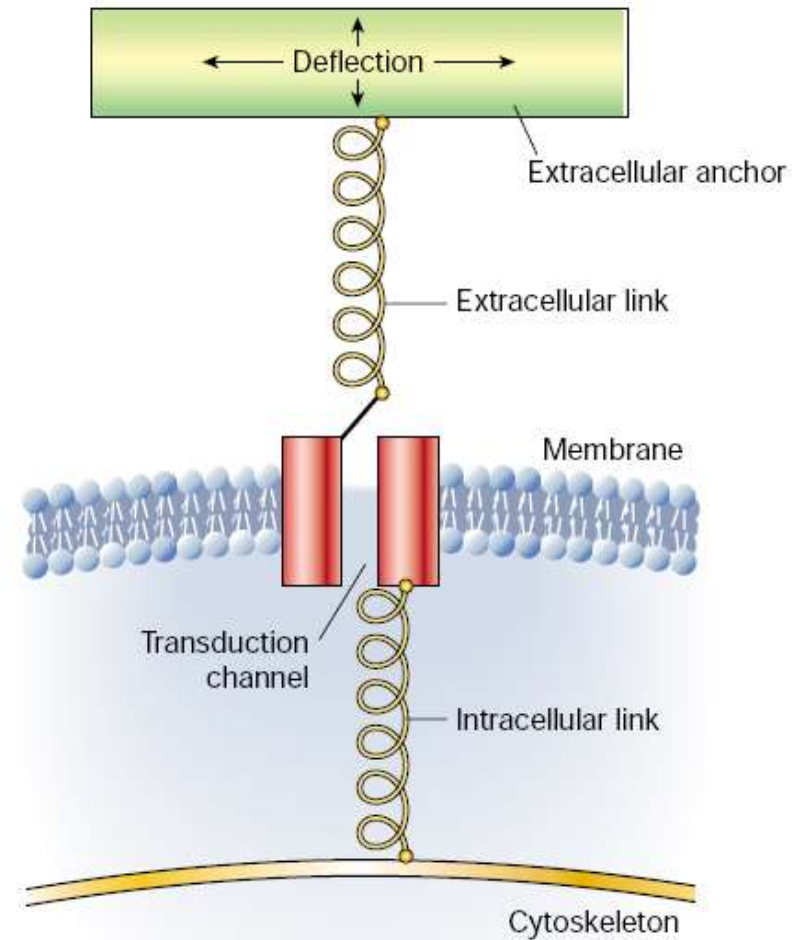


Figure 1 General features of mechanosensory transduction. A transduction channel is anchored by intracellular and extracellular anchors to the cytoskeleton and to an extracellular structure to which forces are applied. The transduction channel responds to tension in the system, which is increased by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

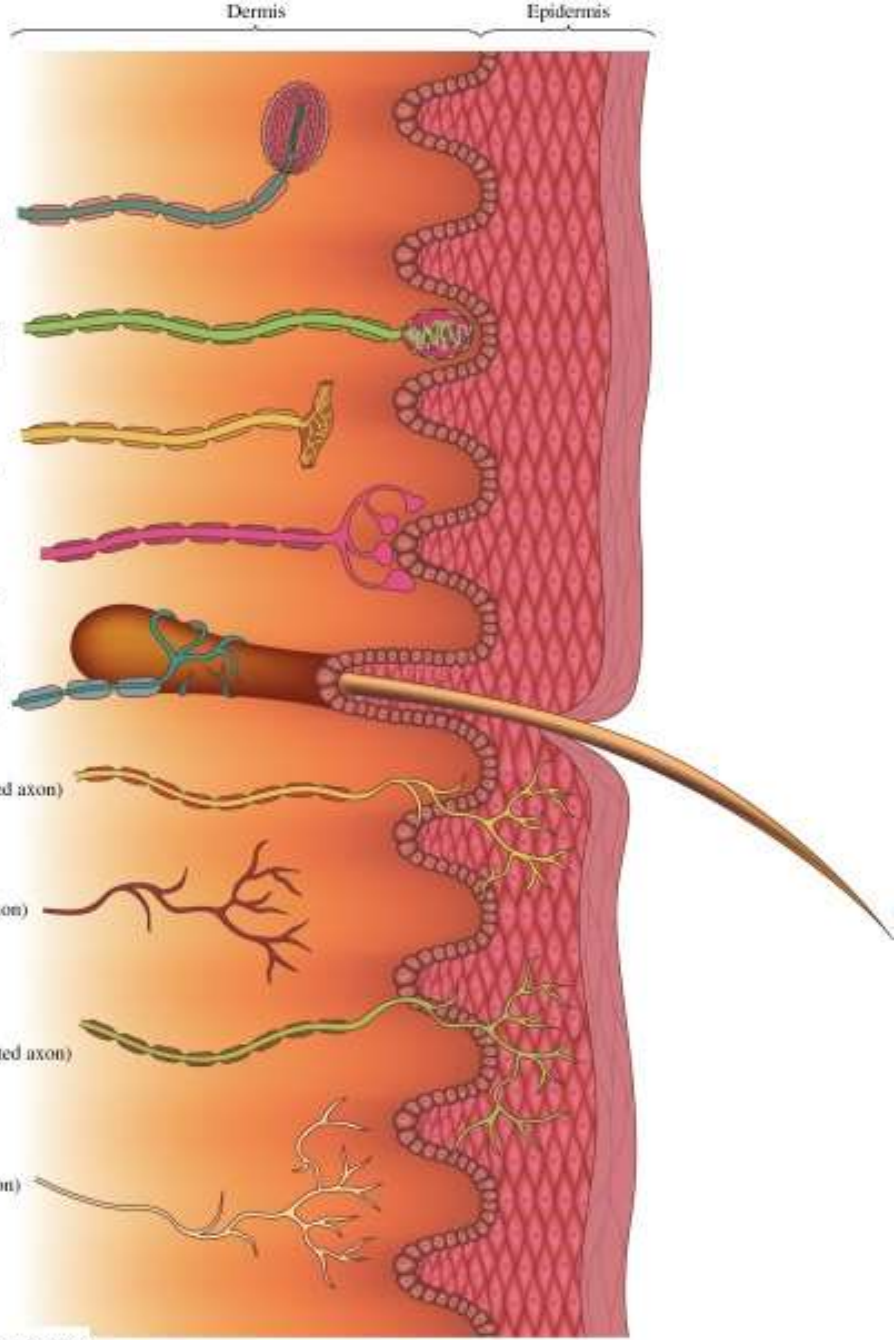
Cold (smaller myelinated axon)

Warm (unmyelinated axon)

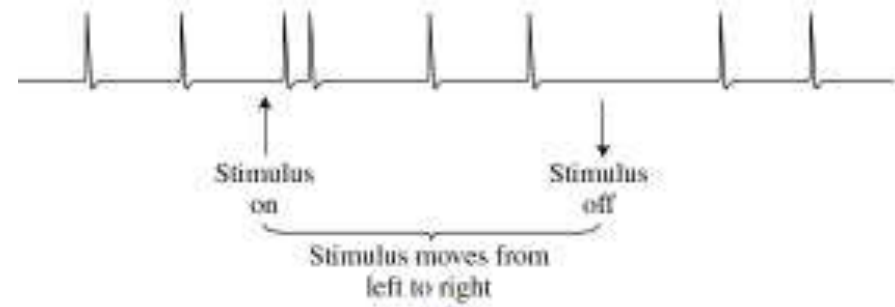
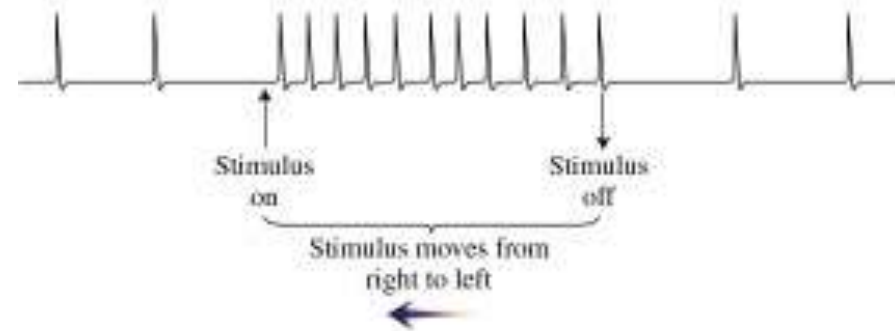
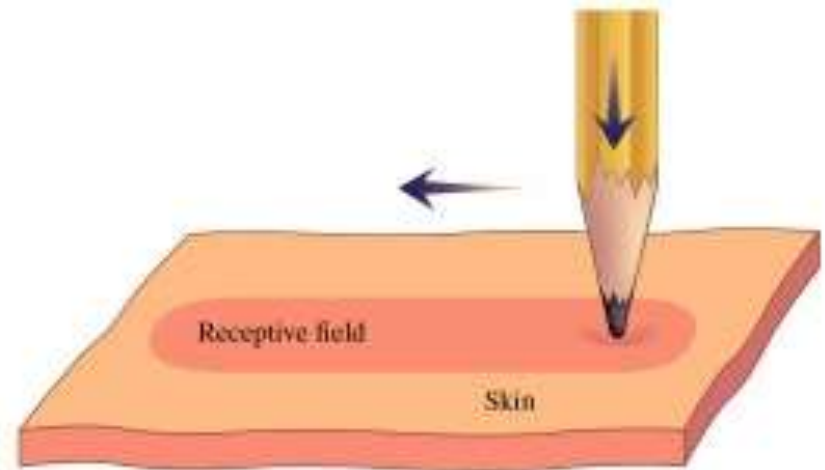
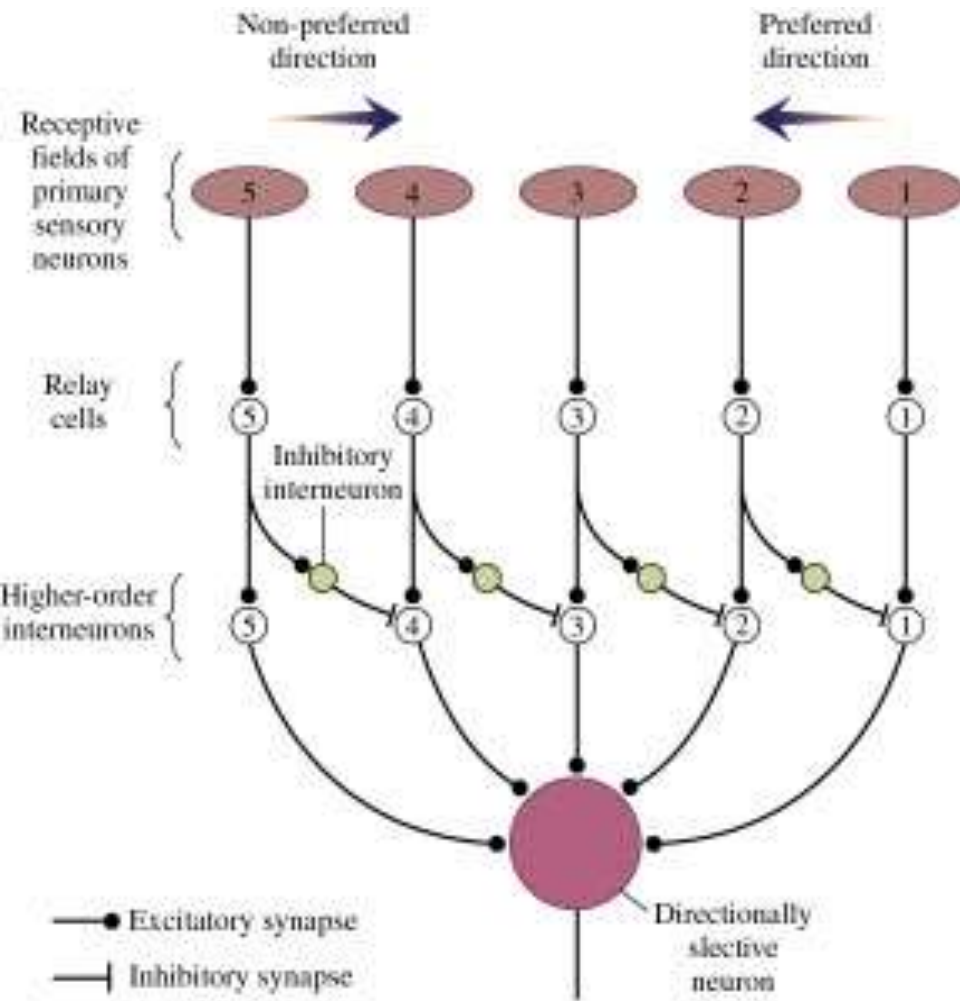
Nociceptors

Rapid (smaller myelinated axon)

Slow (unmyelinated axon)



Periferní detektor směru pohybu



Somatosensorické vnímání

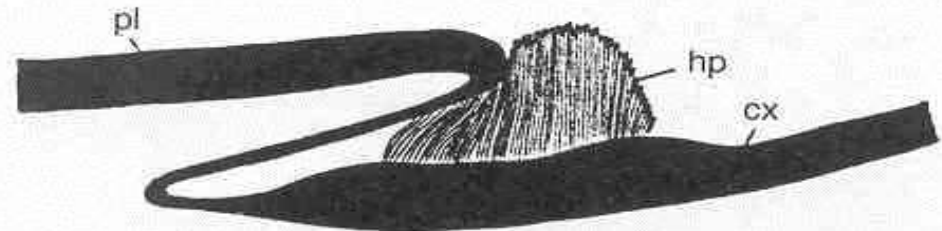
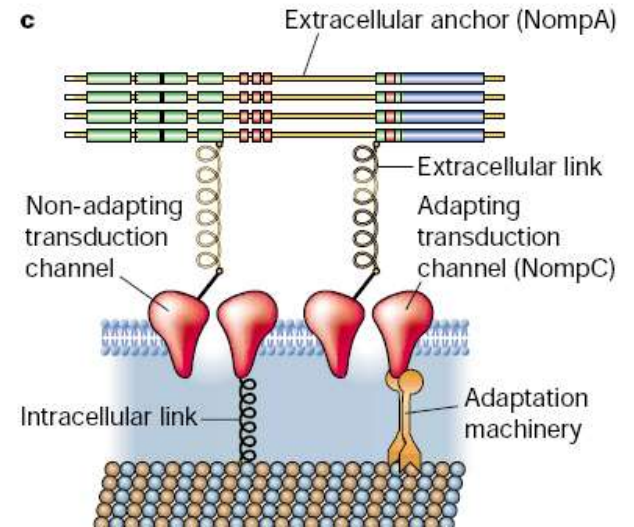
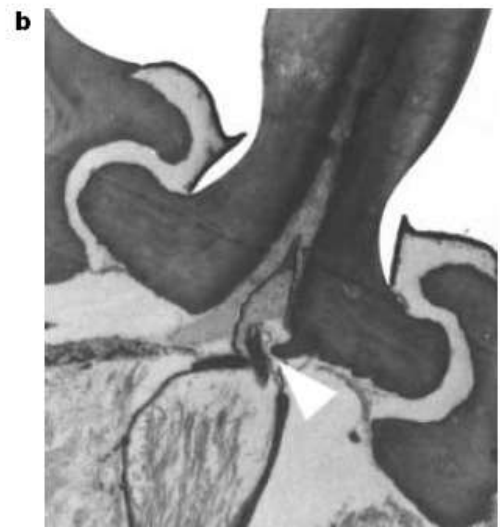
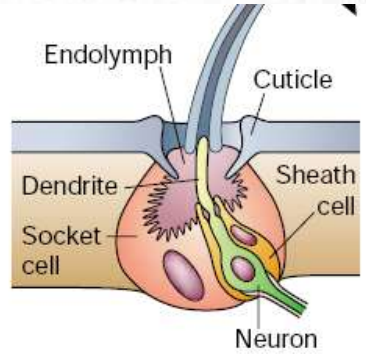
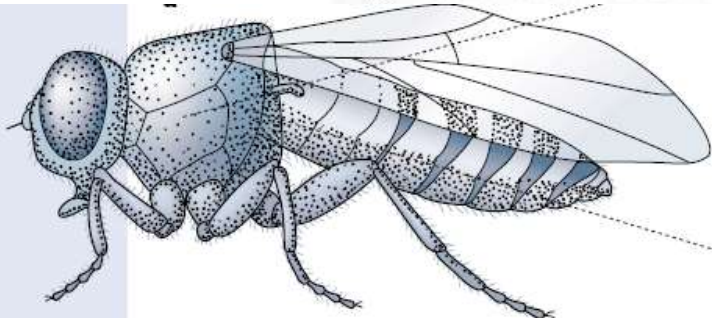


Figure 6.3 (a) The figure shows the brushwork of sensilla at the articulation of the second leg of the cockroach, *Periplaneta americana*. The thick cuticle of the pleuron (pl) thins to a delicate articular membrane and then thickens again to form the cuticle surrounding the coxa (cx), the first segment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

Figure 3 *Drosophila* bristle-receptor model.

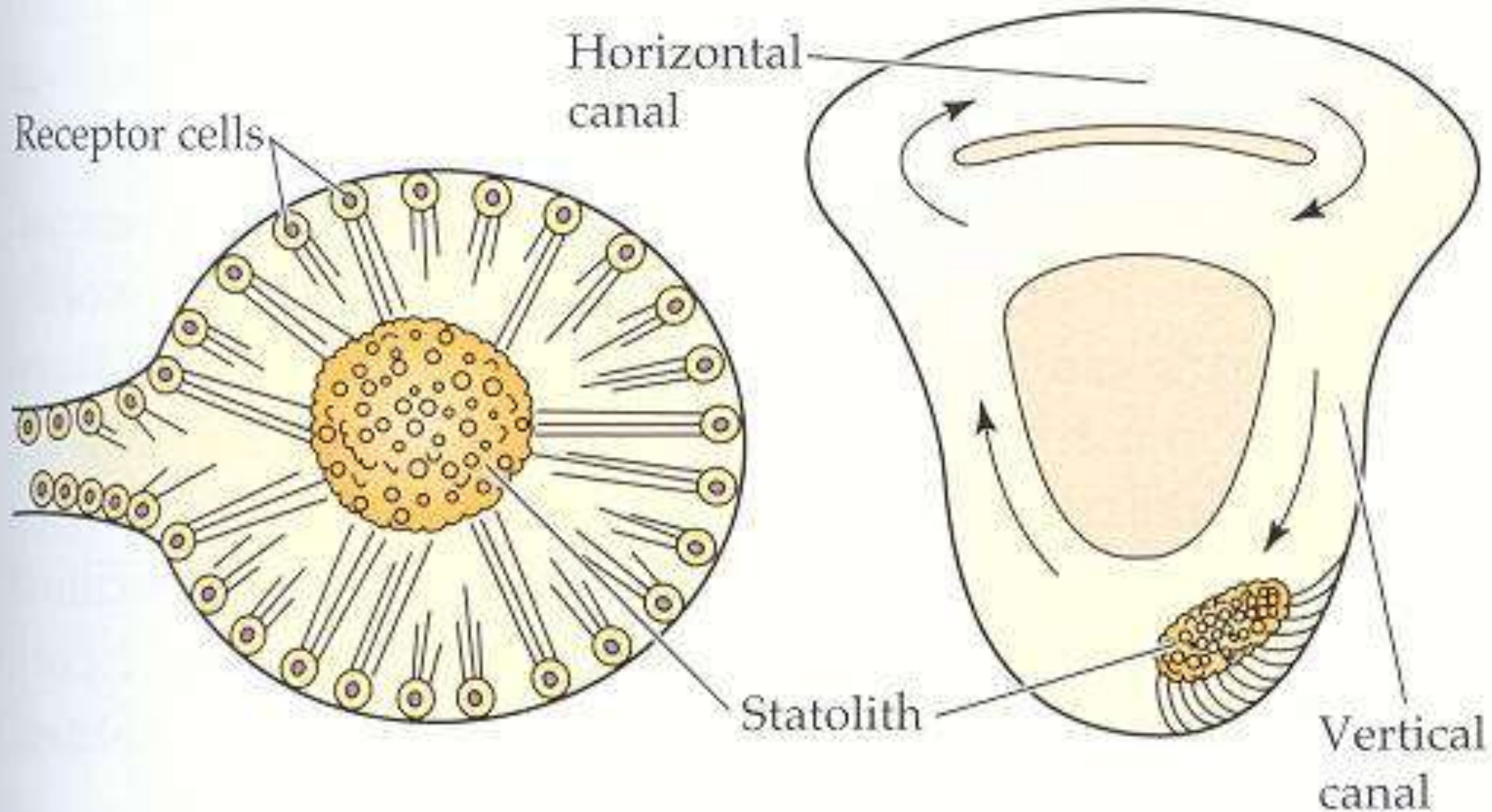
a. Lateral view of *D. melanogaster* showing the hundreds of bristles that cover the fly's cuticle. The expanded view of a single bristle indicates the locations of the stereotypical set of cells and structures associated with each mechanosensory organ. Movement of the bristle towards the cuticle of the fly (arrow) displaces the dendrite and elicits an excitatory response in the mechanosensory neuron. **b.** Transmission electron micrograph of an insect mechanosensory bristle showing the insertion of the dendrite at the base of the bristle. The bristle contacts the dendrite (arrowhead) so that movement of the shaft of the bristle will be detected by the neuron. **c.** Proposed molecular model of transduction for ciliated insect mechanoreceptors, with the locations of NompC and NompA indicated.



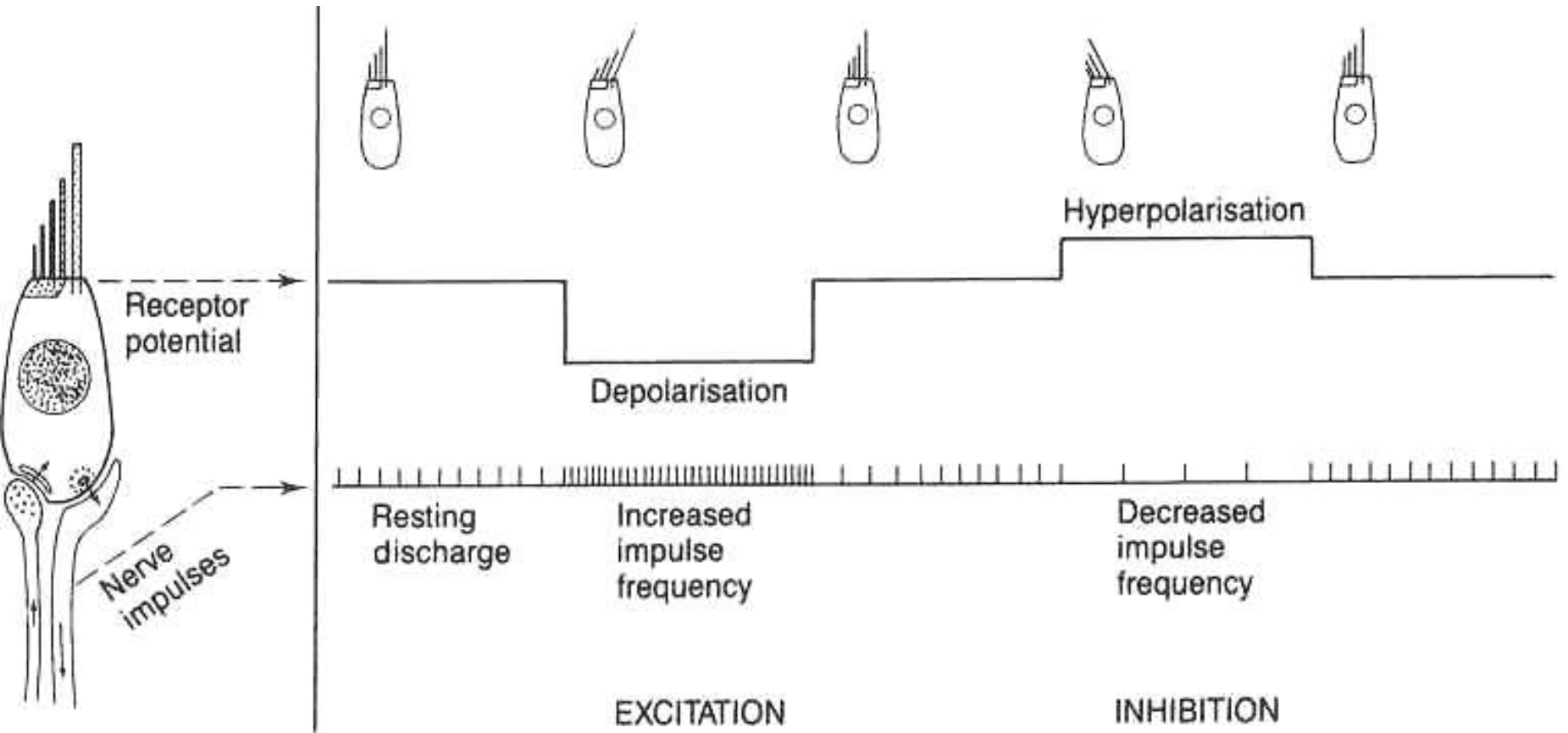
Smysl pro rovnováhu – Statocysta nebo kanálek

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

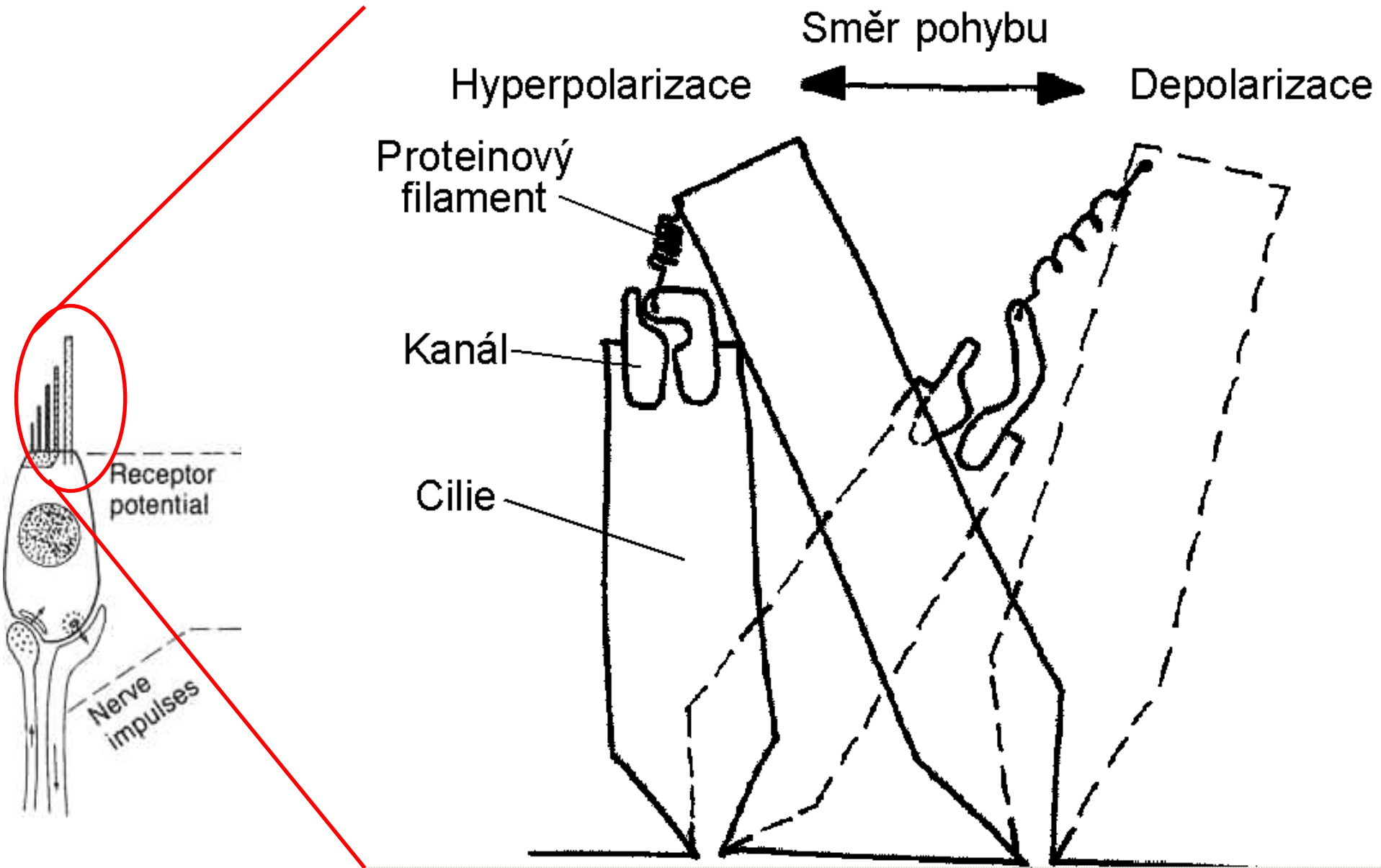
(b) Statocyst of a crab



Vlásoková buňka – specialista na jemný pohyb

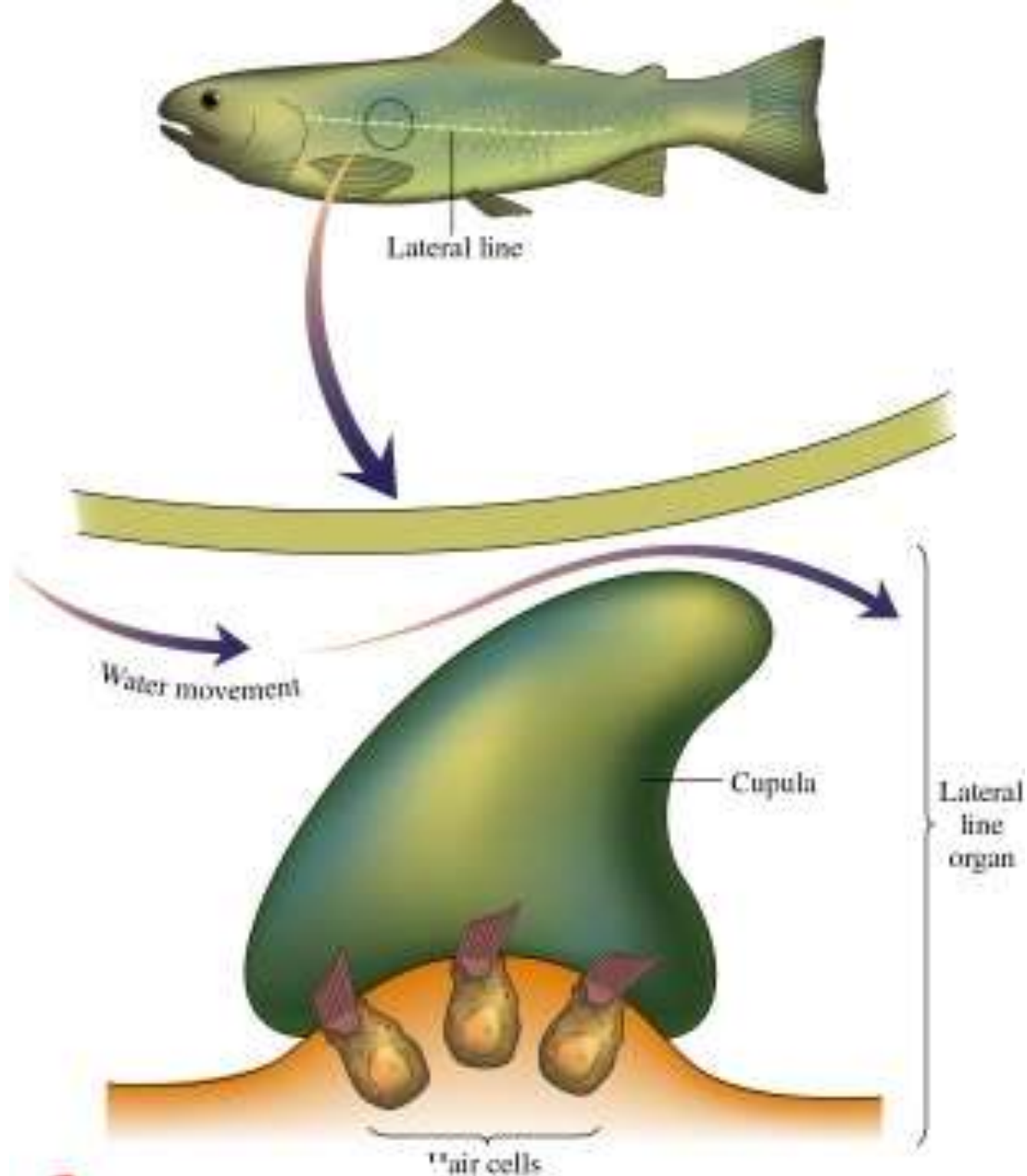


Vlásoková buňka – specialista na jemný pohyb

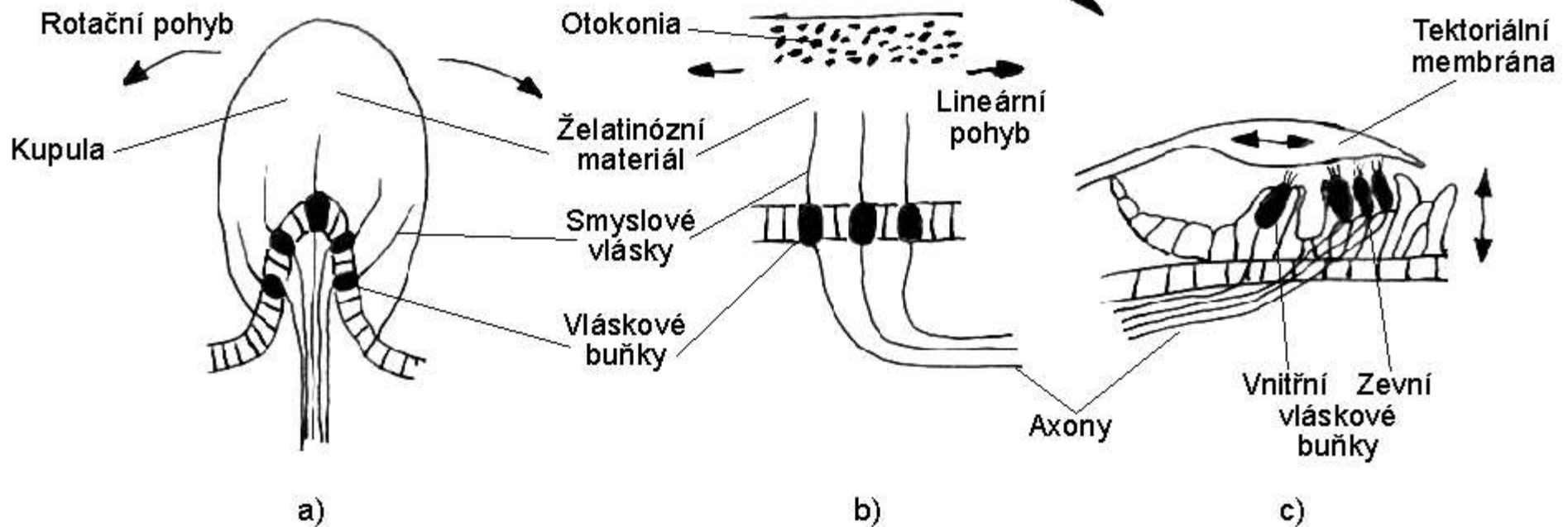
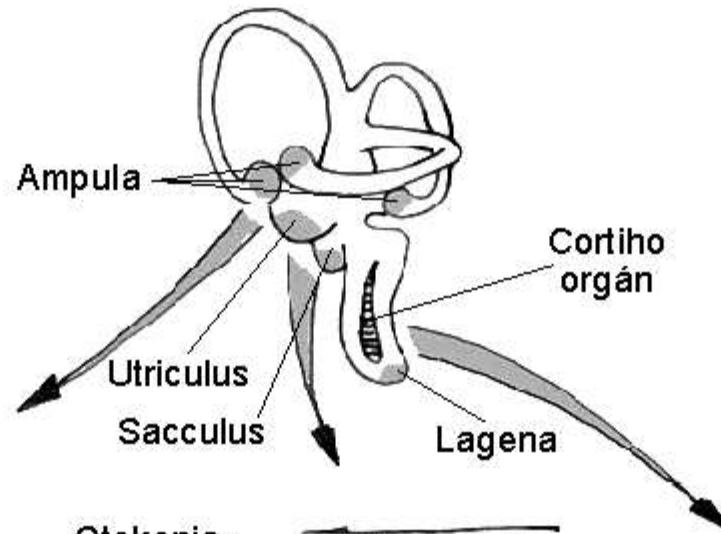


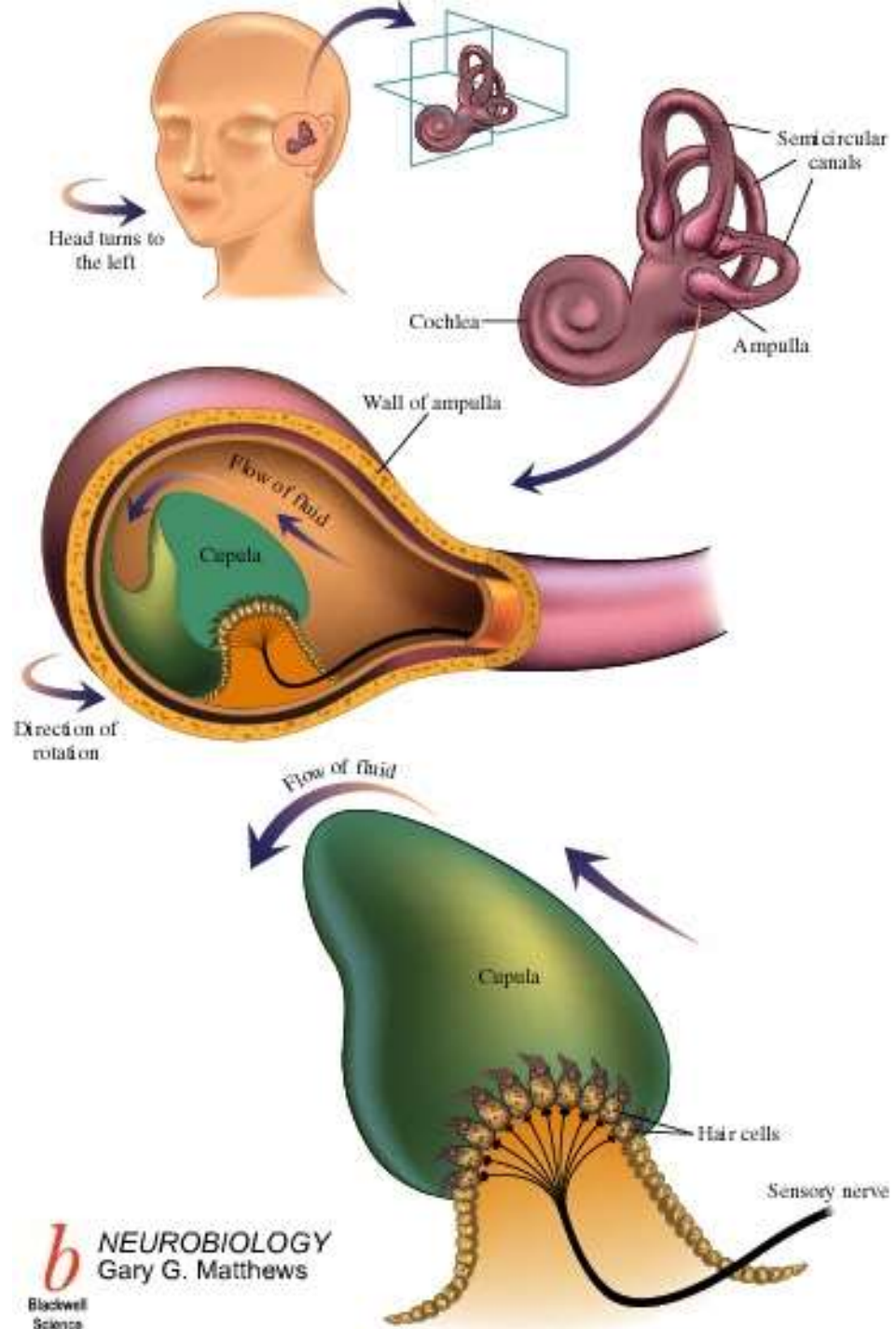
Proudový smysl -
Kanálek přepažený
kupulou s receptory

Ryba animace



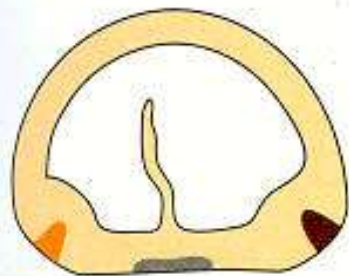
Vestibulární aparát a sluchový orgán



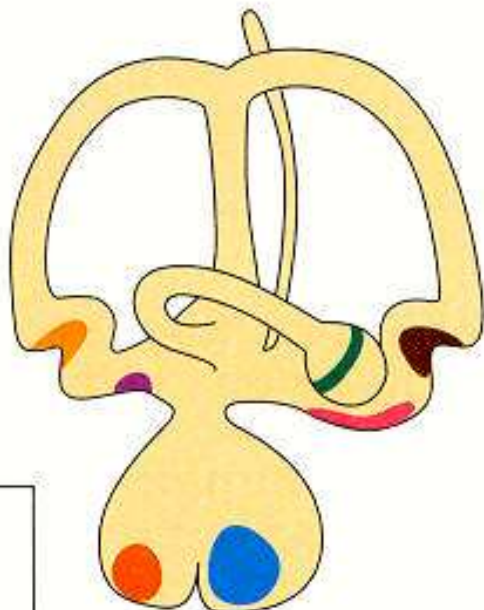


Evoluce smyslových polí tvořených vláskovými buňkami.

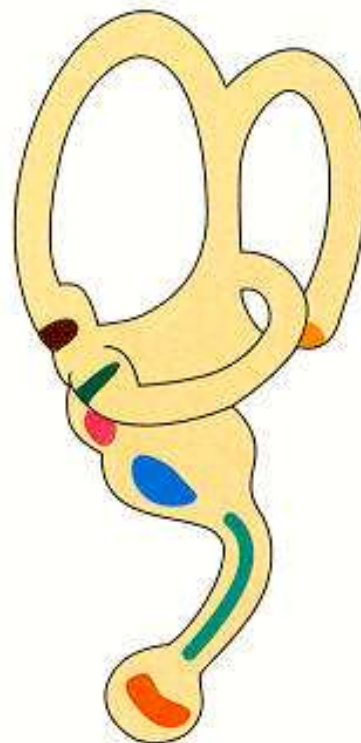
Fish (Myxine)



Frog



Bird

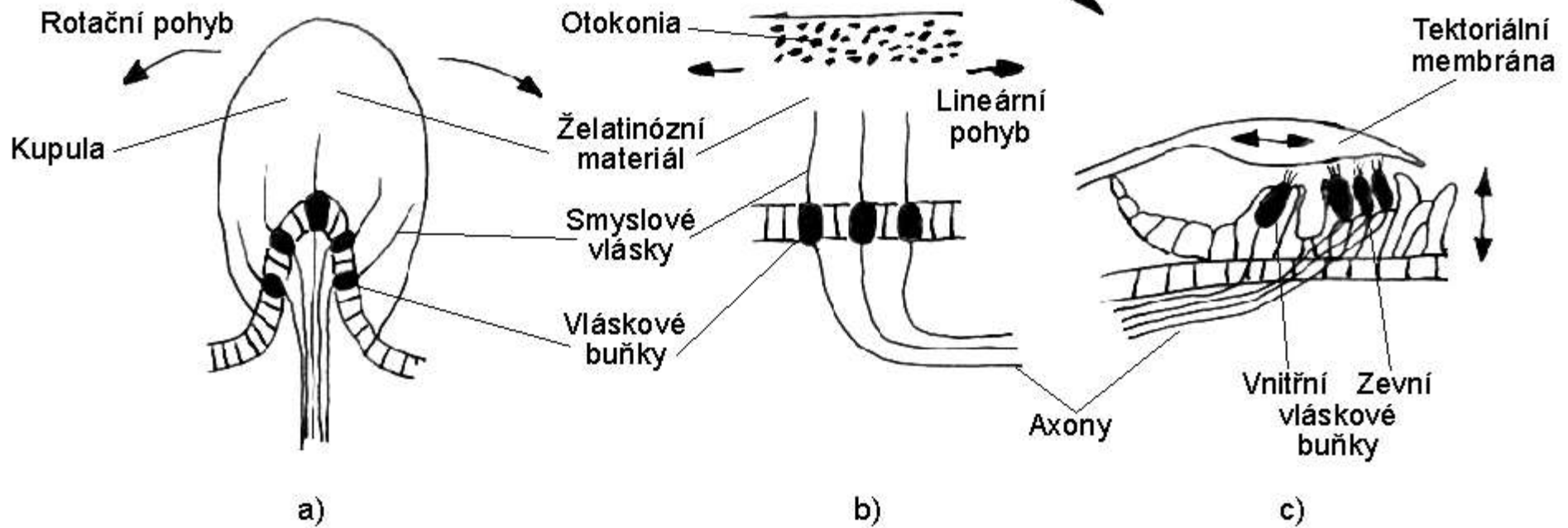
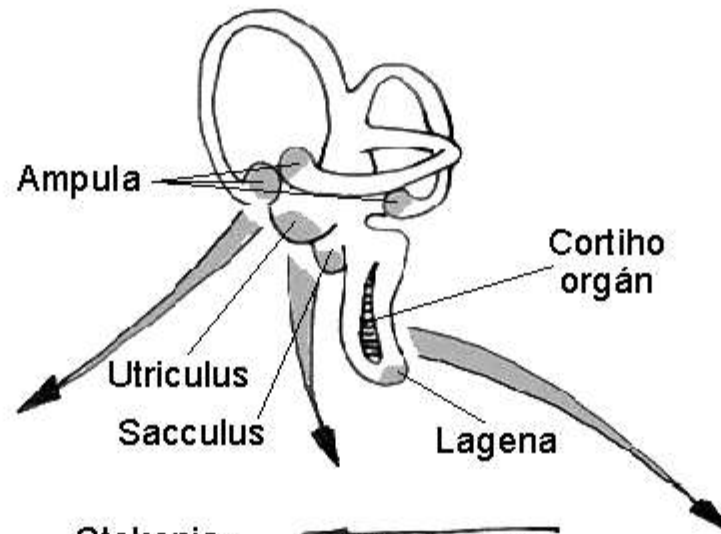


Mammal

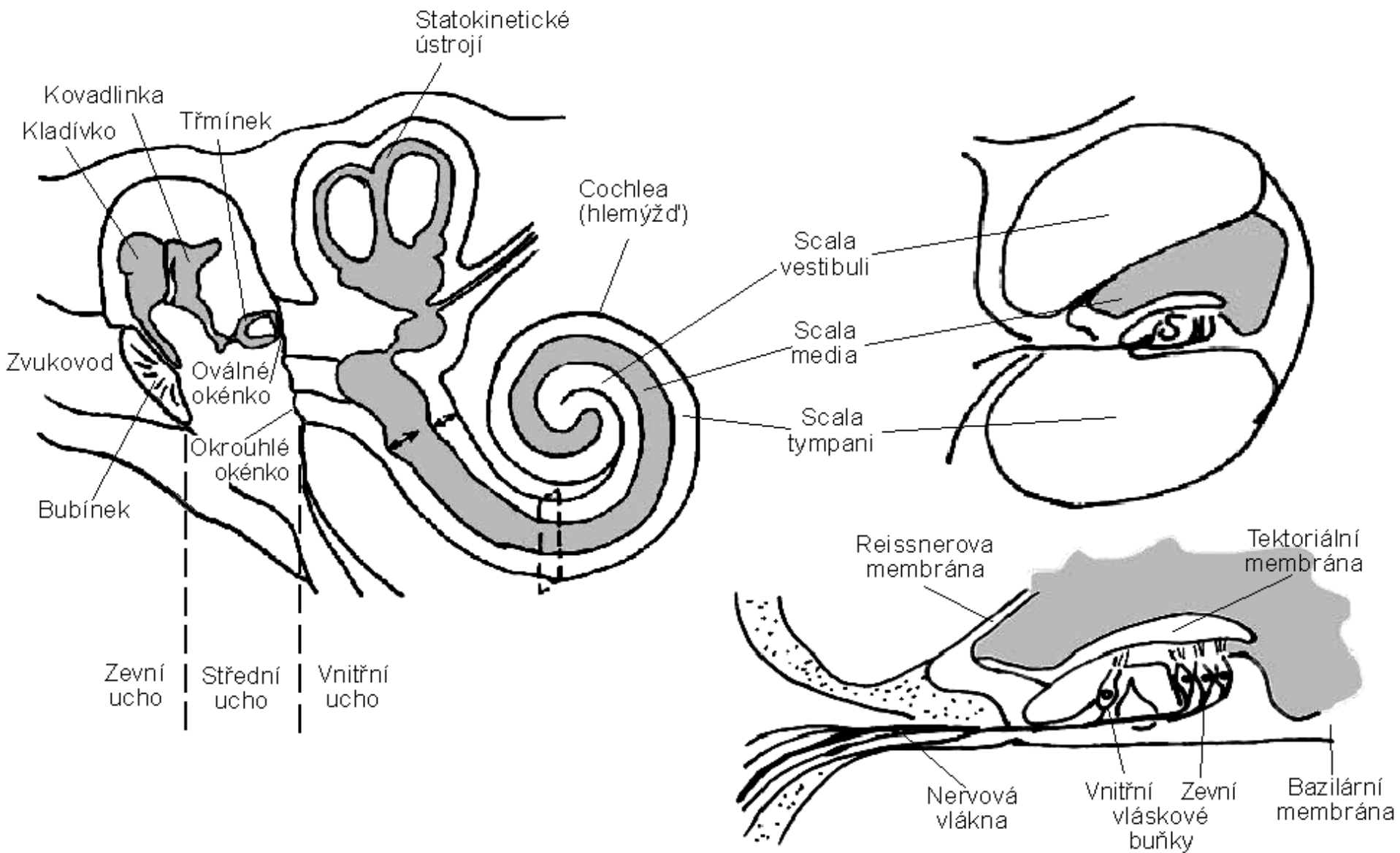


KEY

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



Sluchový aparát savců



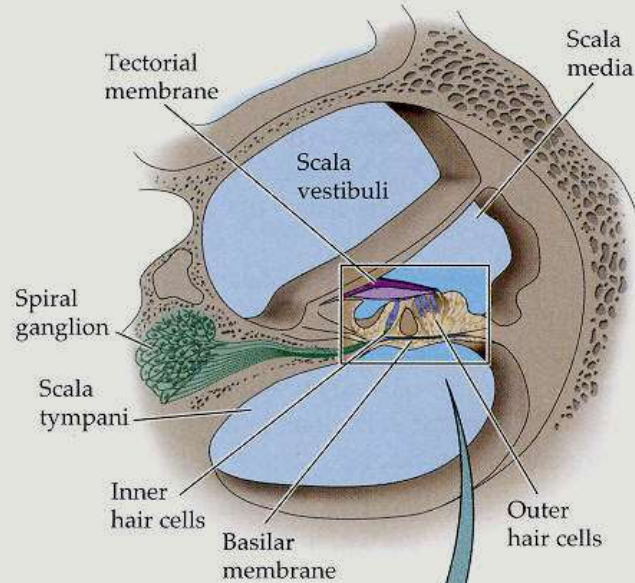
Sluchový aparát savců Vnitřní ucho

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

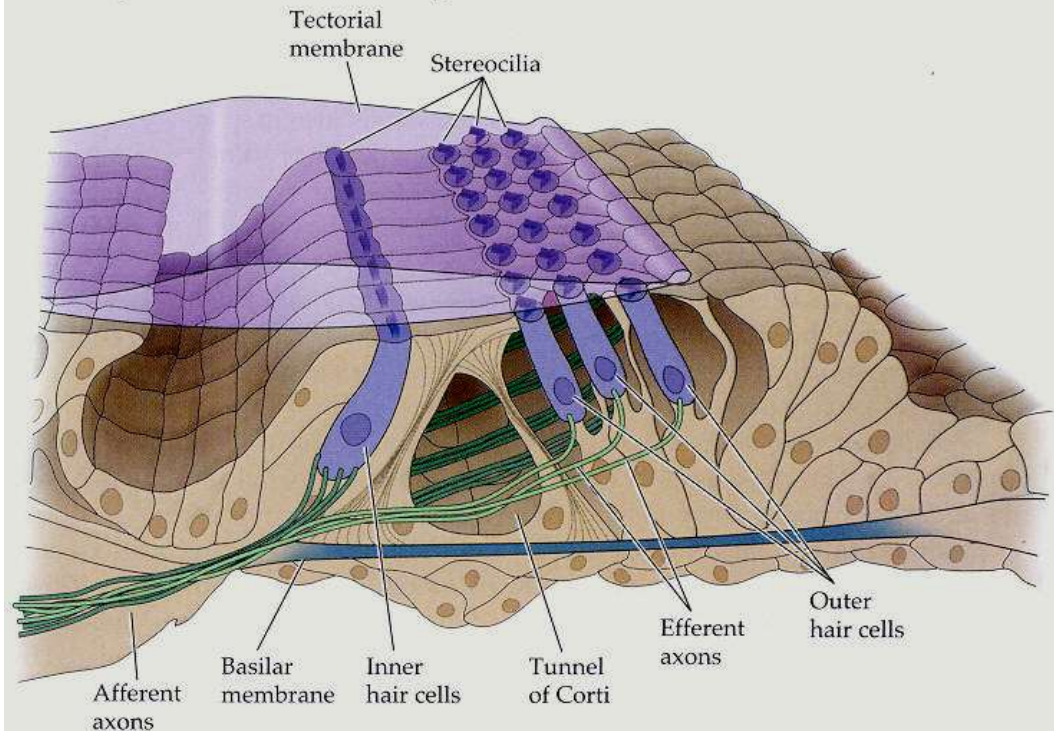
http://highereducation.mcgraw-hill.com/olc/dl/120108/bio_e.swf

Tektoriální membrána

(a) A cross section through the cochlea



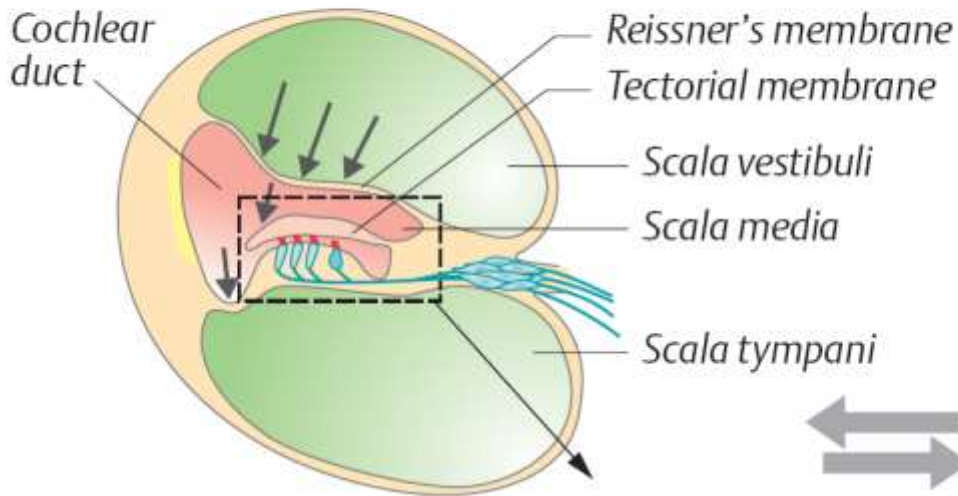
(b) The organ of Corti



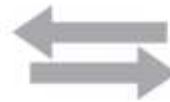
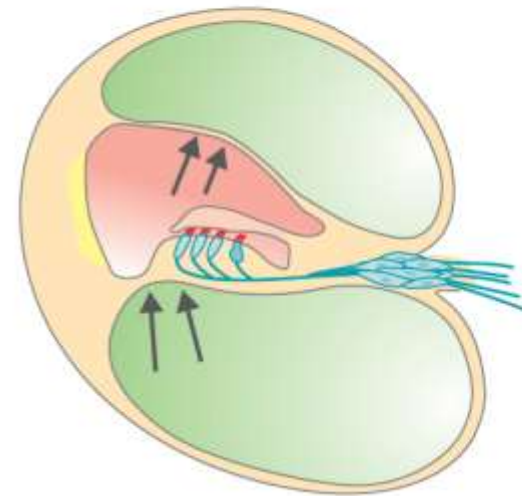
Zvukové vlny způsobí posuny tektoriální a basilární membrány a tím i ohýbání vlásků.

D. Stimulation of hair cells by membrane deformation

1



2

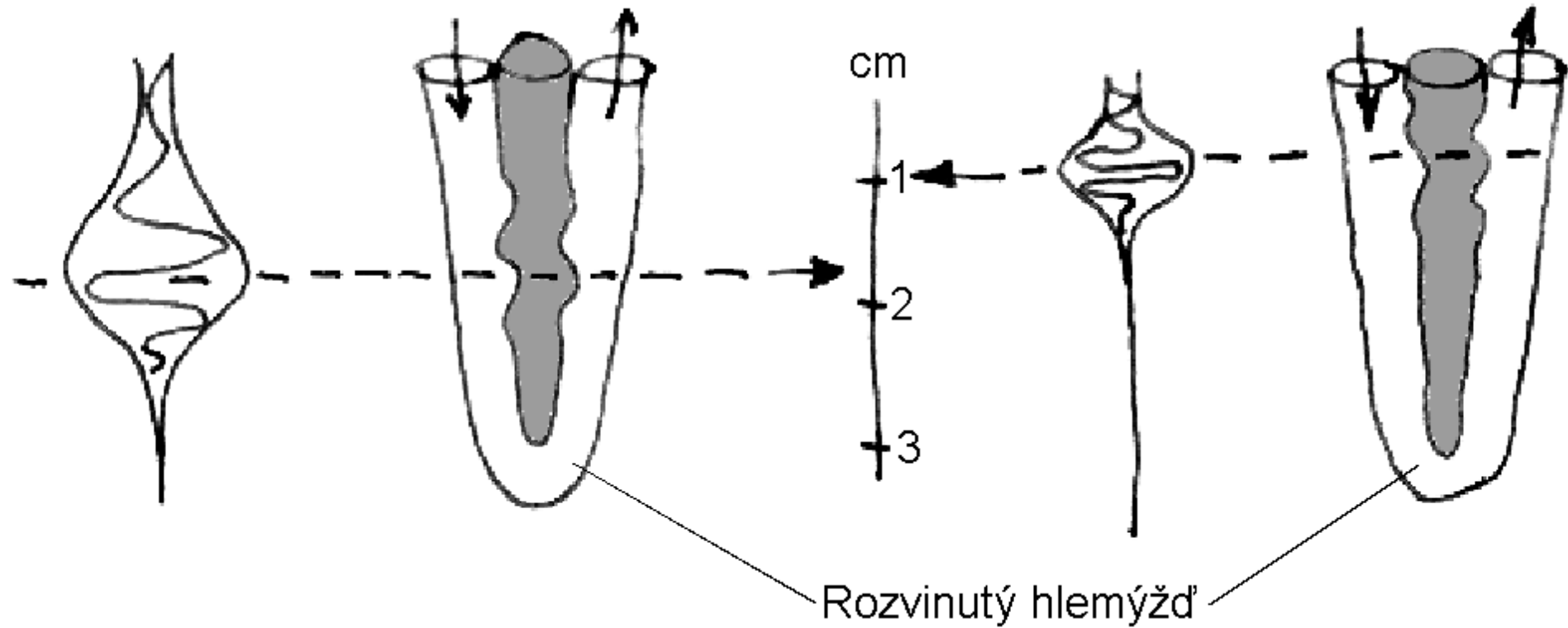


Výška tónu se promítá do prostorově lokalizovaného maxima.

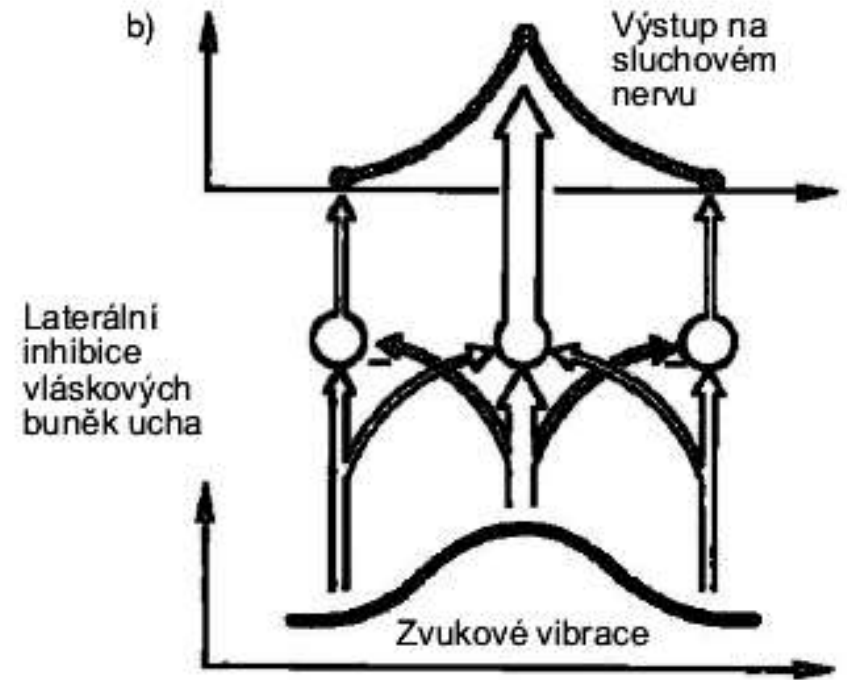
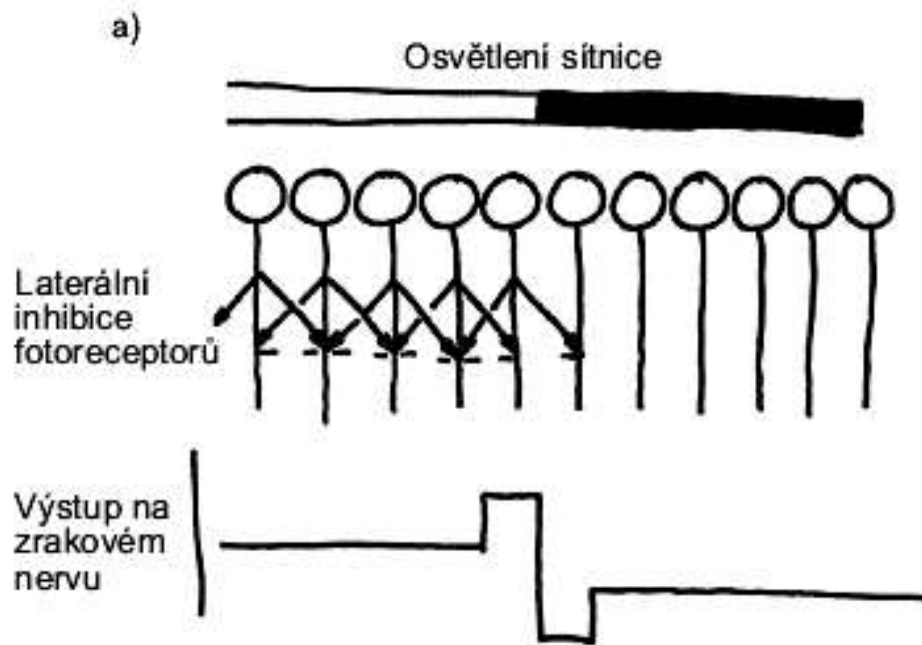
700 Hz

3000 Hz

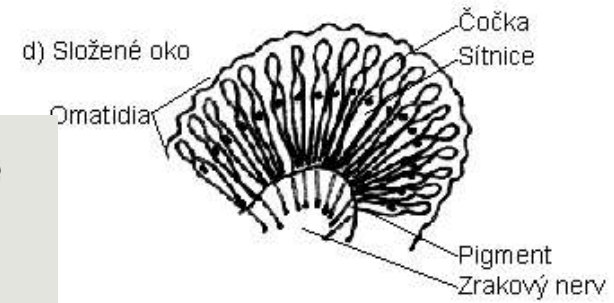
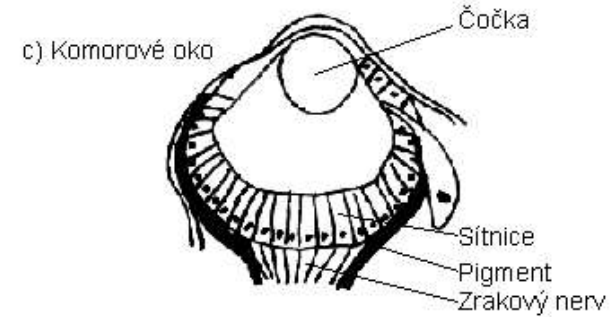
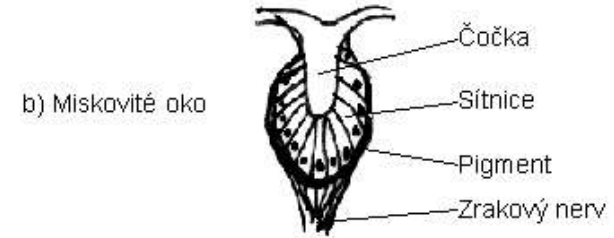
Oválné okénko Okrouhlé okénko



Vyostření maxima – laterální inhibice



Fotorecepce

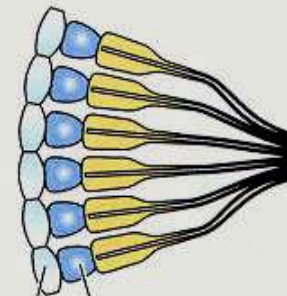
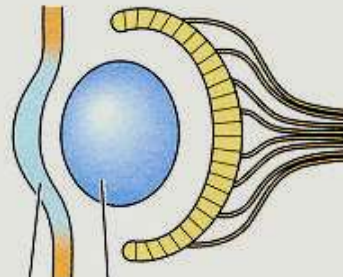
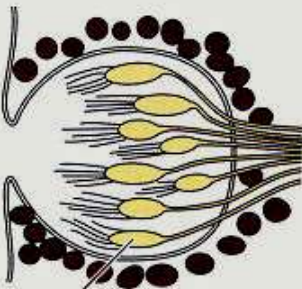
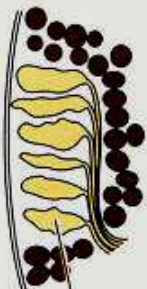


(a) Retinal plate

(b) Eyecup

(c) Camera eye

(d) Compound eye



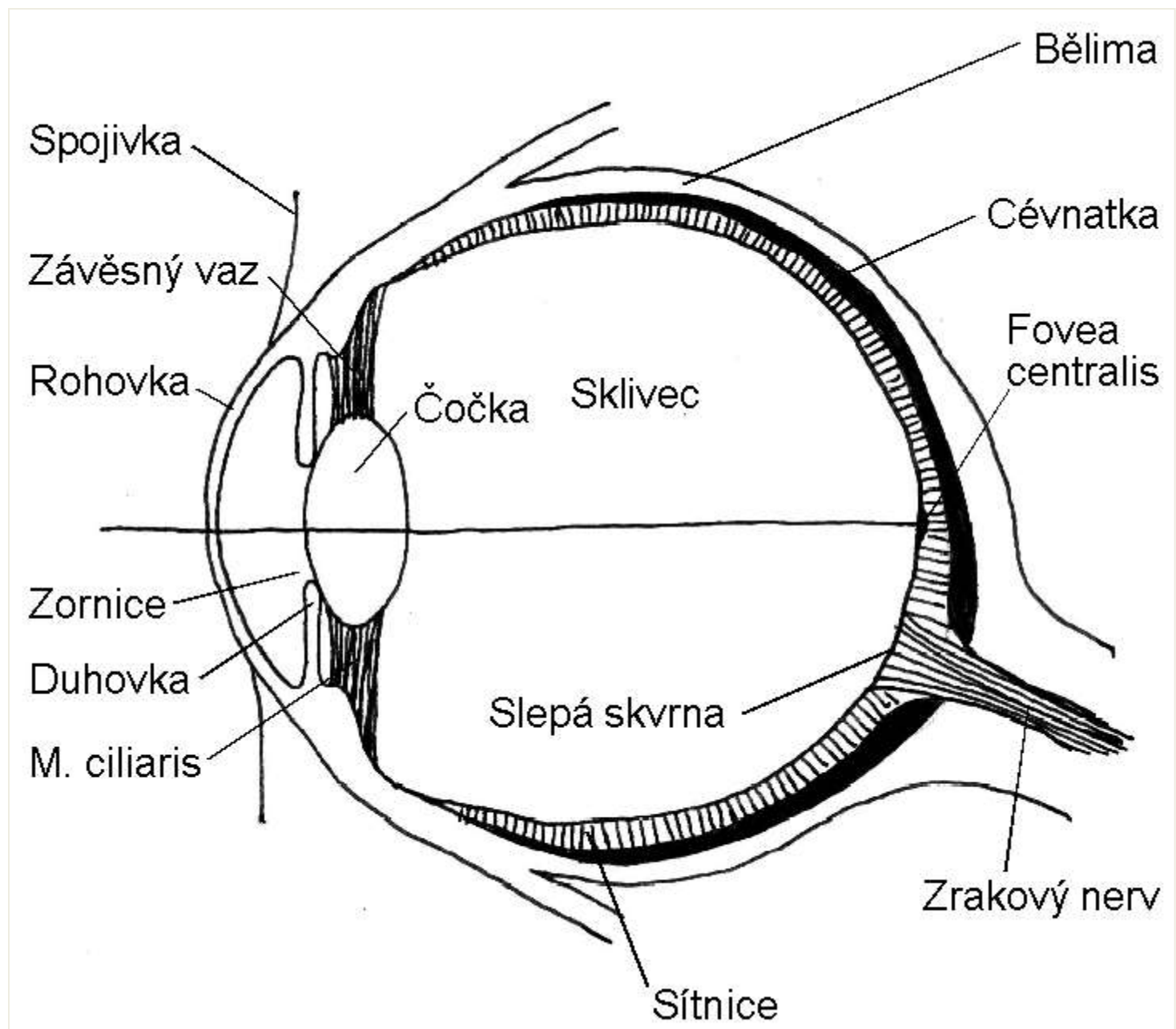
Photoreceptors

Cornea

Lens

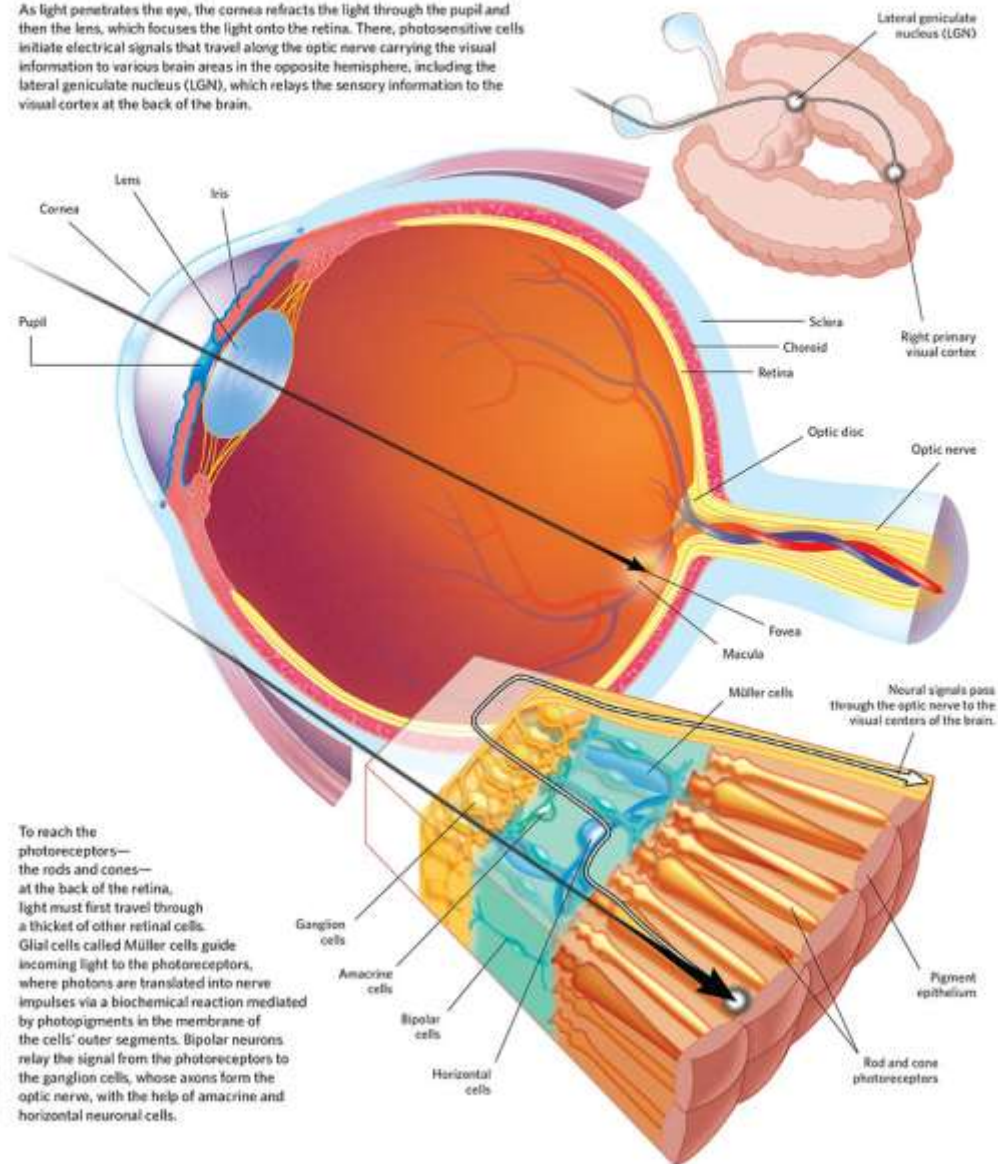
Cornea

Lens



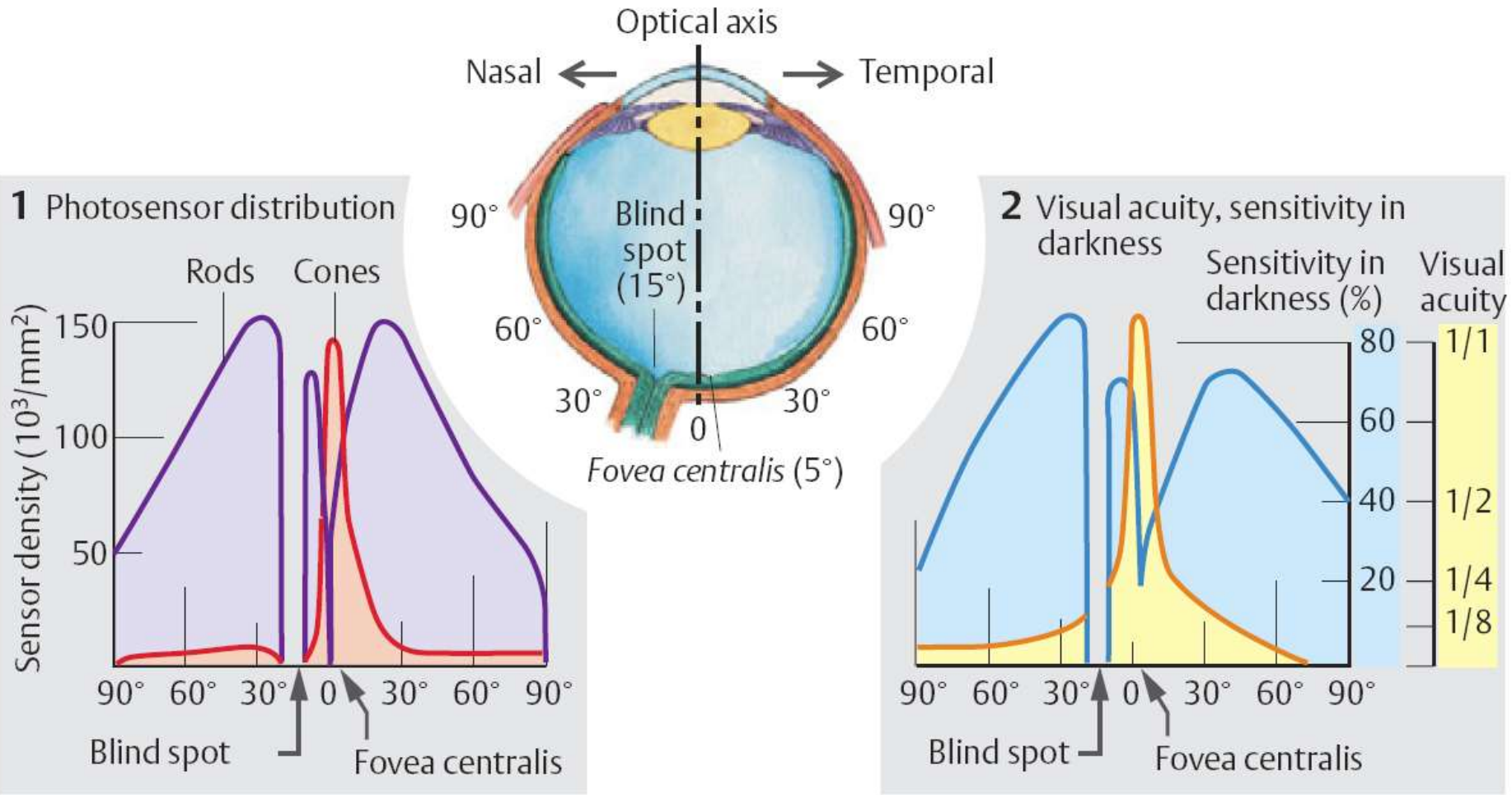
The Eye: An Overview

As light penetrates the eye, the cornea refracts the light through the pupil and then the lens, which focuses the light onto the retina. There, photosensitive cells initiate electrical signals that travel along the optic nerve carrying the visual information to various brain areas in the opposite hemisphere, including the lateral geniculate nucleus (LGN), which relays the sensory information to the visual cortex at the back of the brain.



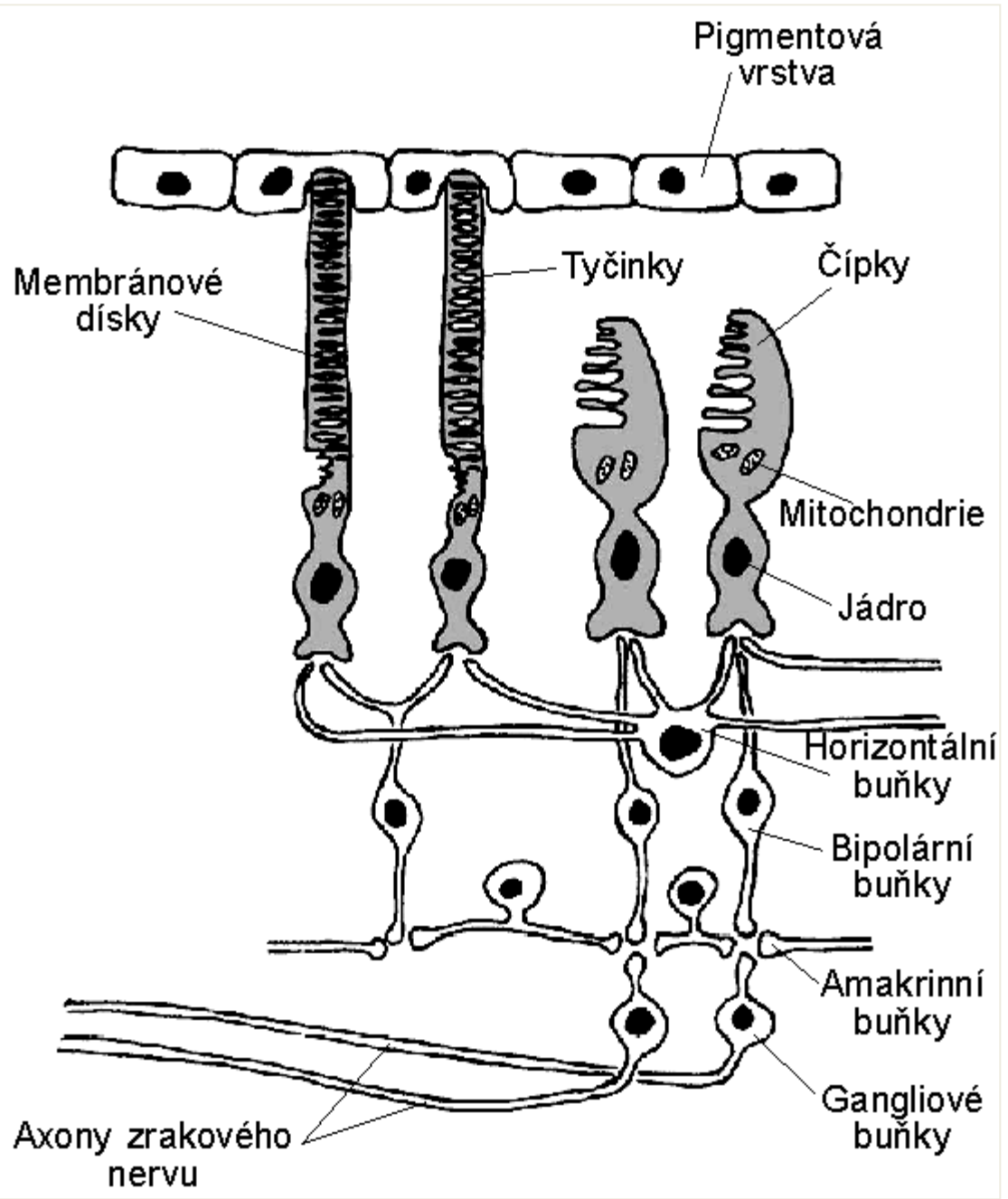
To reach the photoreceptors—the rods and cones—at the back of the retina, light must first travel through a thicket of other retinal cells. Glial cells called Müller cells guide incoming light to the photoreceptors, where photons are translated into nerve impulses via a biochemical reaction mediated by photopigments in the membrane of the cells' outer segments. Bipolar neurons relay 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

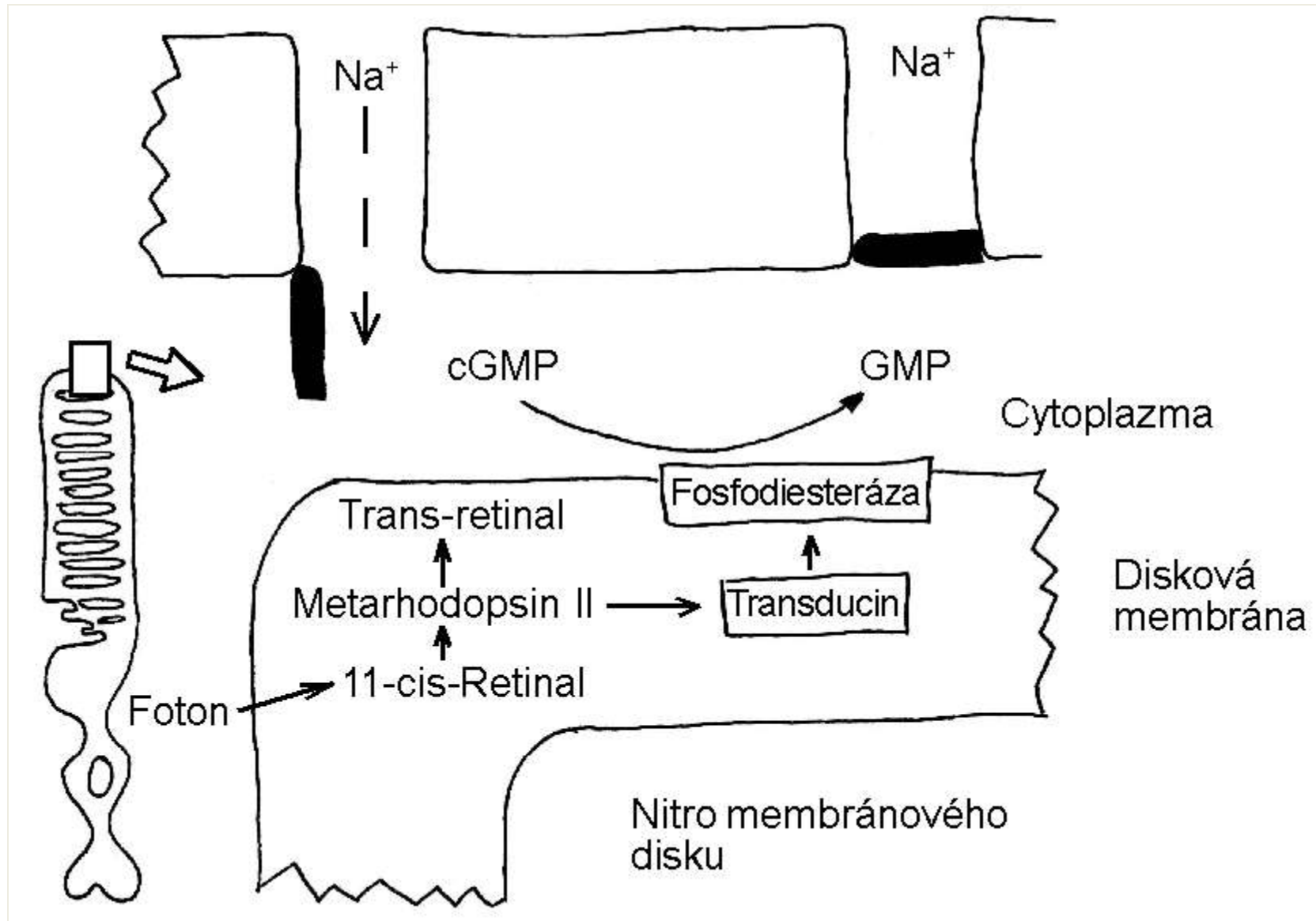


RGB čípky, ale jen RG ve fovei. Tyčinky jsou velmi štíhlé 2-5mm, čípky v periférii 5-8 mm, ve fovei ale pouze 1,5 mm.

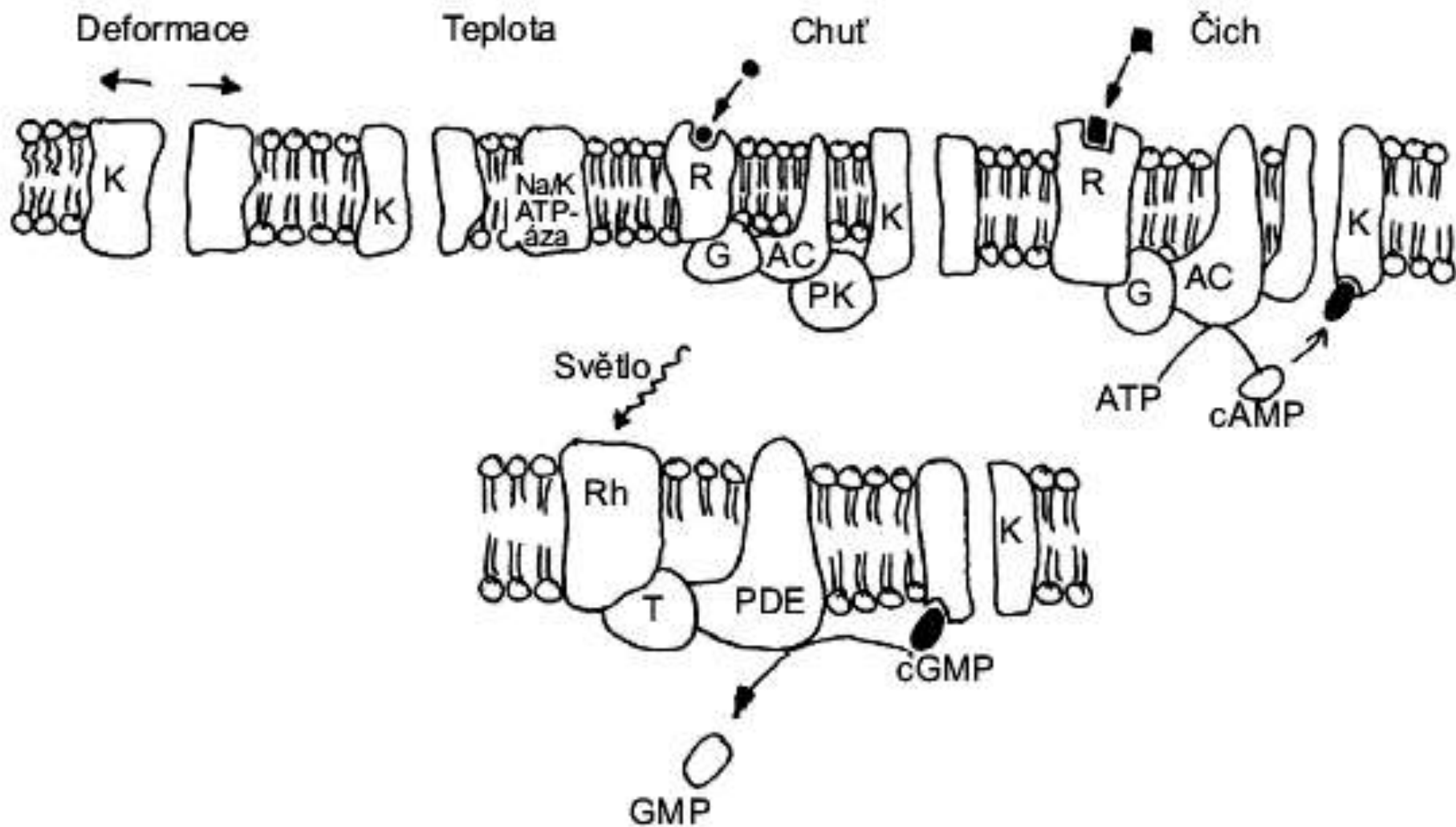
Receptory Periferní spoje a dráhy

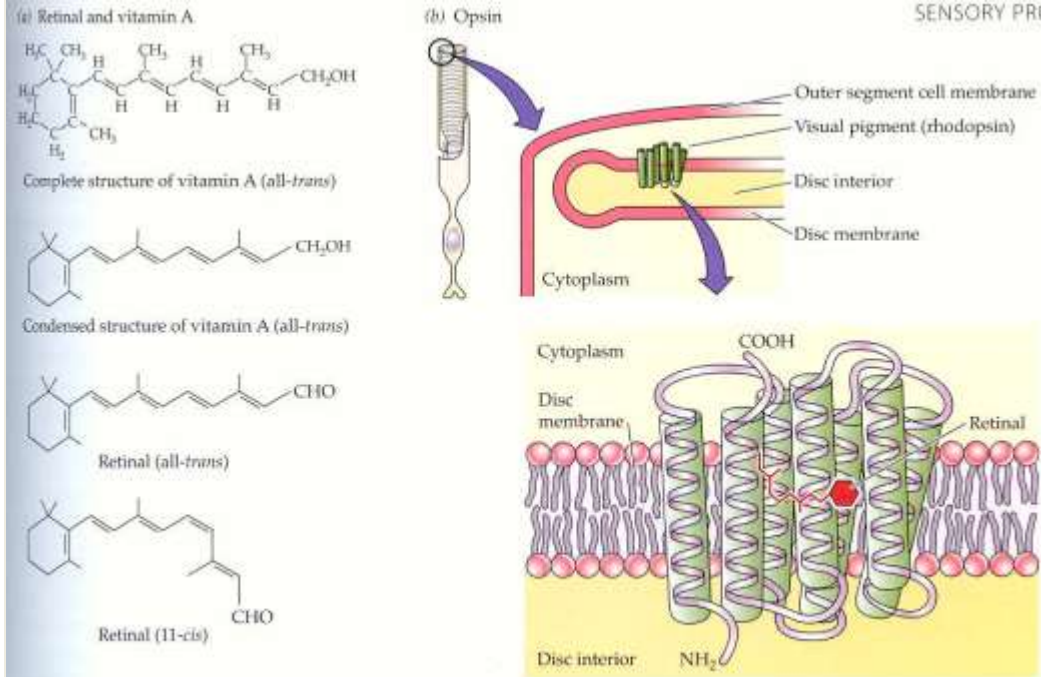


Fototransdukce světelného kvanta na změnu potenciálu



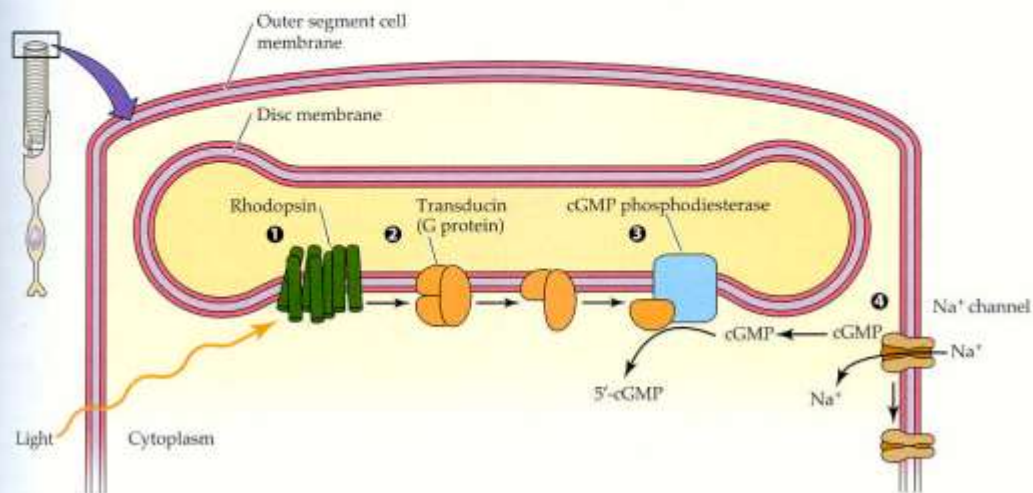
Fotorepce a chemorecepce – podobný princip





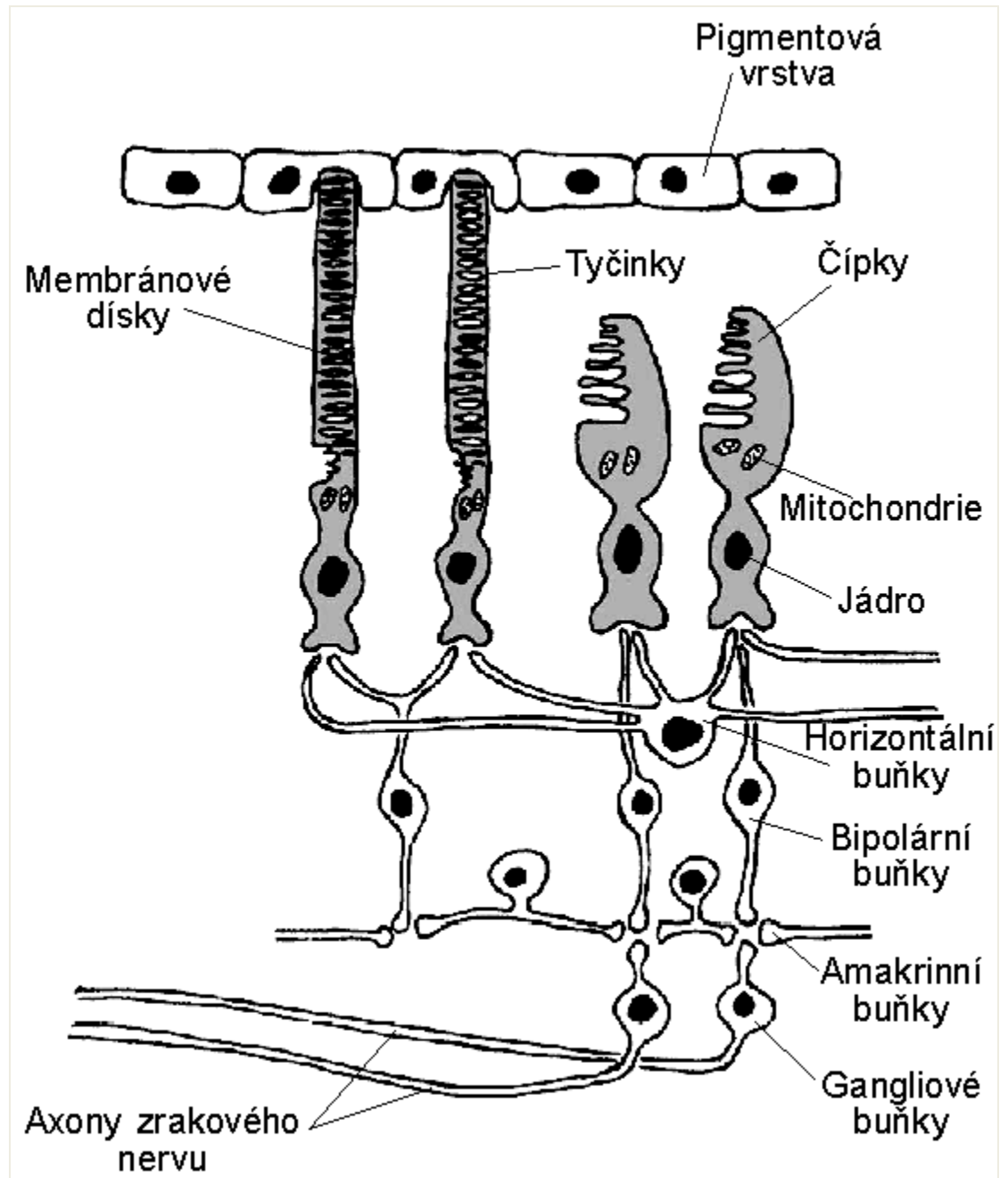
Animace rhodopsin.
Cis trans animace

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 α -helical regions of the protein span the membrane; retinal is attached to an amino acid residue within the seventh membrane-spanning region.

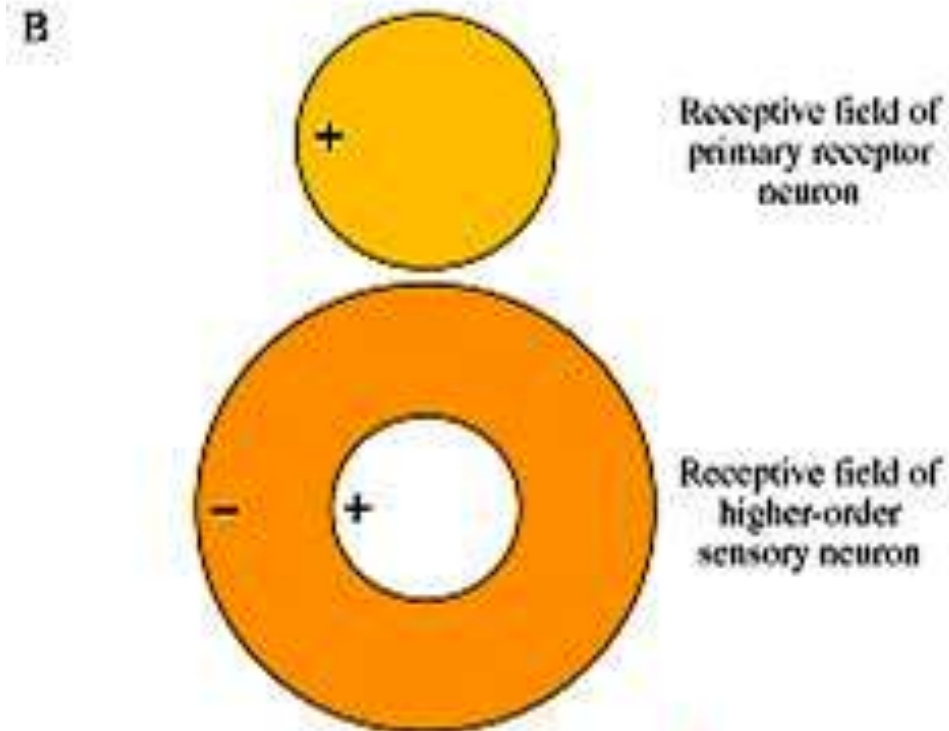
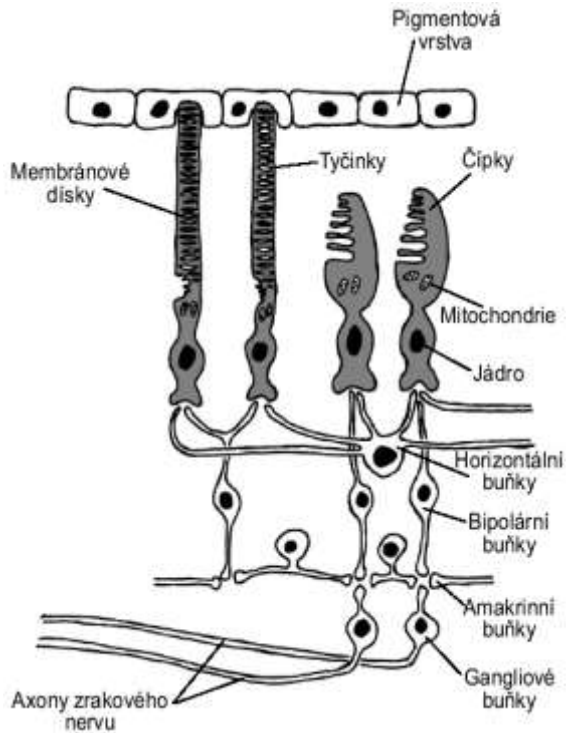
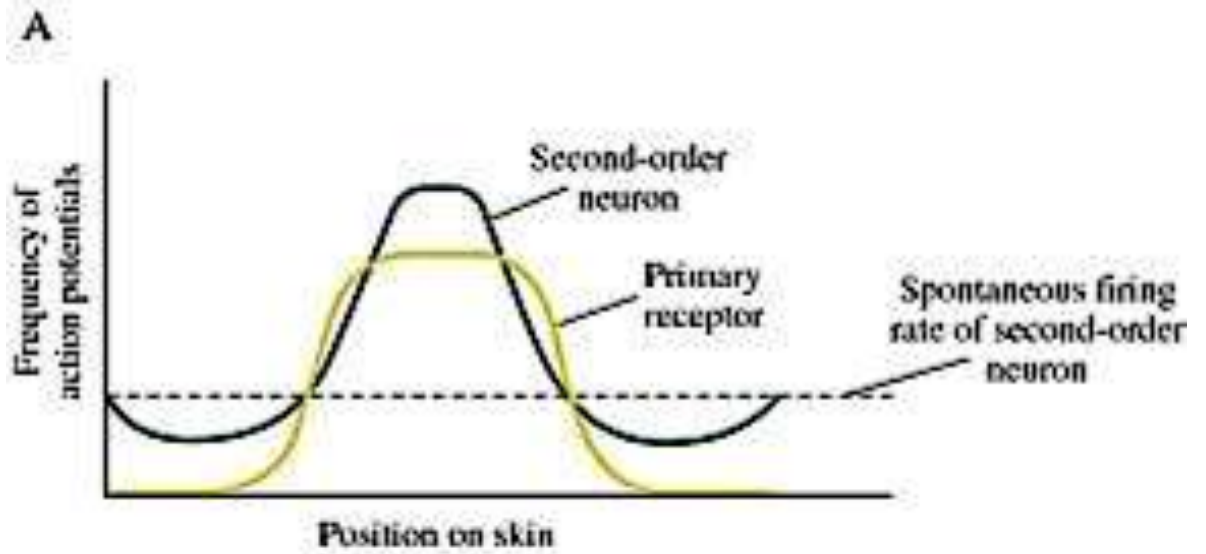


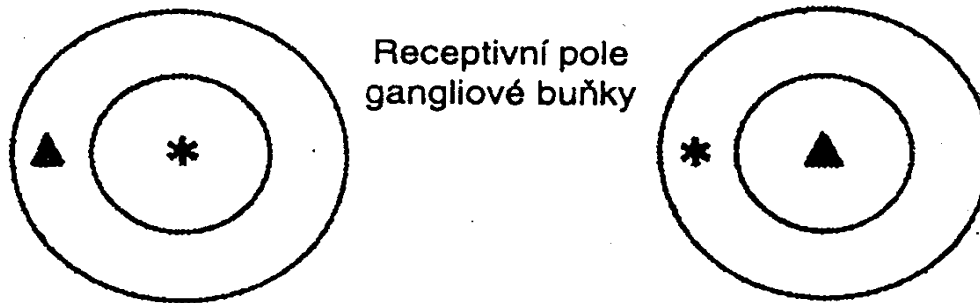
Zpracování začíná už v sítnici.

Laterální inhibice
První analýza
kontrastů



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

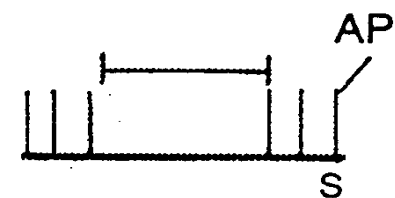
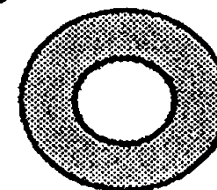
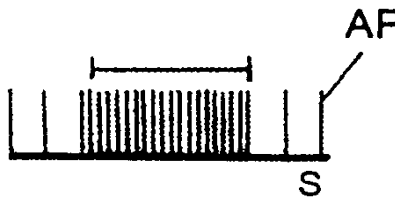
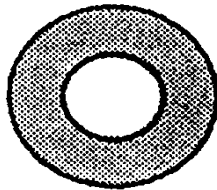




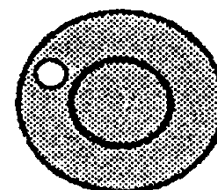
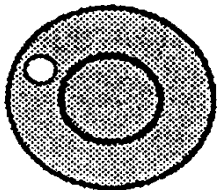
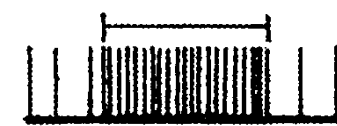
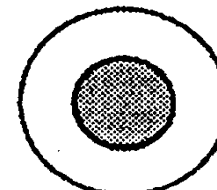
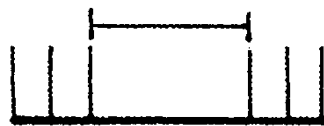
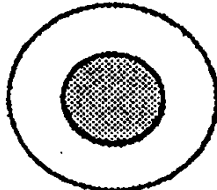
ON-centrum

OFF-centrum

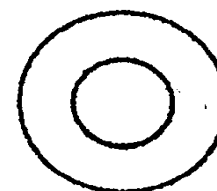
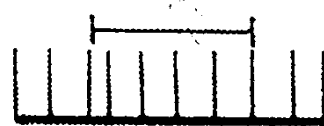
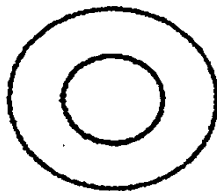
osvětlení
centra
světelnou
skvrnou



osvětlení
periferie
světelným
prstencem
nebo
skvrnou



difusní
osvětlení



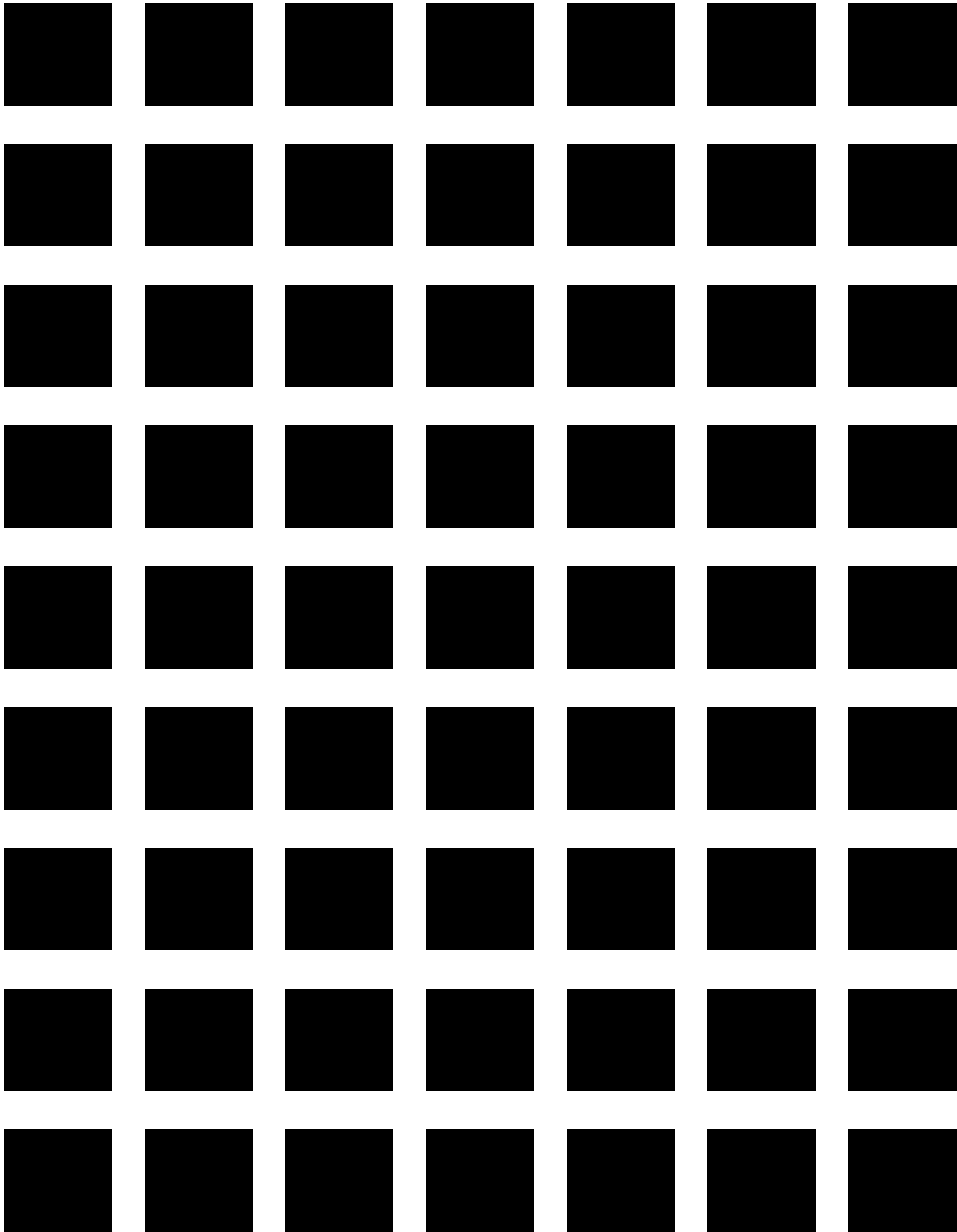
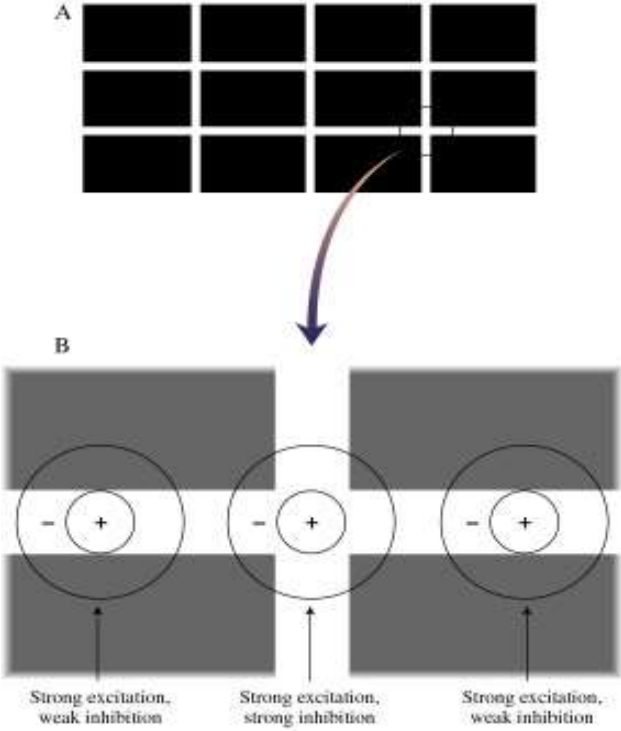
Záznam elektrické aktivity gangliových buněk sítnice s ON a OFF centrem při osvětlení jednotlivých částí jejich receptivního pole. Úsečka nad záznamem elektrické aktivity značí trvání osvětlení v sekundách.

AP – potenciál.

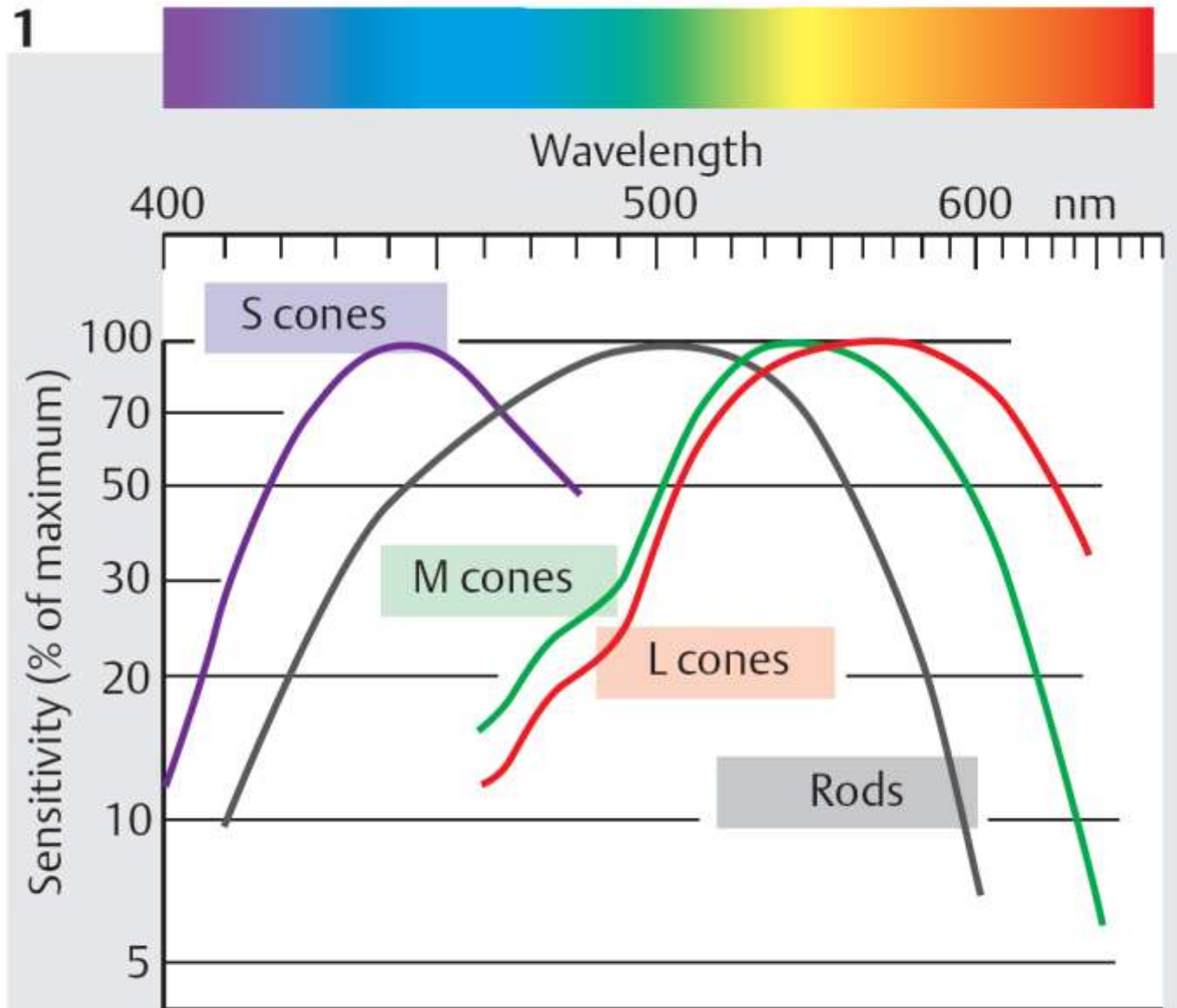
* – excitační zóna

▲ – inhibiční zóna

Proč ty šedé flíčky?



Barevné vidění založeno na různě absorbujících pigmentech.



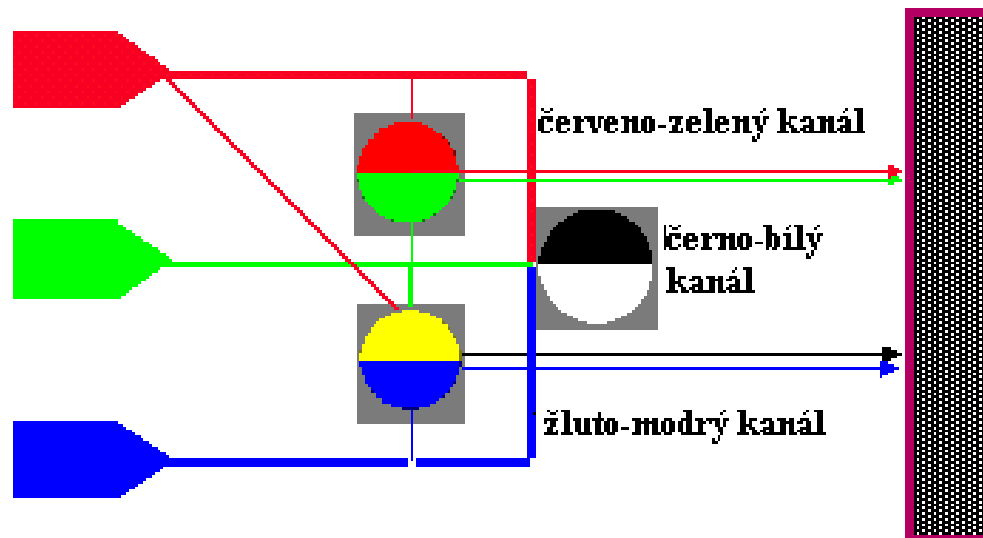
(After J.K. Bowmaker and H.J.A. Dartnall)

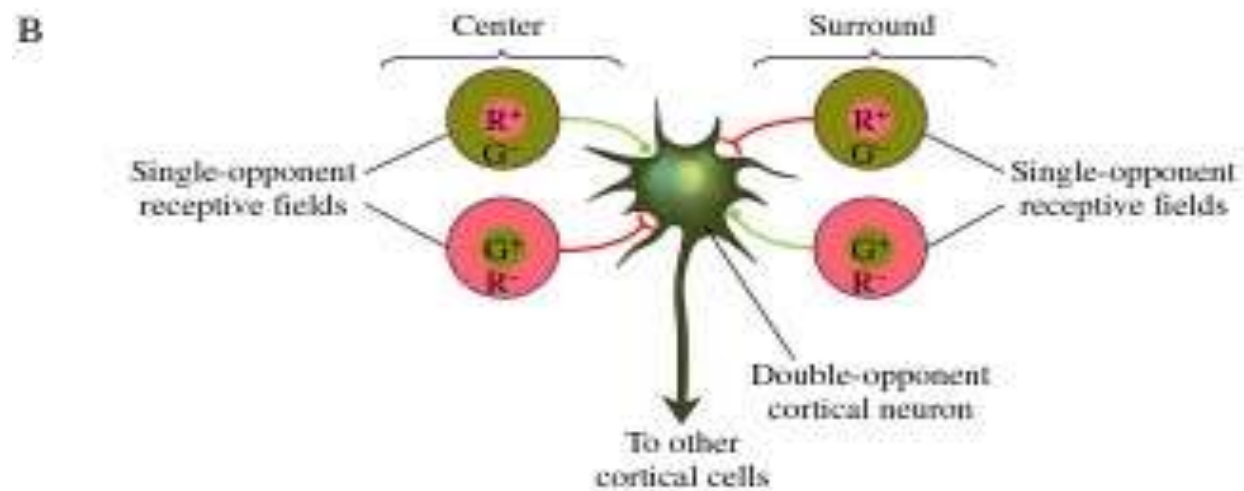
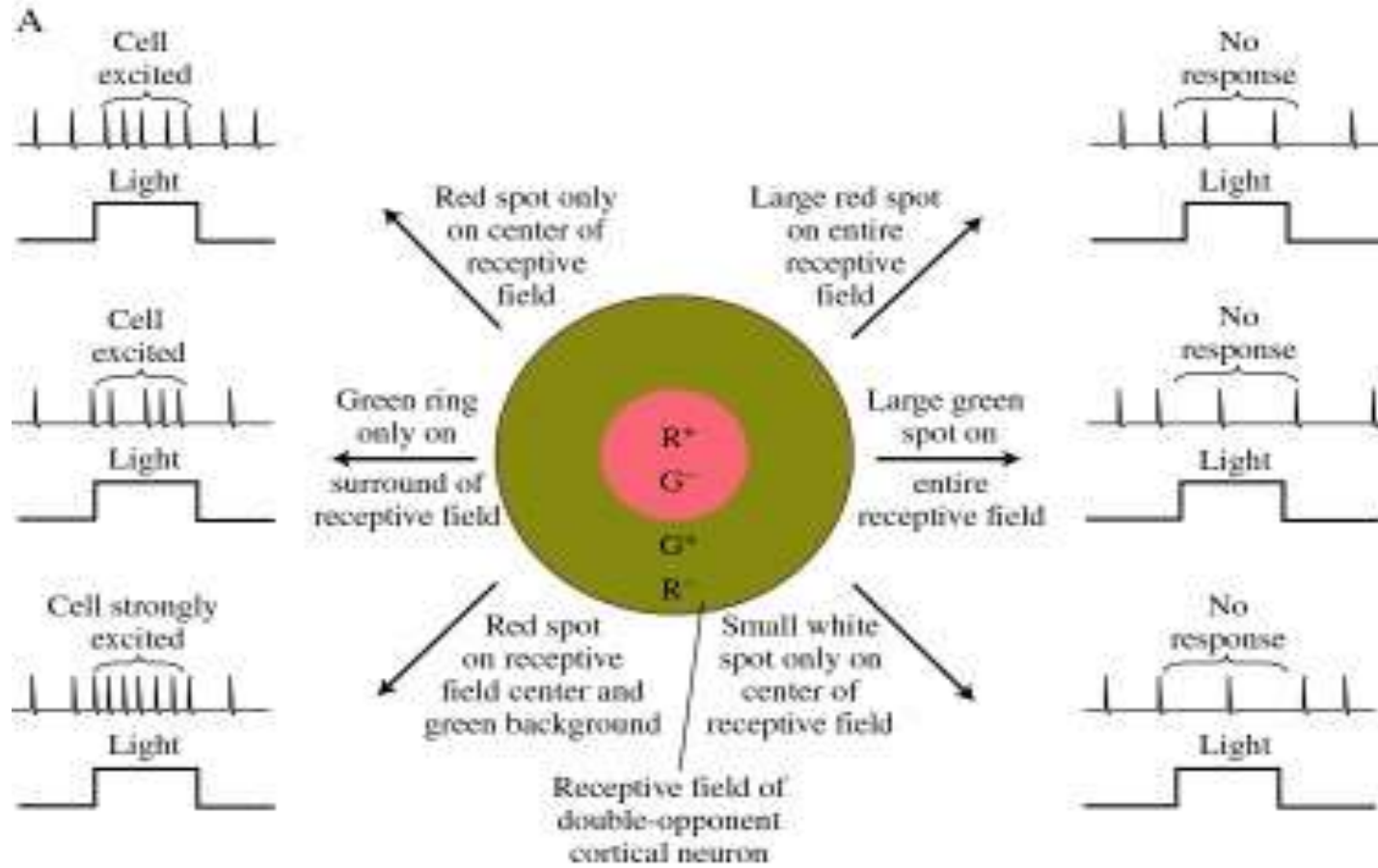
Trichromatické teorie, Young-Helmholtz Oponentní kódování, Hering

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

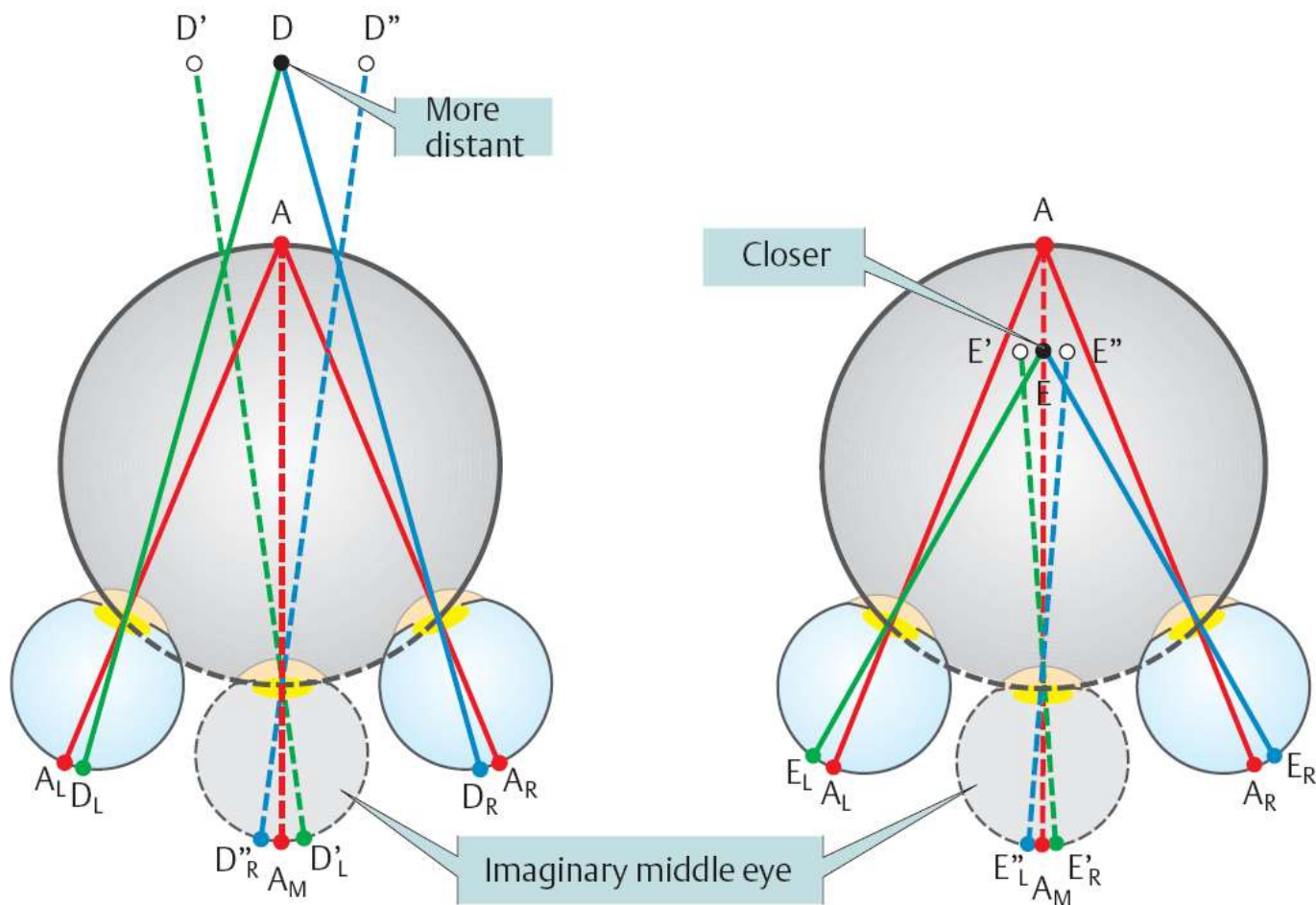
Receptory

Mozek

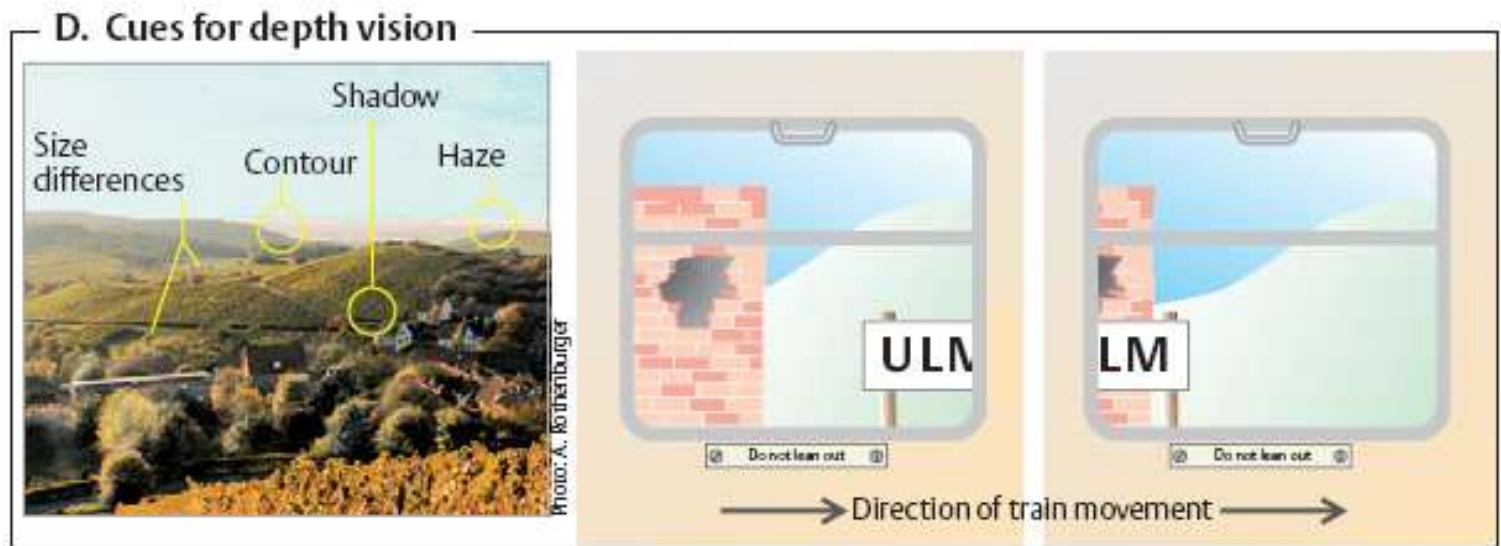
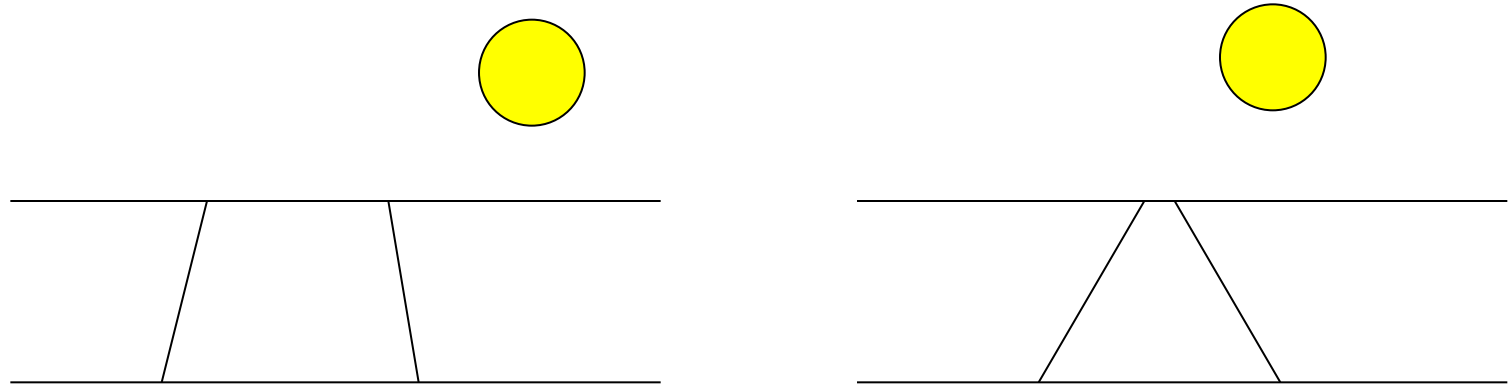




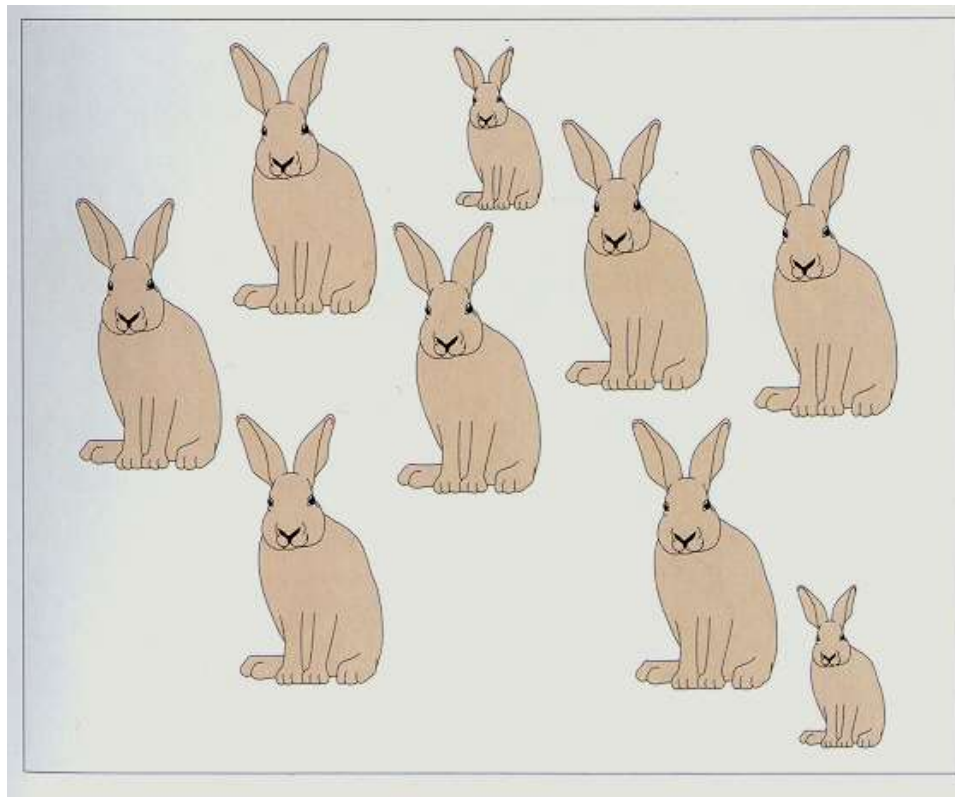
Prostorové vidění (co je blíže a co dál) založeno na schopnosti měřit odlišnosti v zobrazení pravé a levé sítnice.



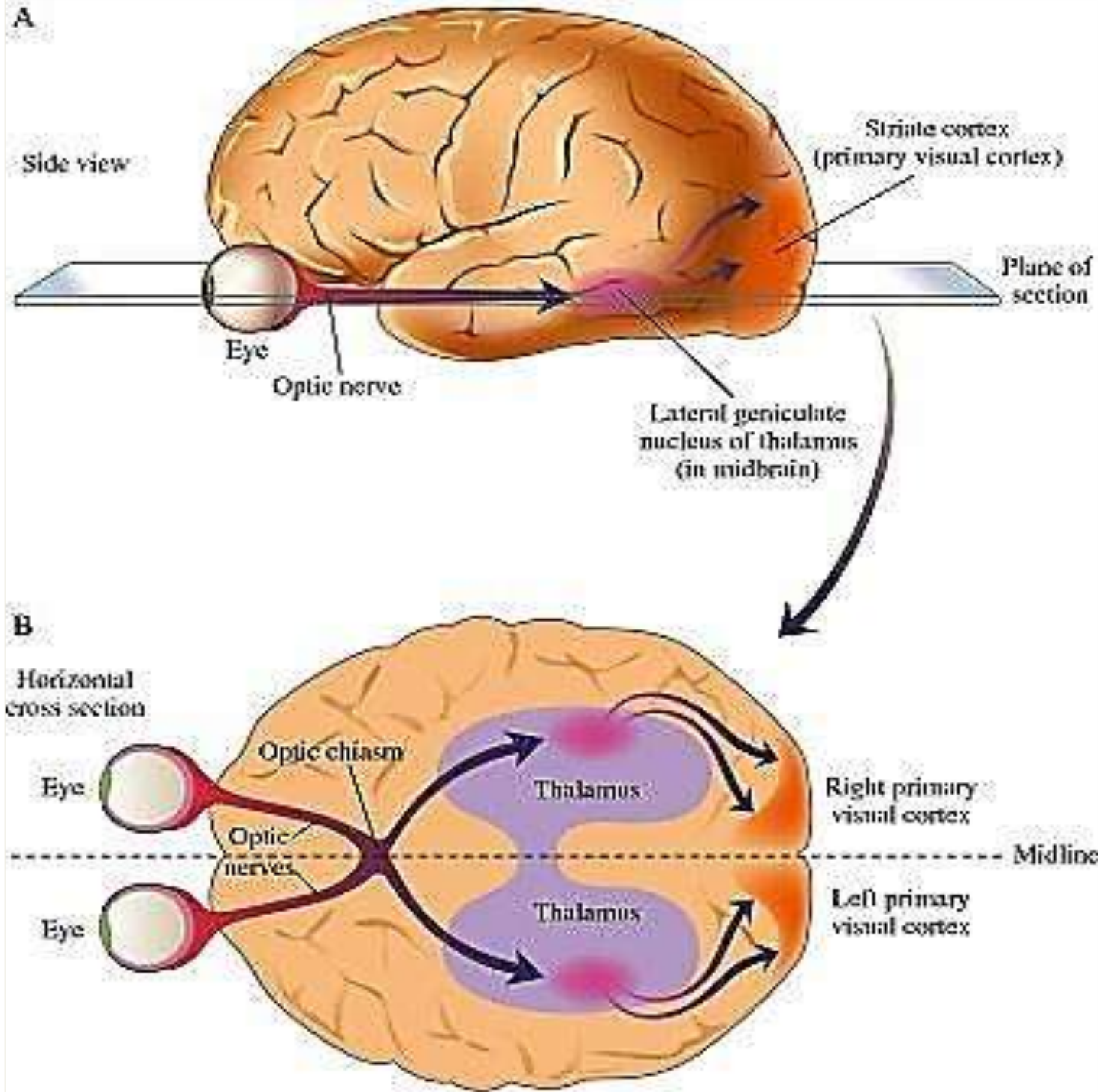
Další metody konstrukce prostoru.



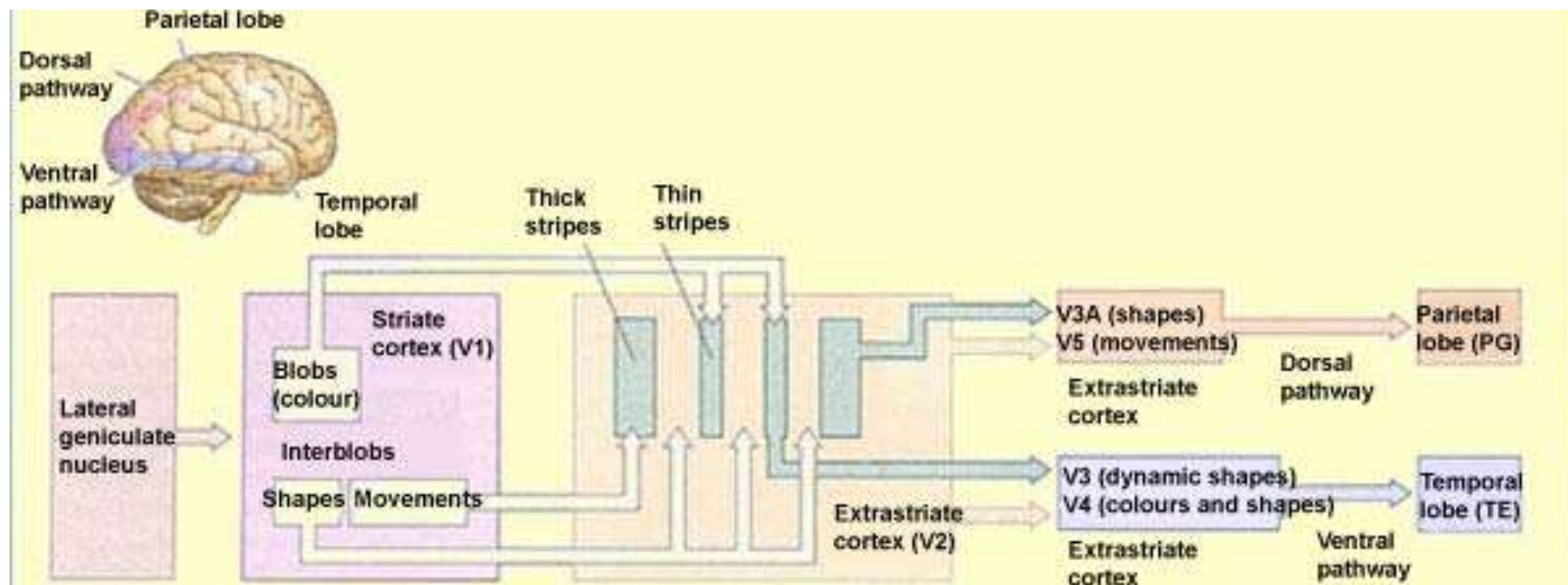
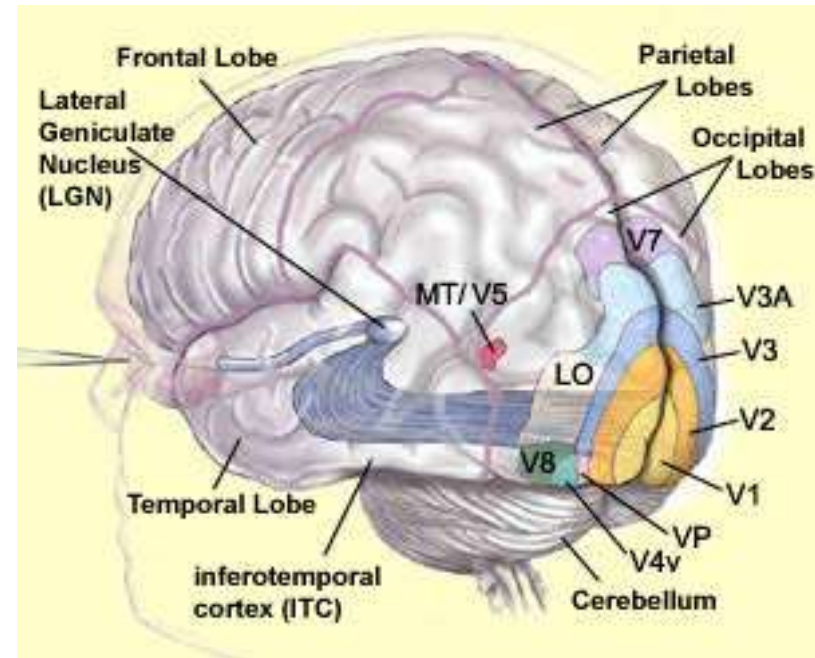
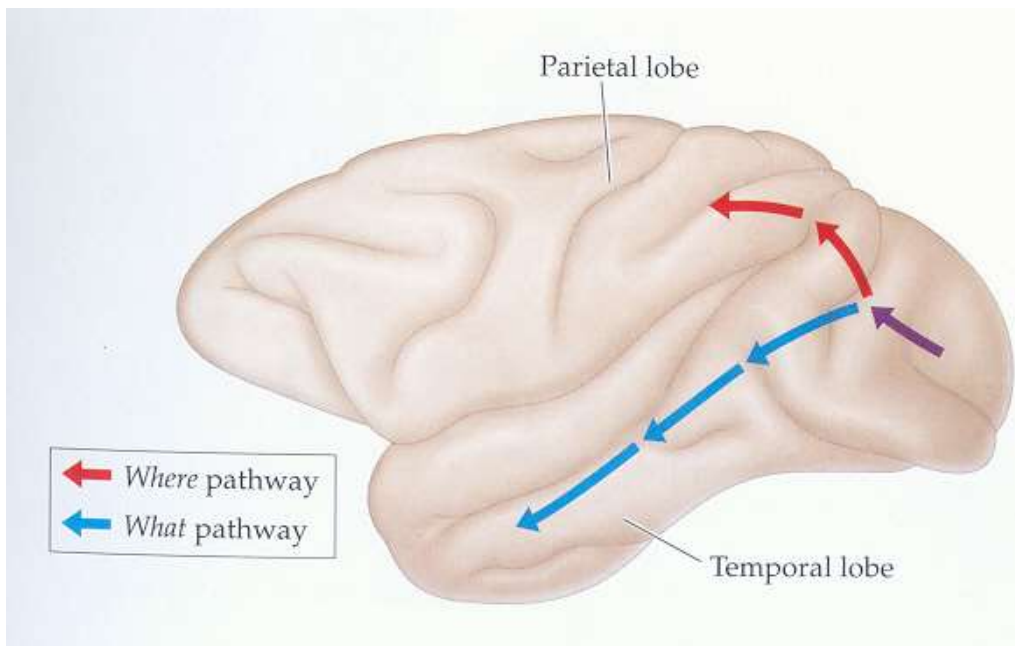
Jsou stejně malí, ale nevypadají...



Zraková dráha



Z primární zrakové kůry 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.)

- Iluze osvětlení – světelná stálost

Hnědá čokoláda za jasného dne odráží méně světla než papír za šera, ale stejně ji vnímáme jako tmavou.

[Automatické předpoklady našeho vnímání](#)

http://sites.sinauer.com/wolfe3e/chap5/illusion_sF.htm

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.

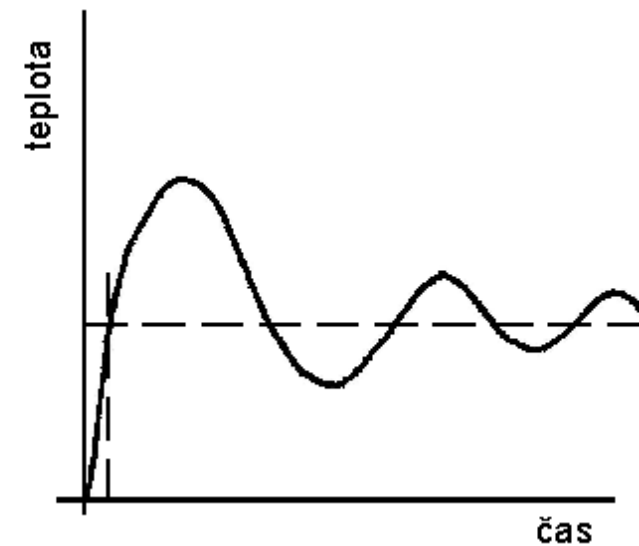
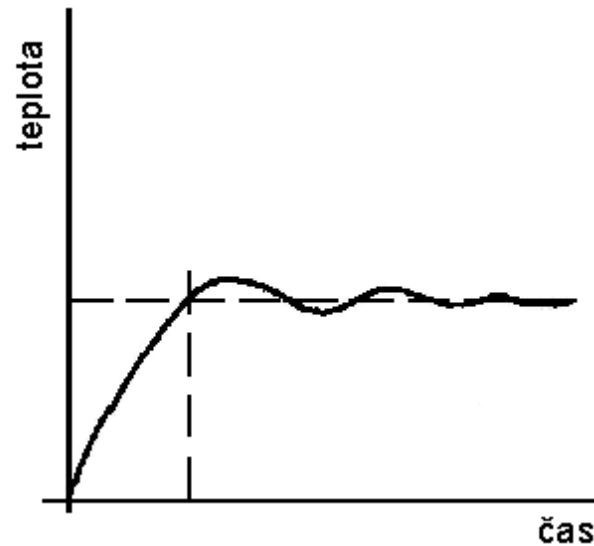
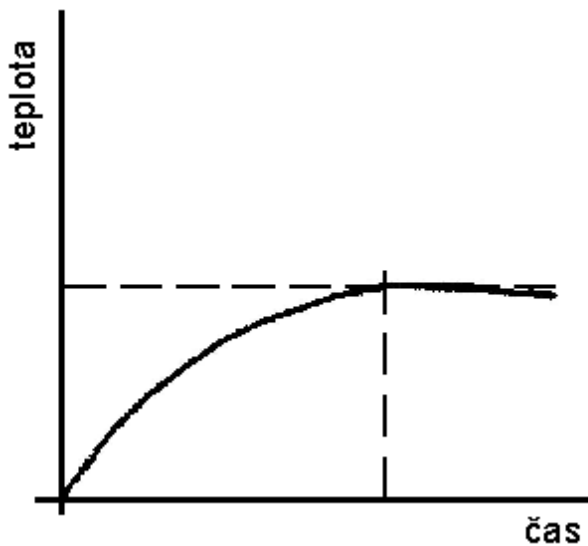
Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

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

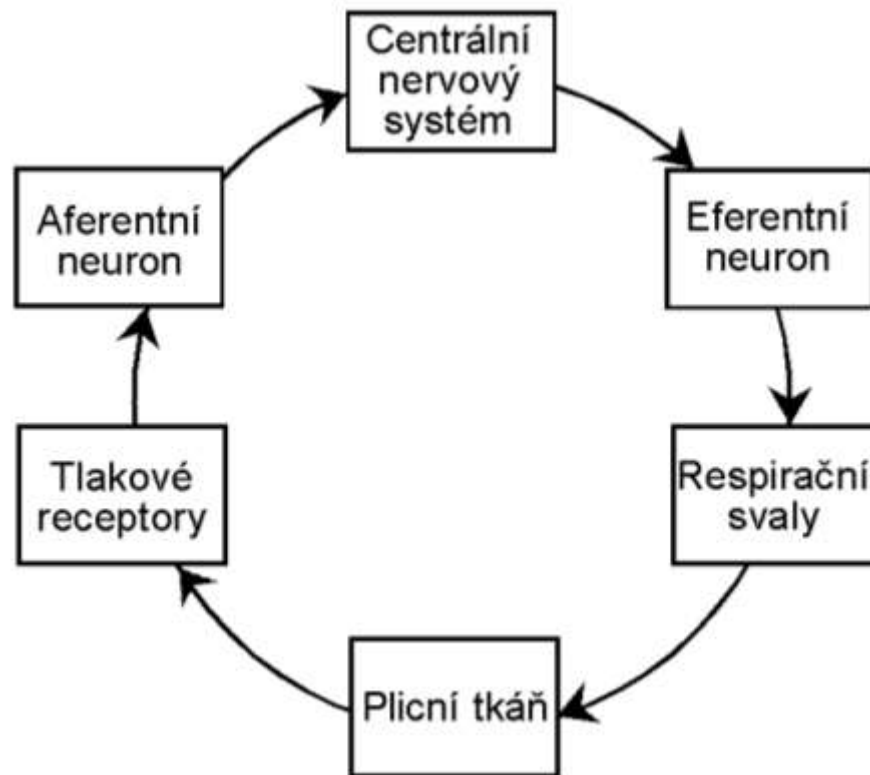
Negativní zpětná vazba je zdrojem kmitů – regulace homeostázy.



Rytmické děje jsou přirozenou součástí funkce organismu.

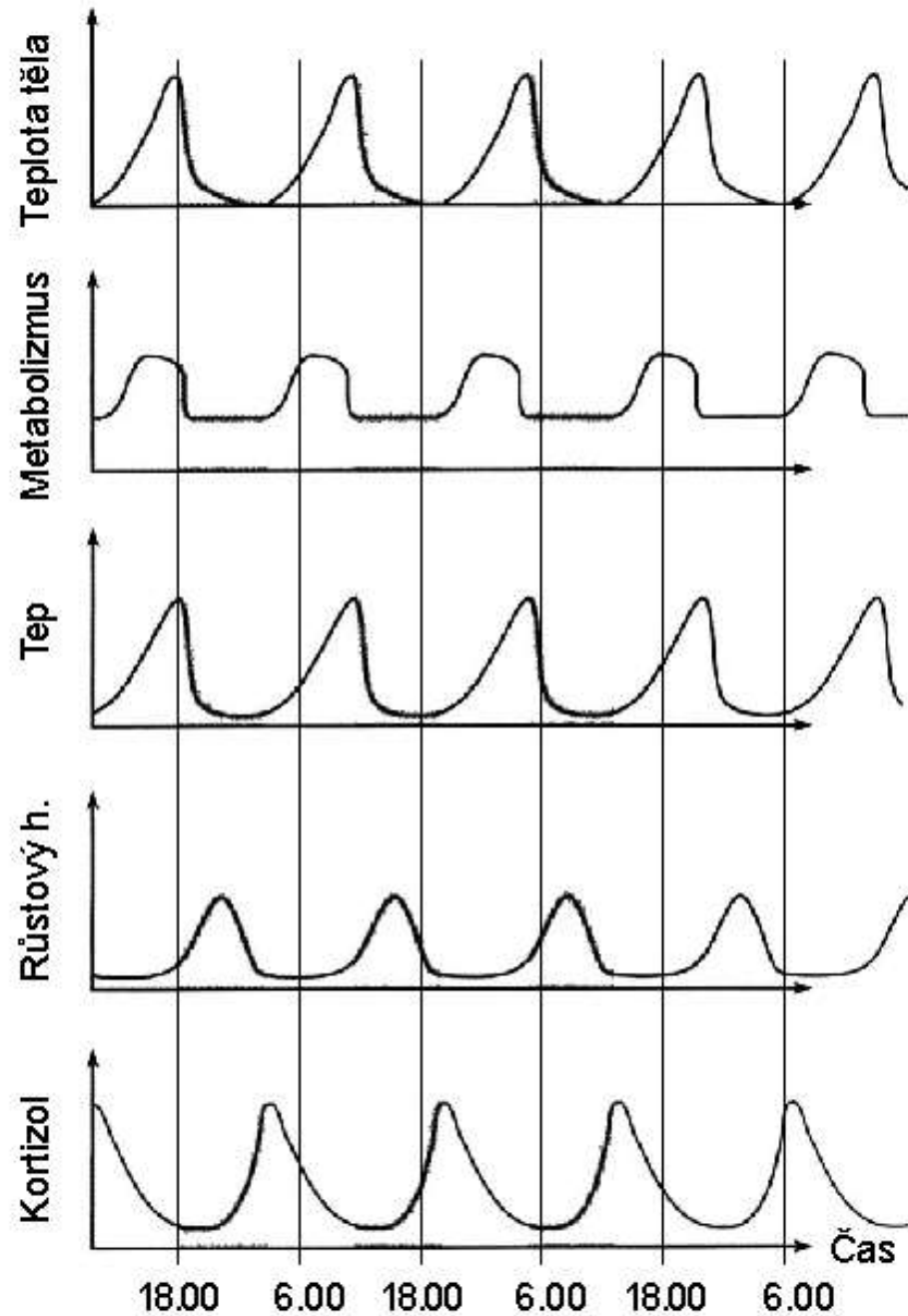
Bez vnějších korelátů: nervové vzruchy, srdeční rytmus, dechový rytmus...

Negativní zpětná vazba je zdrojem kmitů.



Rytmicita s vazbou na prostředí

Cirkadiánní = asi 24 hod perioda

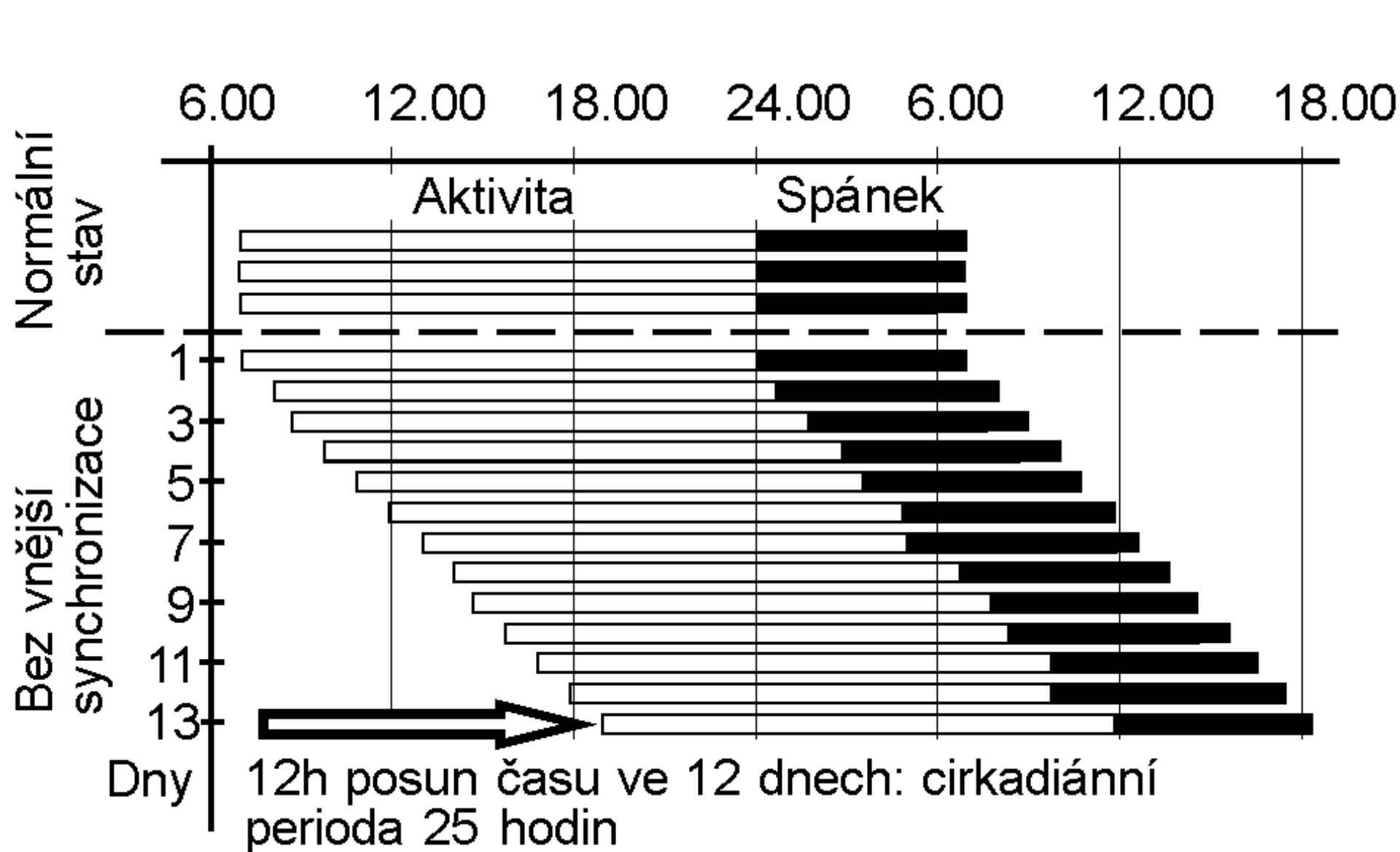


S vnějšími korelátý:

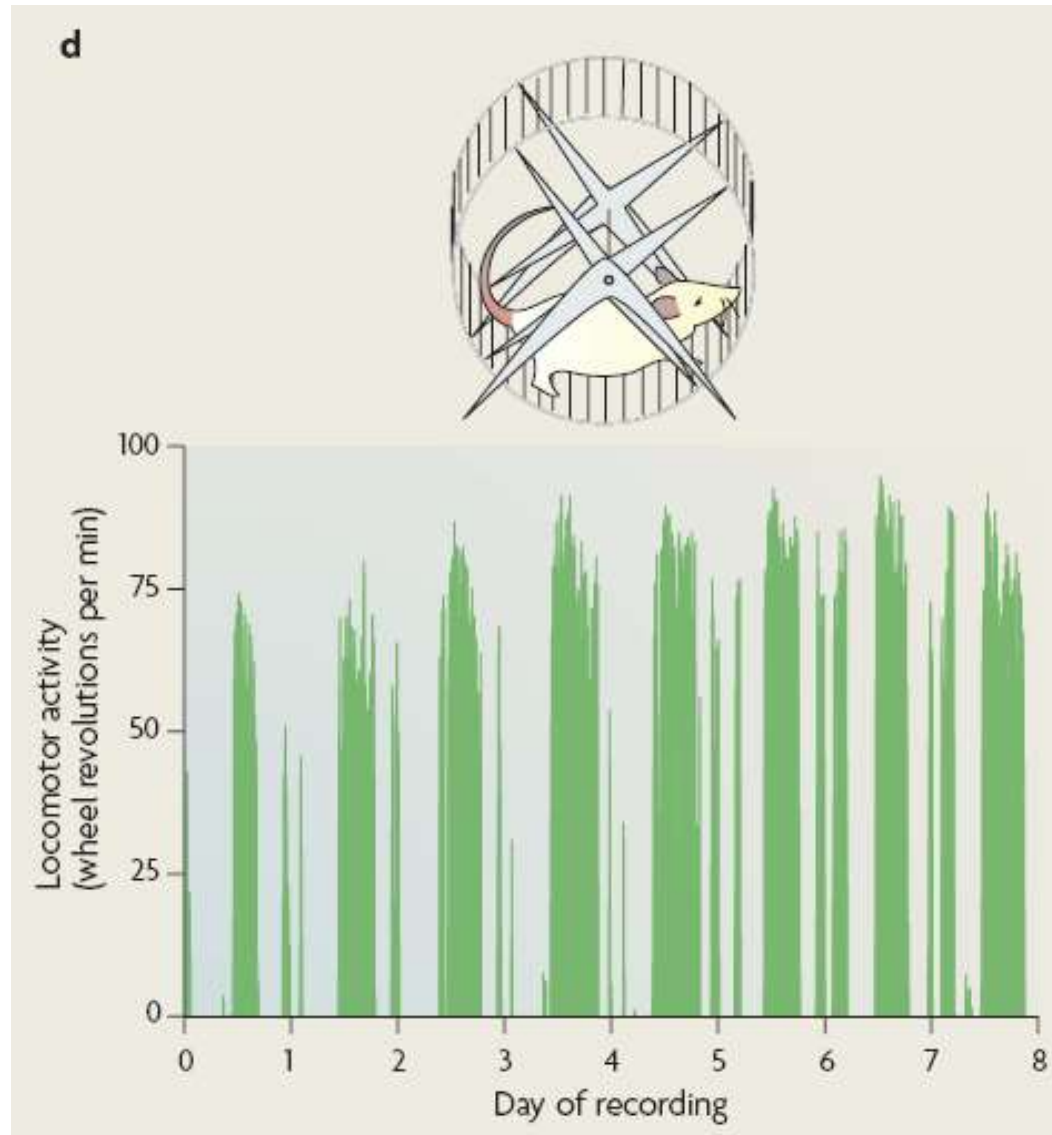
Synchronizátory:

Silné, slabé

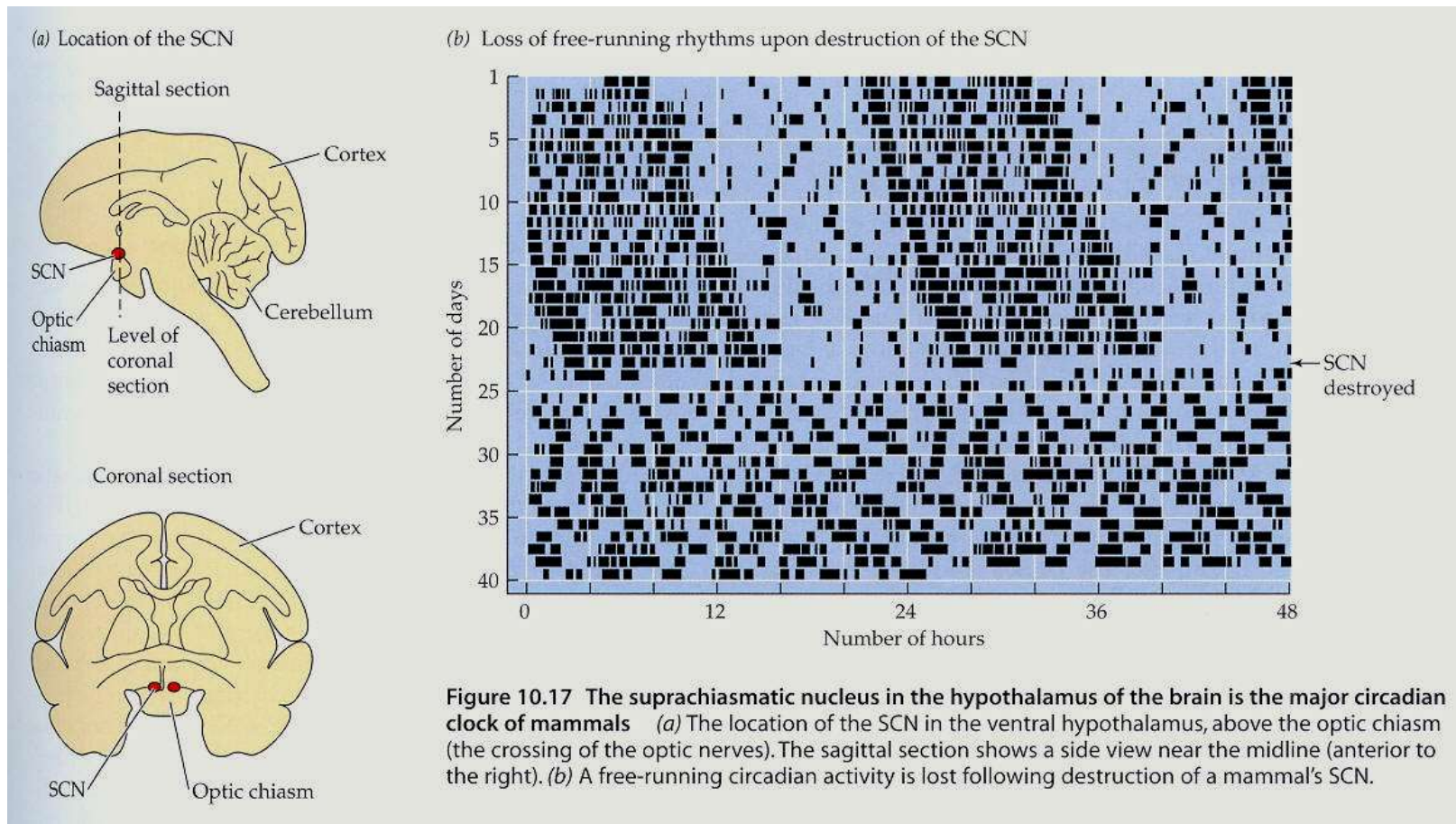
24 hodinové, lunární, anuální



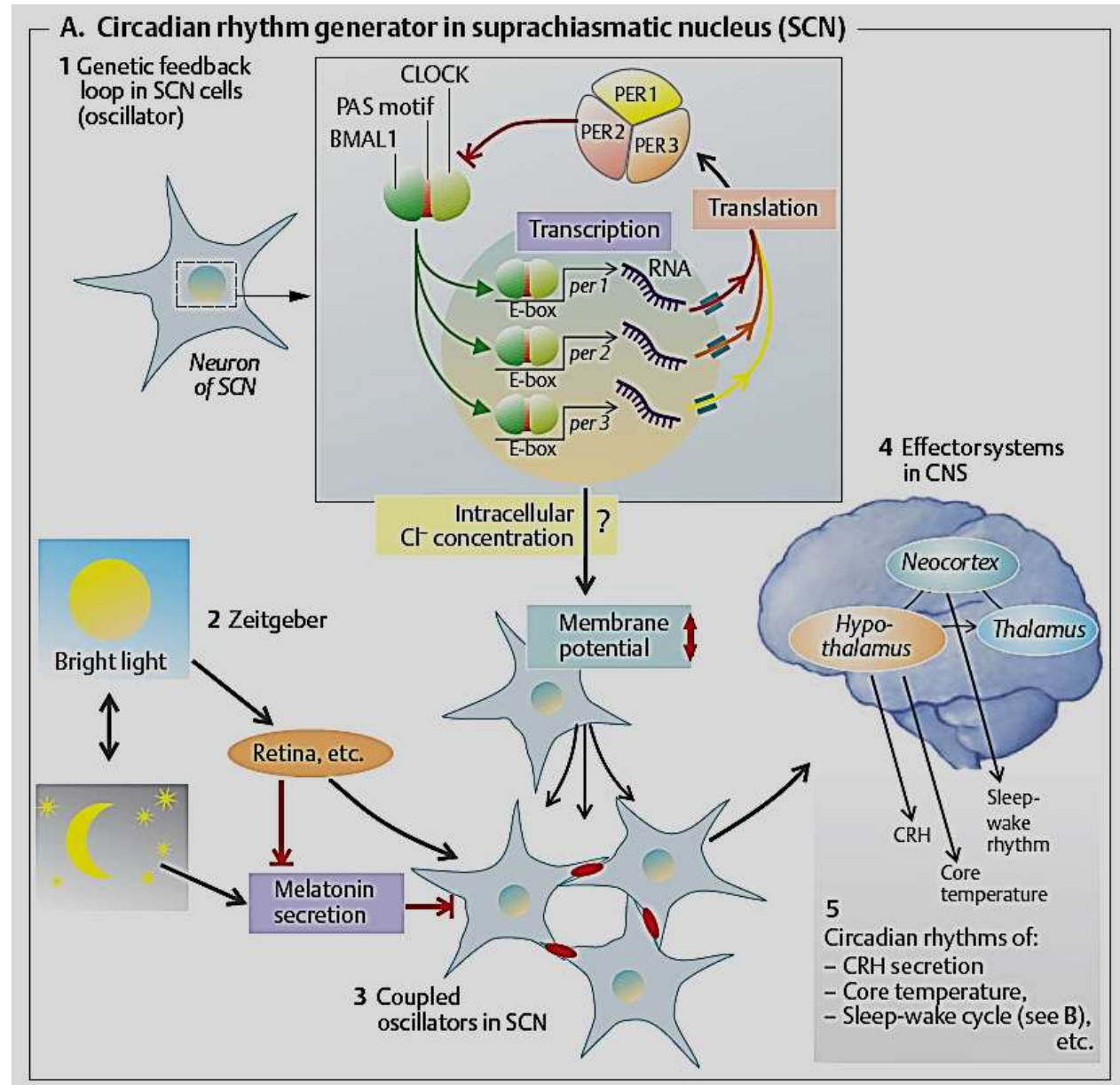
Jak se měří?
Běhací kolo (mlýnek)

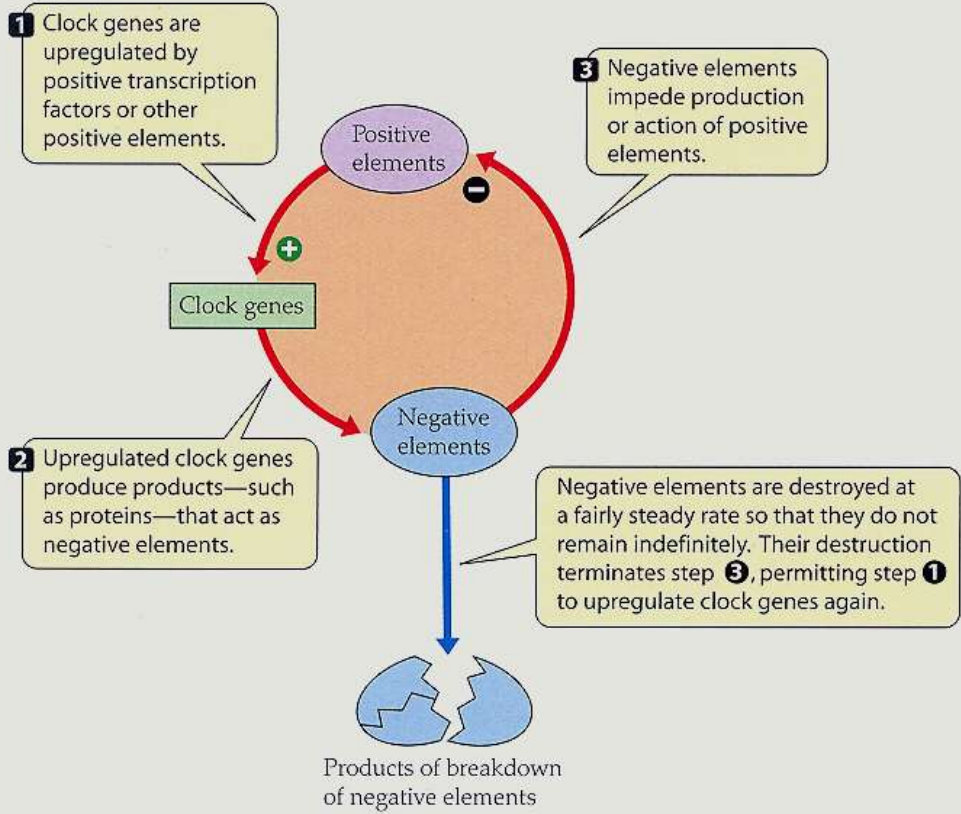


Suprachiasmatické jádro a řízení motorické aktivity

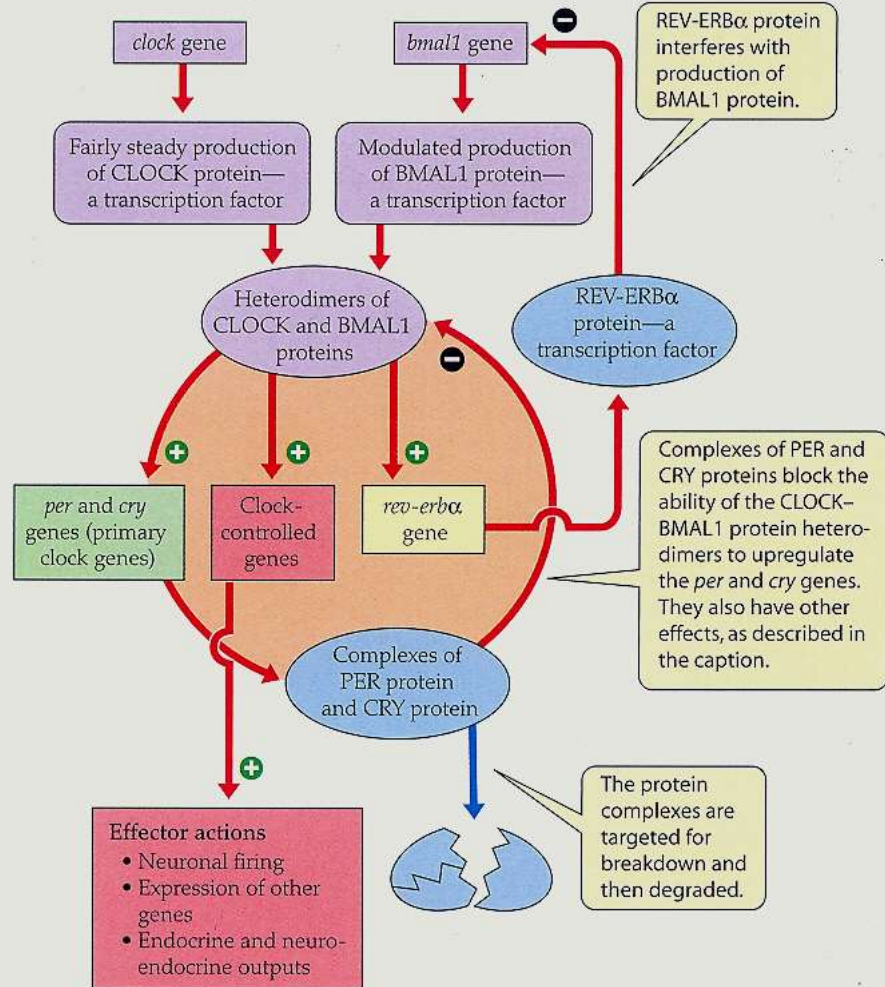


Molekulární hodiny a zpětnovazebná smyčka synchronizovaná světlem.

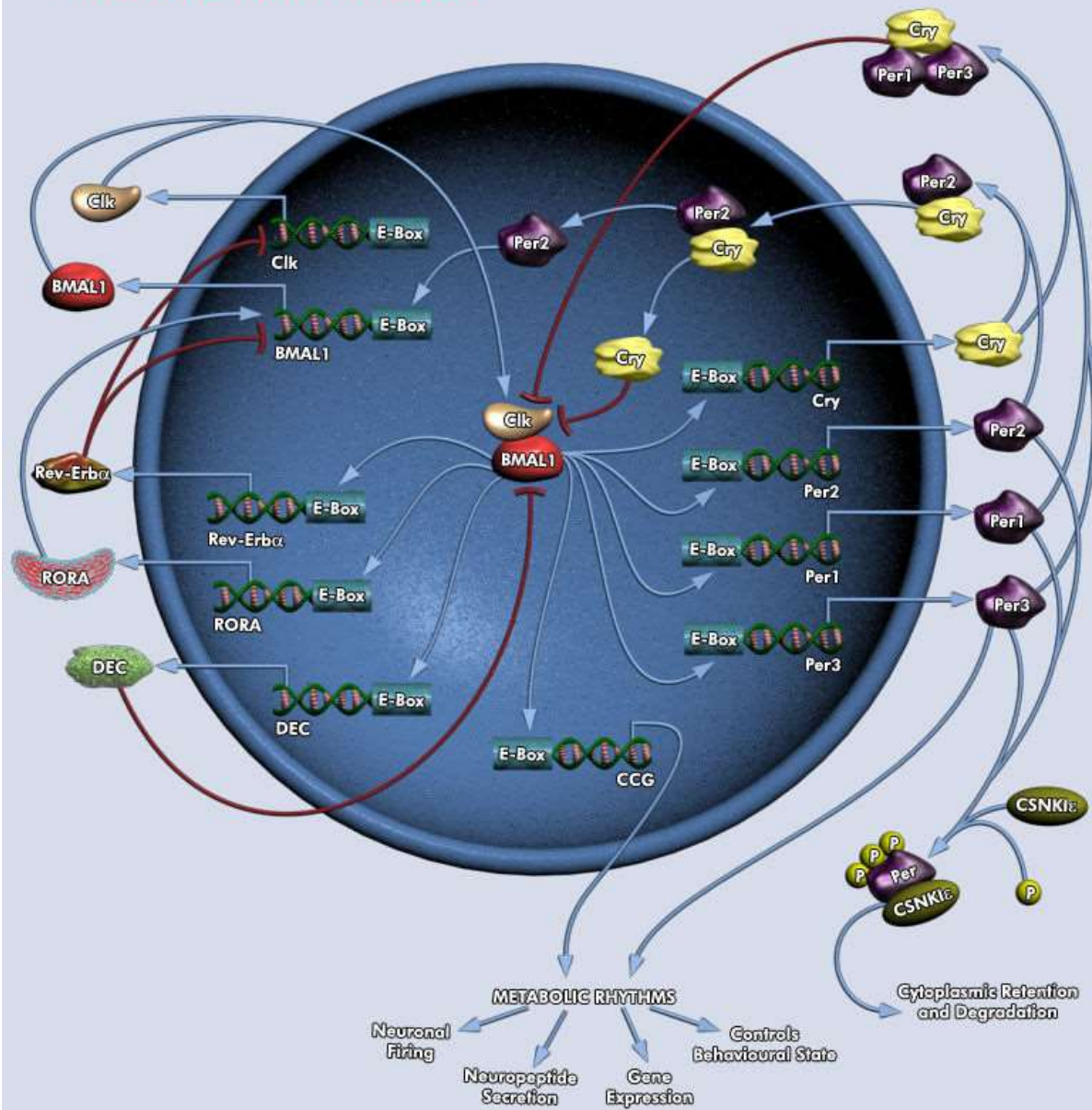




(b) Some aspects of the timekeeping mechanism in neurons of the mammalian suprachiasmatic nuclei



Circadian Clock in Mammals



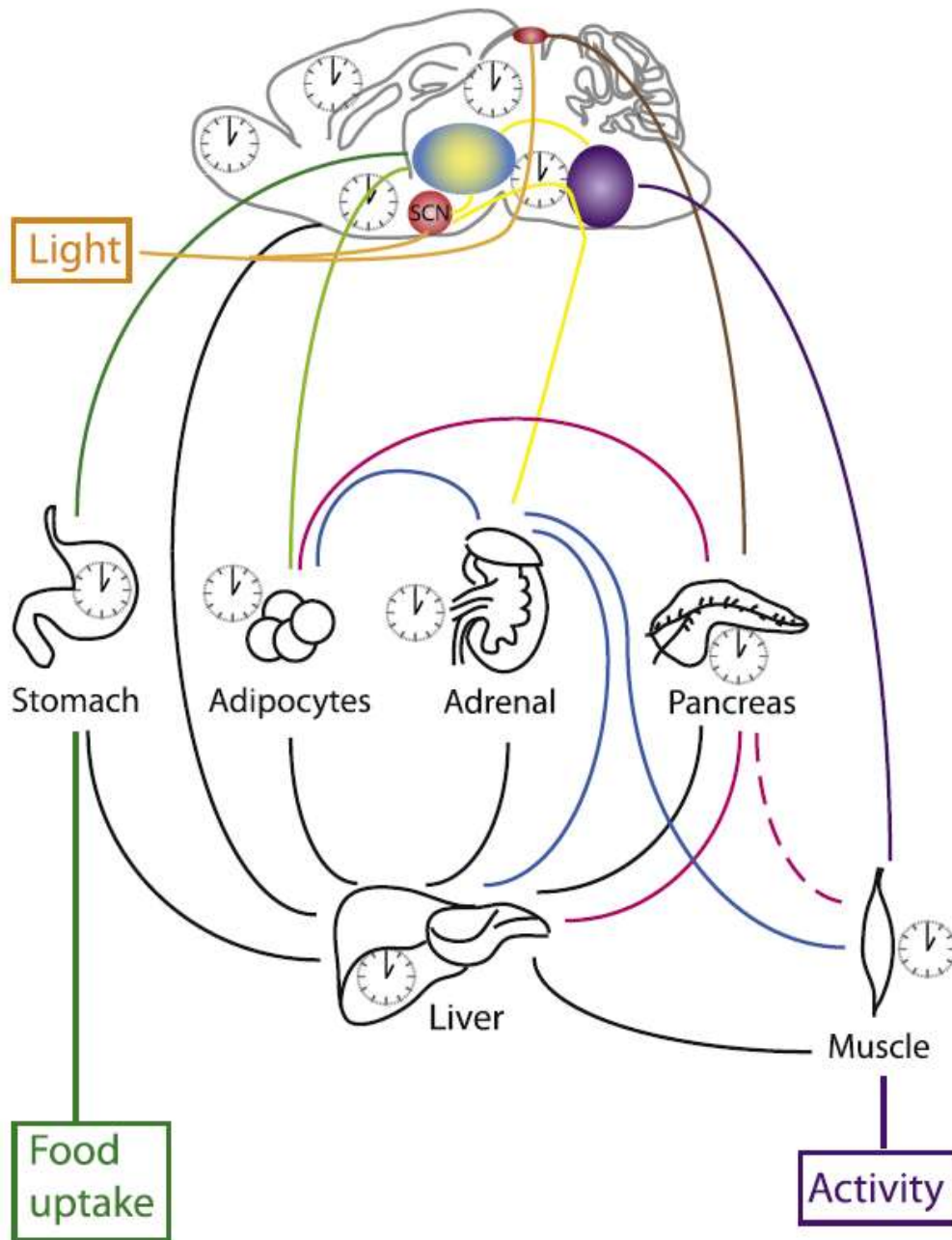


Figure 1. Organization of the Circadian System

(A) Circadian clocks are found in all cells of various organs. The master clock is located in the SCN (red circle) of the brain and synchronizes the other central clocks that are related to metabolic and reward integration (yellow-blue shaded oval) and motor coordination (purple oval) via direct and indirect pathways (yellow lines). The SCN and the pineal clock (red oval) are sensitive to light (orange lines). Hormonal signaling between organs is shown: melatonin (brown line); ghrelin (dark green); leptin (light green); insulin/glucagon (pink, hatched line = insulin only) and adrenaline (blue). Metabolic signaling between organs is shown: carbohydrates, fatty acids, and amino acids (black). Purple: neuronal connections between the brain, spinal cord and muscles.

(B) Subdivision of the circadian system: input to the clock, clock mechanism, and clock output. This division can be made at the cellular level (top) as well as at the systemic level (bottom). Synchronization between cellular clocks becomes an issue in multicellular systems, such as in organs and in entire organisms (see A).

Centrální a periferní oscilátory

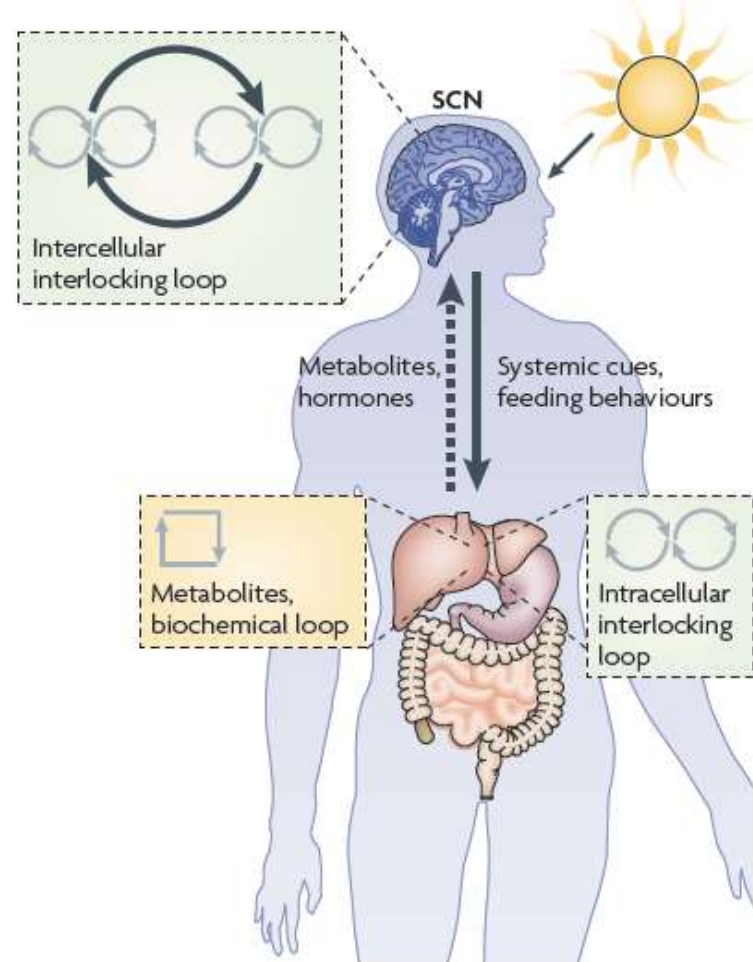
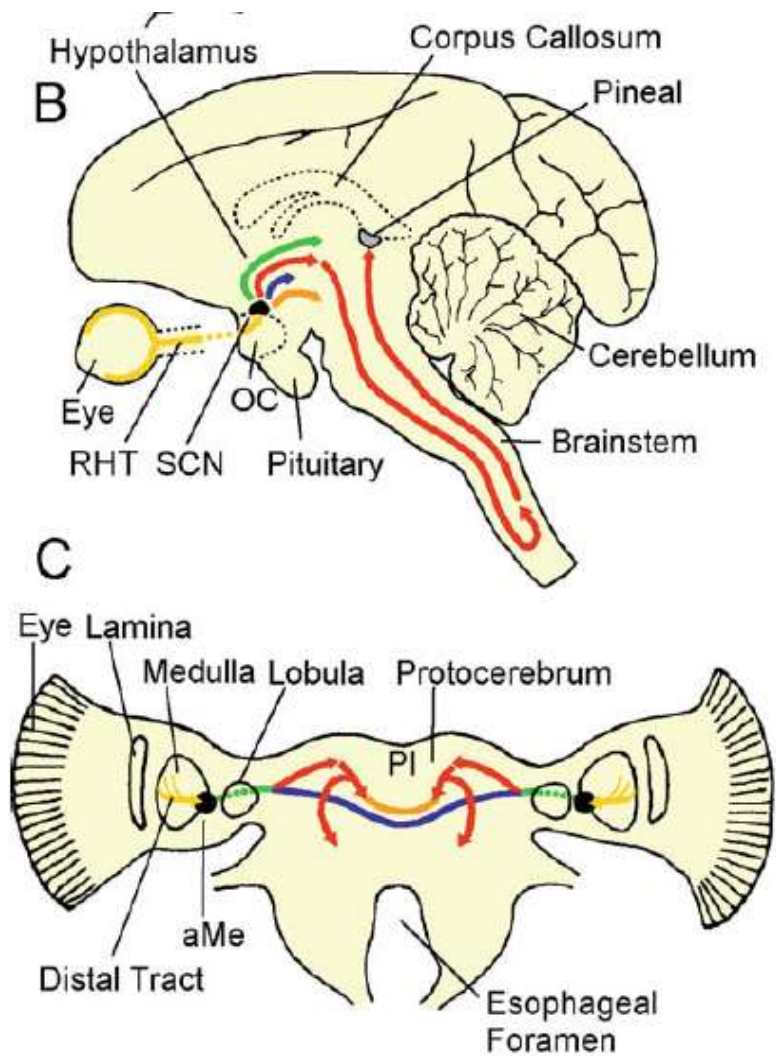
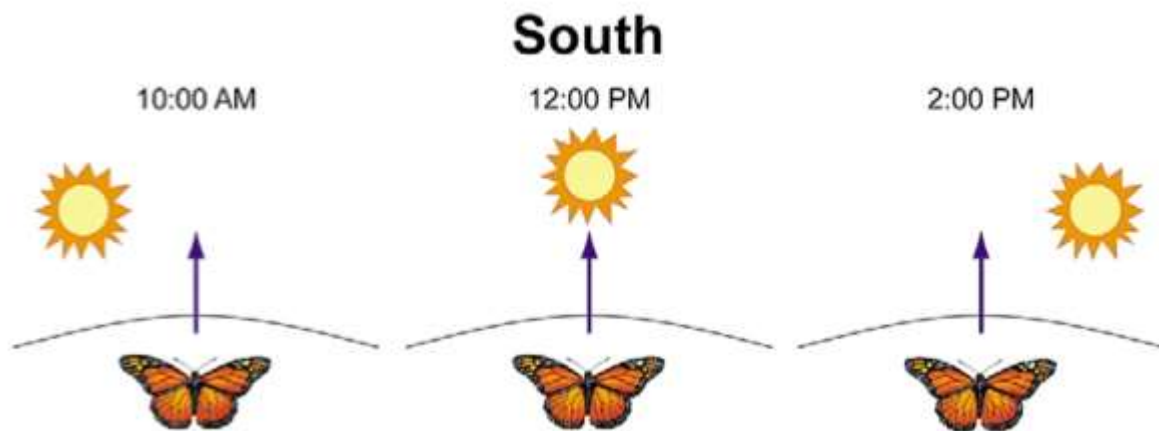
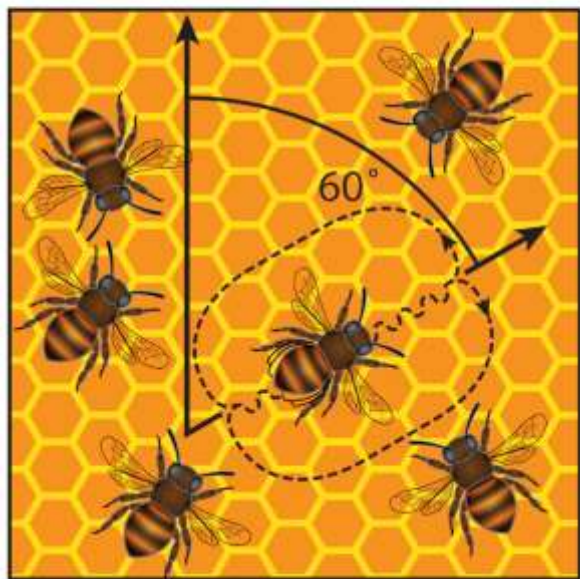
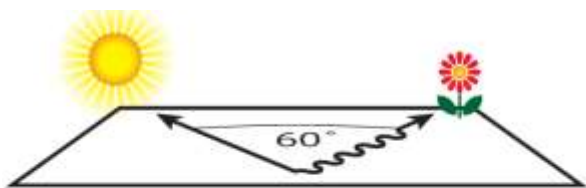


Figure 4 | **Loops surrounded by loops: whole organism oscillations in humans.** Intracellular clock regulation, which consists of multiple interlocking transcriptional and translational loops, exists in all the cells, including those located in the clock master, the suprachiasmatic nucleus (SCN), and the peripheral organs such as the liver. The SCN, however, possesses an additional intercellular regulation that synchronizes individual neurons into a robust pacemaker, which integrates environmental signals such as light, governs the rhythmic behaviour and sends out systemic cues to synchronize the whole body. By contrast, small molecules such as metabolites and hormones may feed back to regulate the peripheral and central clocks.

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



Orientovat se podle Slunce, znamená znát přesný čas.
Solární kompas využívali mořeplavci a využívají živočichové

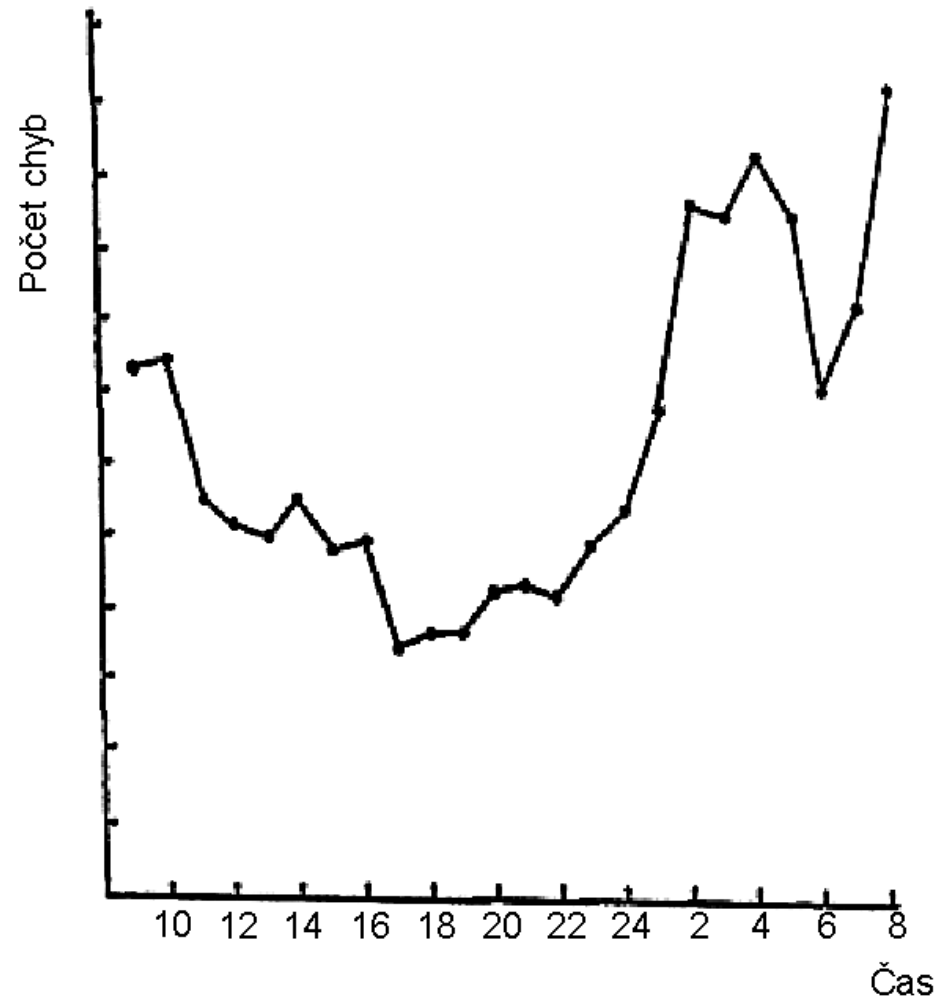


Chronobiologie

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...



Příklady testovacích otázek ke zkoušce z Fyziologie živočichů

<http://www.sci.muni.cz/ksfz/texty/fyztest.htm>

Základní studijní literatura: skripta Srovnávací fyziologie živočichů

1. Vysvětlete existenci klidového membránového potenciálu. Zmiňte roli K^+ a Na^+ .

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů: Hlavní roli mají ionty Na^+ , K^+ , Cl^- a intracelulární fixní anionty bílkovin. Klidový potenciál je asi $-90mV$. Příčiny vzniku: A) Elektrogenní Na/K pumpa čerpá 2 K^+ dovnitř buňky a 3 Na^+ ven. B) Propustnost membrány – Sodíková propustnost je nízká, zavřené kanály nedovolují Na^+ vracet se do buňky. Elektrická i koncentrační síla působí vysokou hnací sílu sodíku. Draslíková propustnost je vysoká, jeho elektrická a protichůdná koncentrační síla se vyrovnávají – je blízko svému rovnovážnému potenciálu.

2. Popište děje při přenosu vzruchu mezi dvěma neurony přes synaptické spojení.

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů: AP dorazí na synaptický knoflík. Depolarizace způsobí otevření napěťově vrátkovaných Ca kanálů. Nárůst intracelulárního Ca^{2+} vyvolá přesun a exocytózu vezikul s mediátorem do štěrbin synapse. Mediátor se naváže na receptory postsynaptické membrány. Zde se otevrou kationtové kanály (přímo nebo přes kaskádu G-protein – adenylát cykláza – cAMP). Vzniká depolarizace zvyšuje pravděpodobnost vzniku nového AP na iniciálním segmentu. Mediátor je ze štěrbin odstraněn enzymaticky nebo endocytózou.

3. Jaké jsou možné adaptační strategie živočichů na změnu vnějších podmínek? Charakterizujte je.

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů: A) Uteč. Např. migrace, diapauza, encystace. Zejména malé organizmy (relativně velký povrch) s měkkým tělem nemající izolační nebo regulační mechanismy nemohou aktivně žít v nevhodném prostředí. B) Akceptuj. Zejména středně velcí s exoskeletem nemohou příliš regulovat vnitřní prostředí, ale mohou přežít mimo optimum. C) Vyreguluj. Velcí živočichové mohou udržet konstantní optimální vnitřní prostředí.

4. Které hormony mohou ovlivňovat energetický metabolismus. Jmenujte hlavní z nich, zmiňte místo sekrece a způsob působení.

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů: A) Trijodtyronin a Tyroxin ze štítné žlázy zvyšují oxidační děje v mitochondriích a tak i metabolismus, proteosyntézu, zrání, růst. B) Somatotropin (růstový h.) z adenohipofýzy zvyšuje využívání lipidů a růst. C) Somatostatin z D buněk pankreasu snižuje využívání živin (tlumí sekreci inzulínu a glukagonu, resorpci ve střevě). D) Katecholaminy ze dřene nadledvin mobilizují energetické rezervy, zvyšují svalový výkon. Podobně E) kortizol z kůry nadledvin.