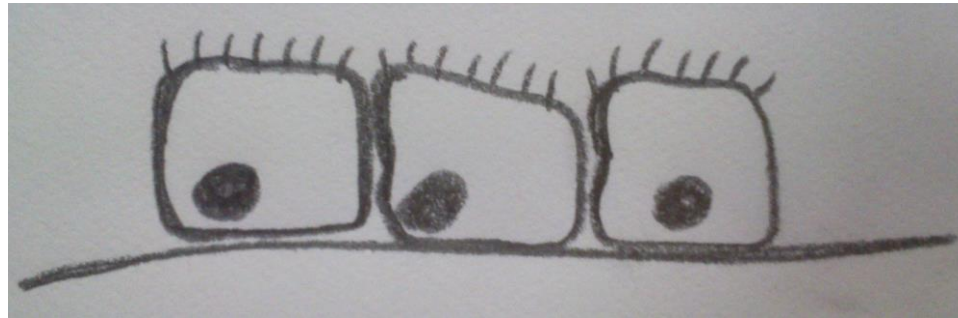


Fyziologie smyslů

Receptory

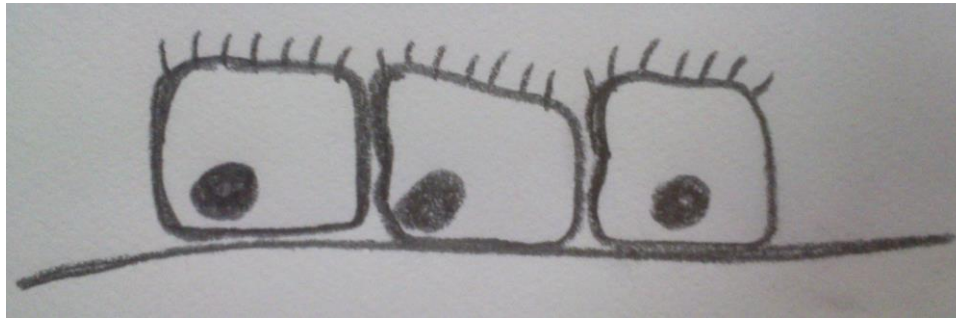
Receptory



podnět

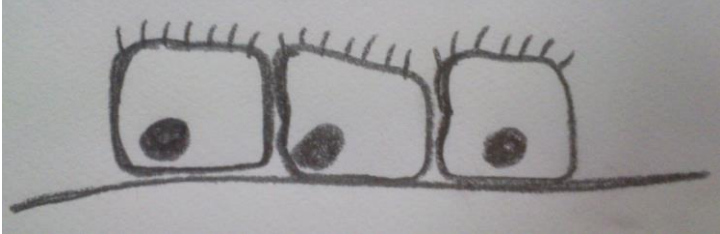
biologický signál

Receptory



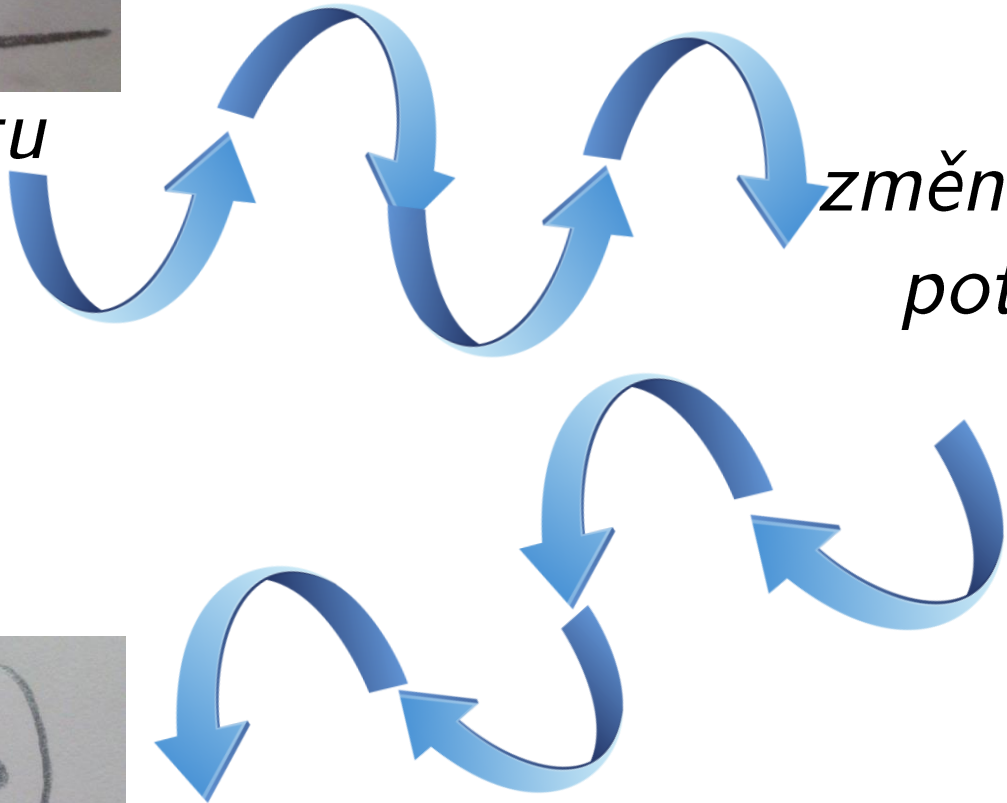
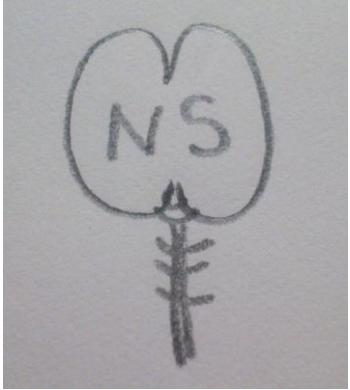
- membránové receptory (z vnějšího prostředí)
- cytosolové receptory (pronikne-li signál membránou)
- jaderné receptory (pronikne-li signál membránou)

Receptory



energie podnětu

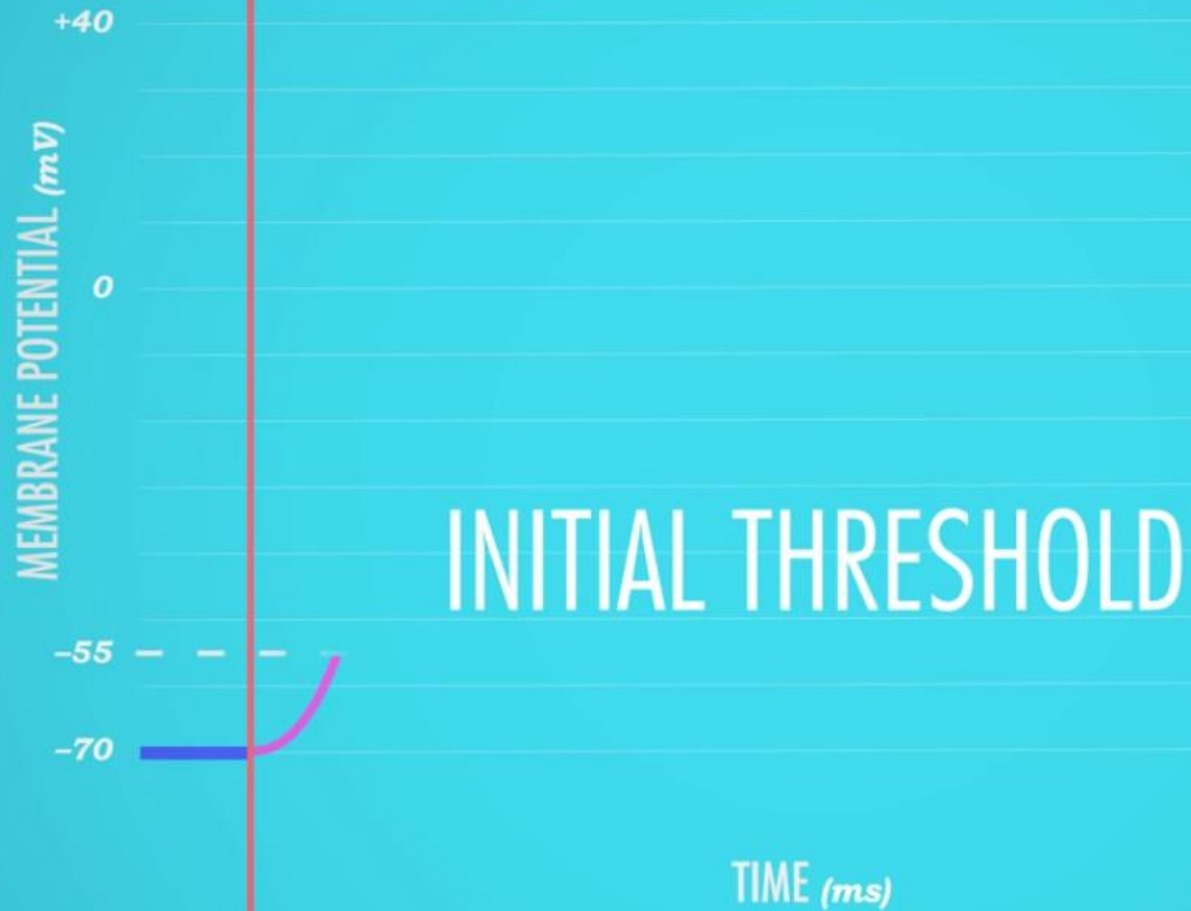
změna akčního potenciálu



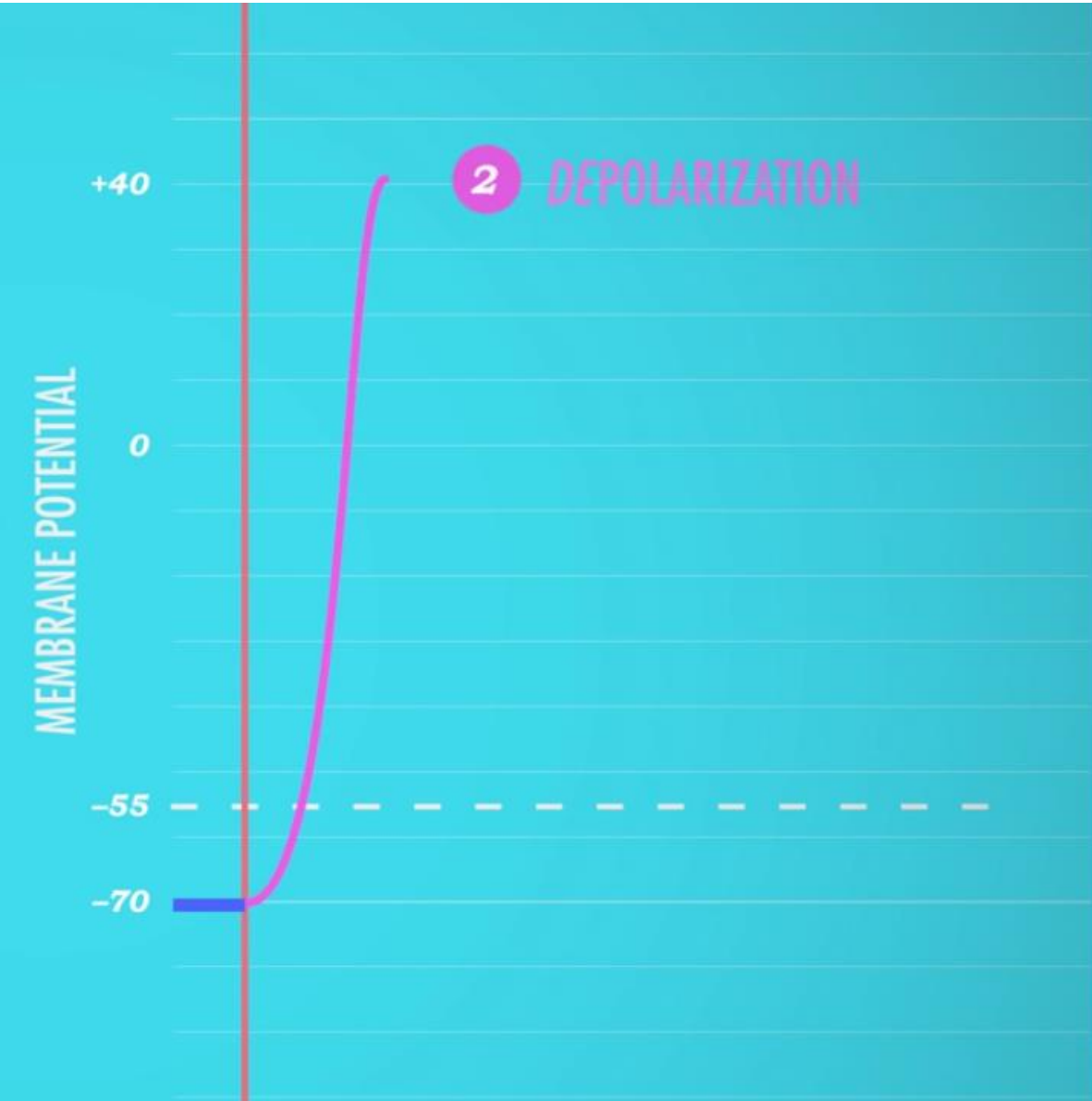
Receptory



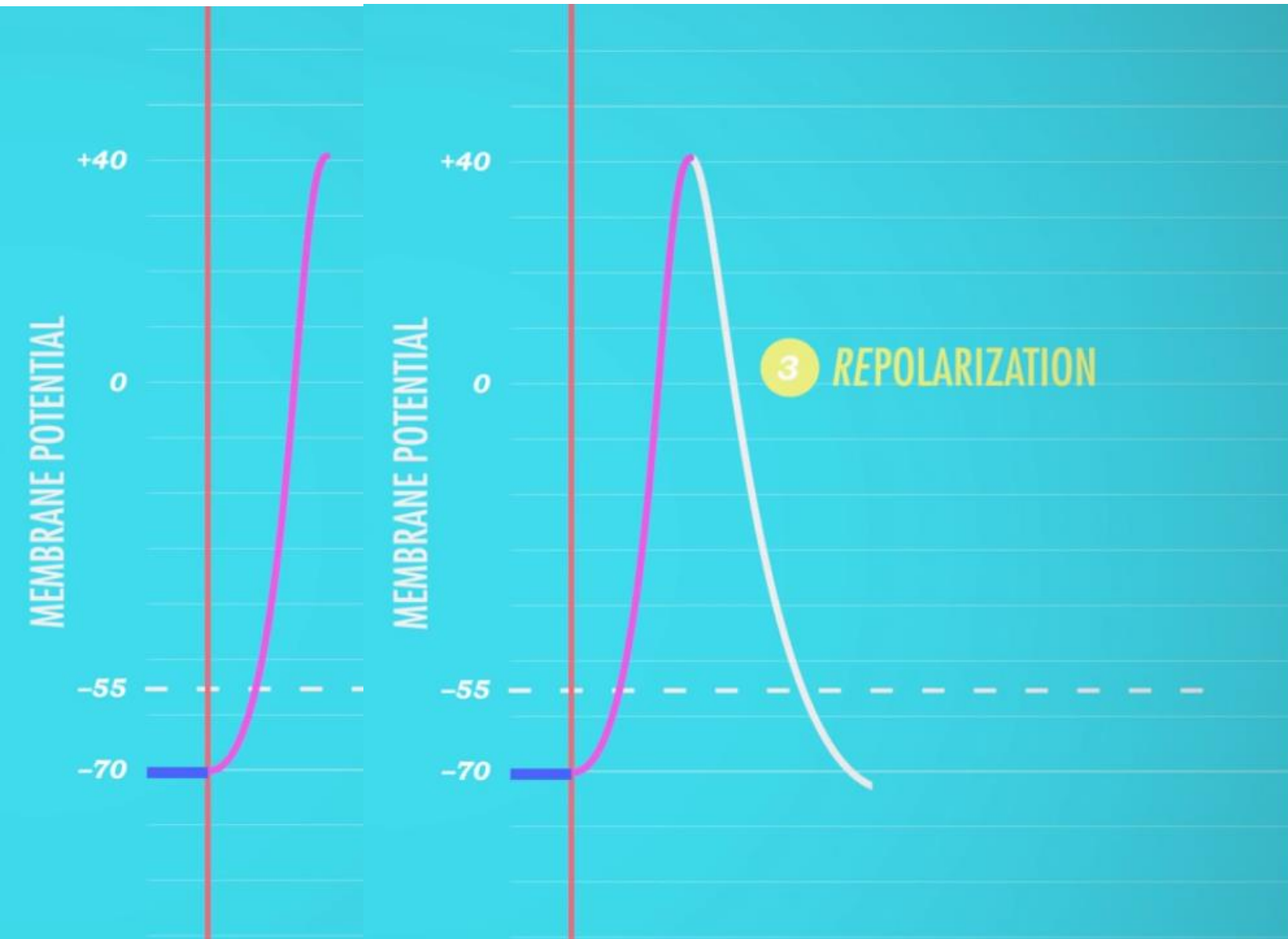
Receptory



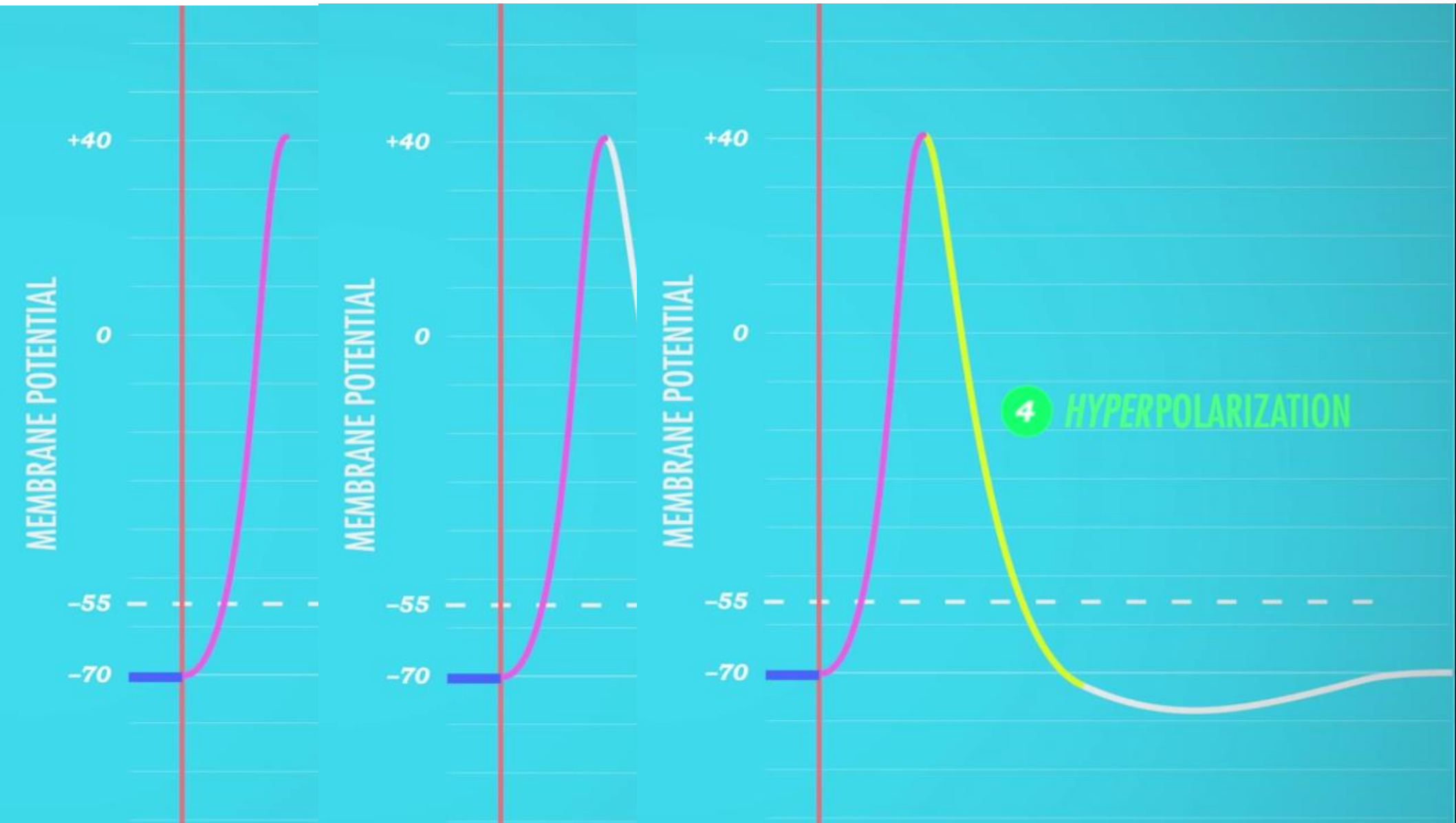
Receptory



Receptory



Receptory



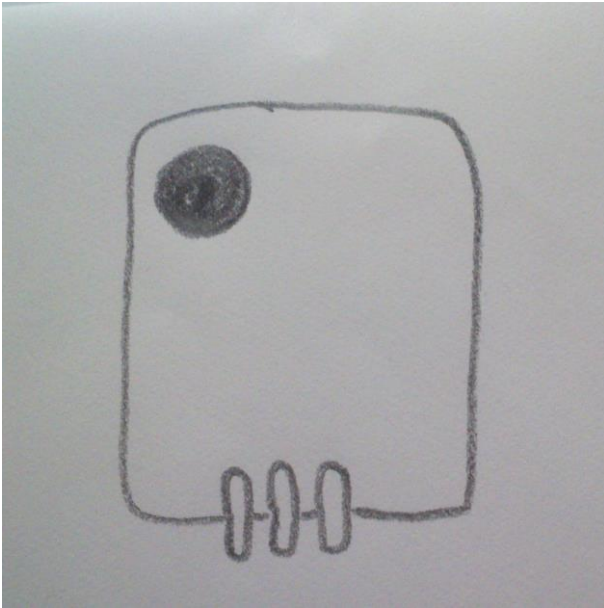
Receptory



Receptorové buňky

v membráně specializované bílkoviny

→ funkční jednotka = SENZOR



Přídavné struktury receptorů

= optický systém oka

= orgány středního a vnitřního ucha

= hlenová vrstva na povrchu čichového epitelu

Přídavné struktury

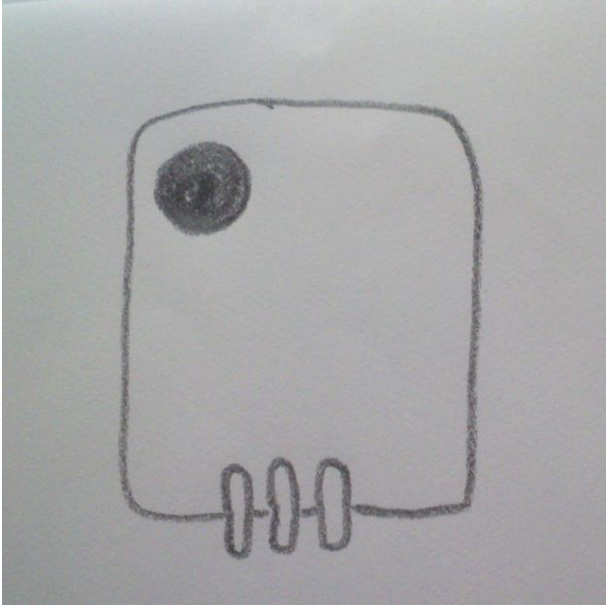
funkce

→ ochranná

→ transformace/koncentrace signálu

→ převod do/k/na citlivé části receptorových buněk

Receptory

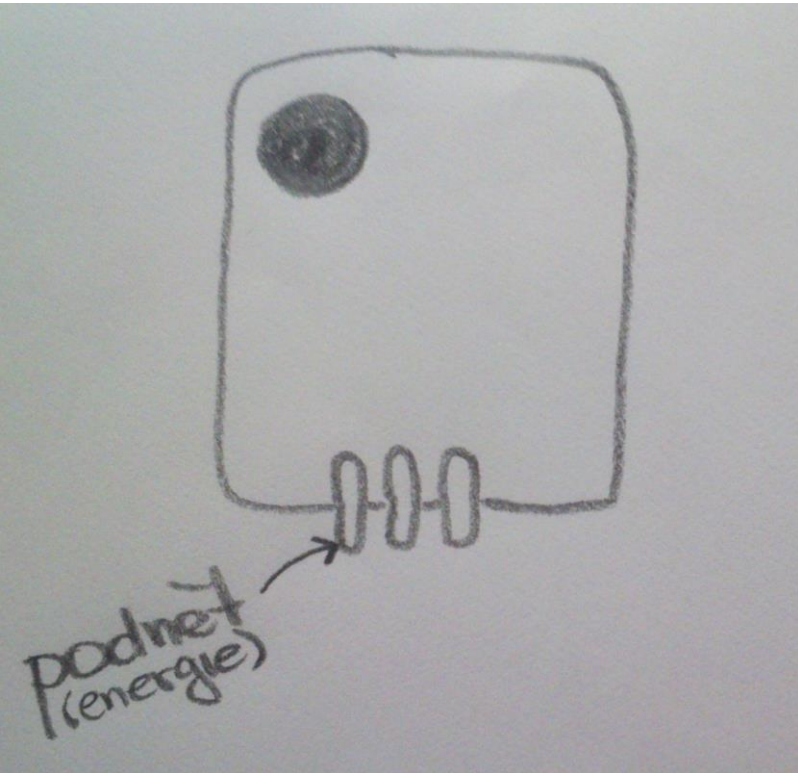


Receptory

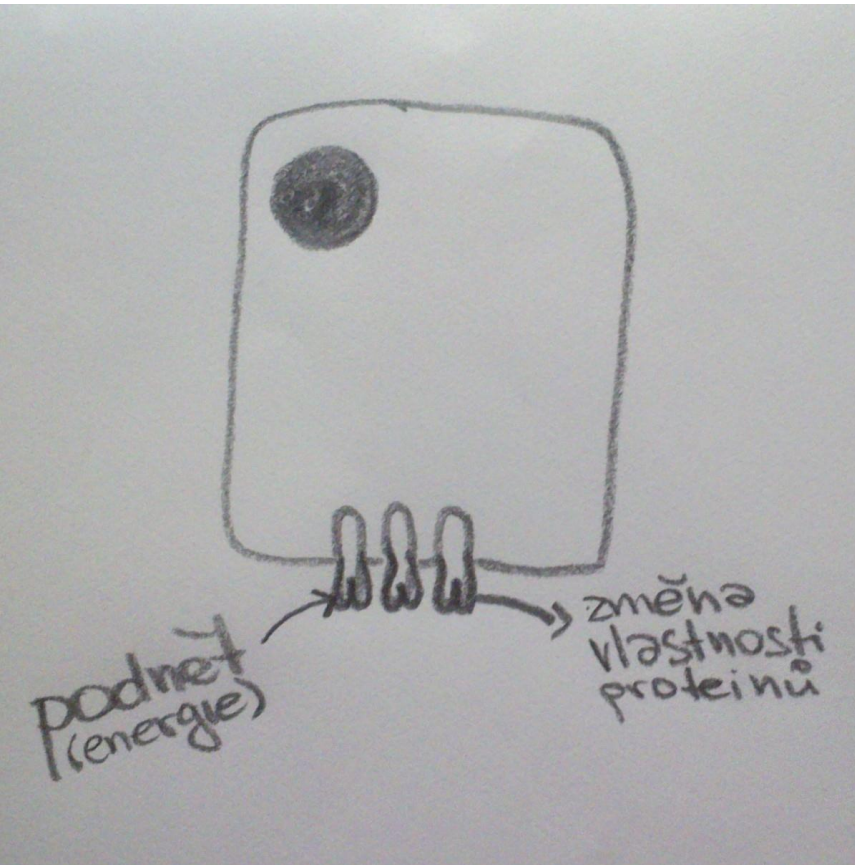


podnet
(energie)

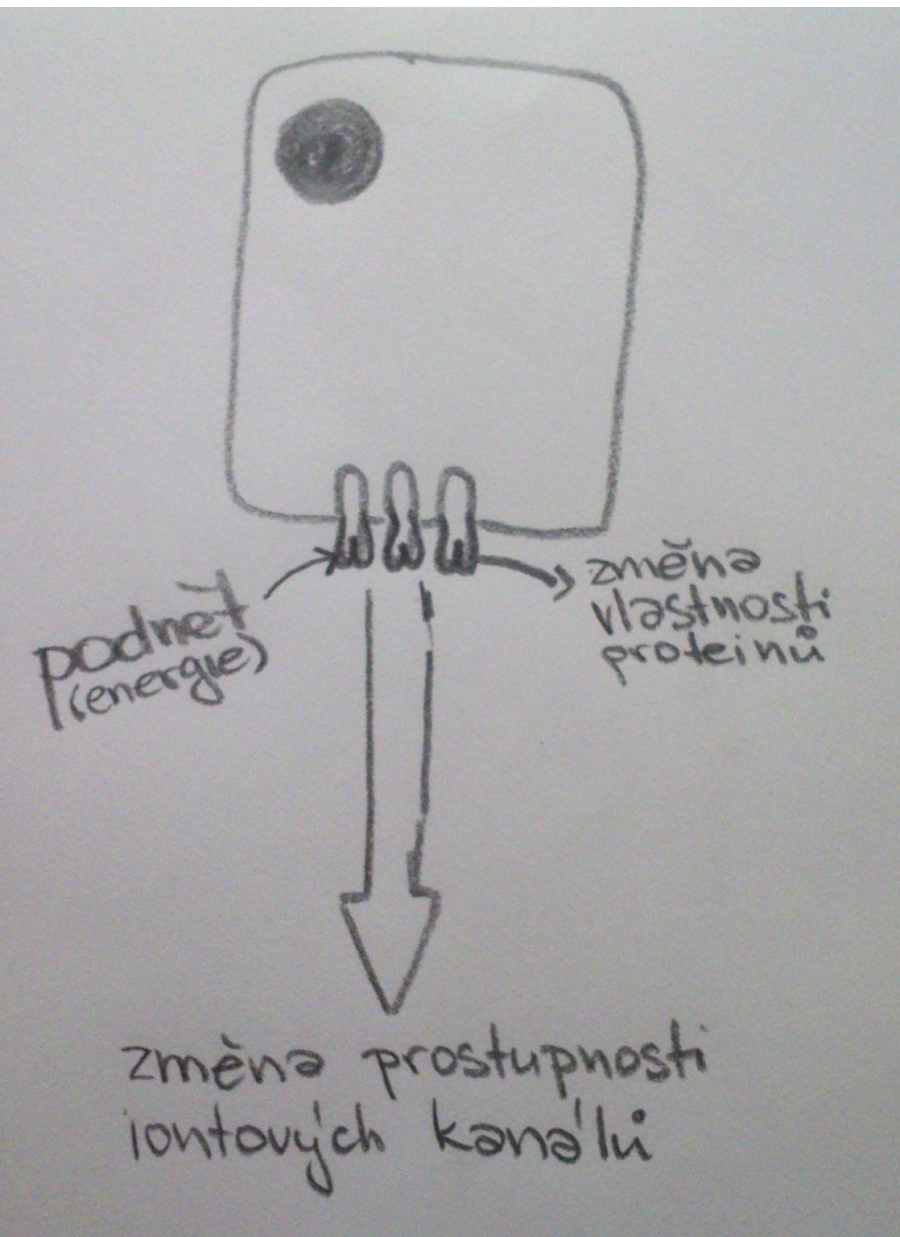
Receptory



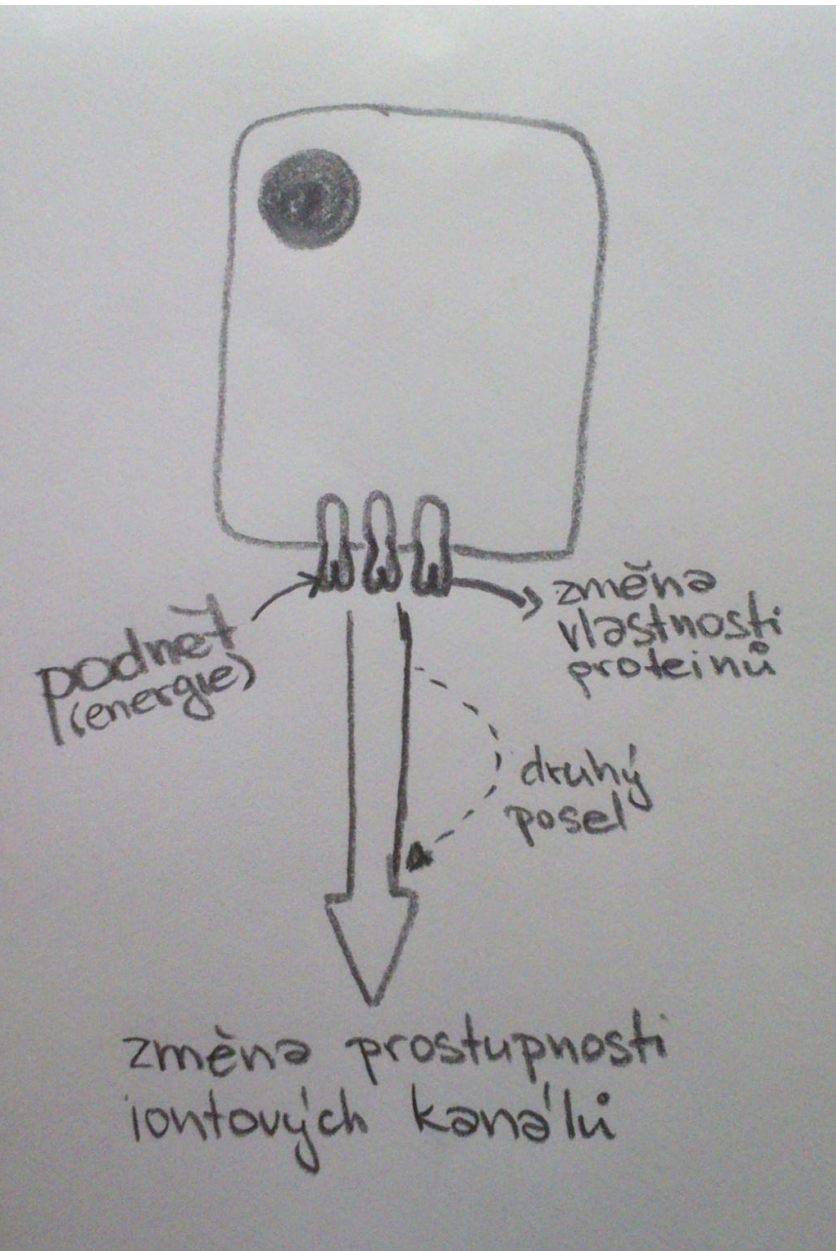
Receptory



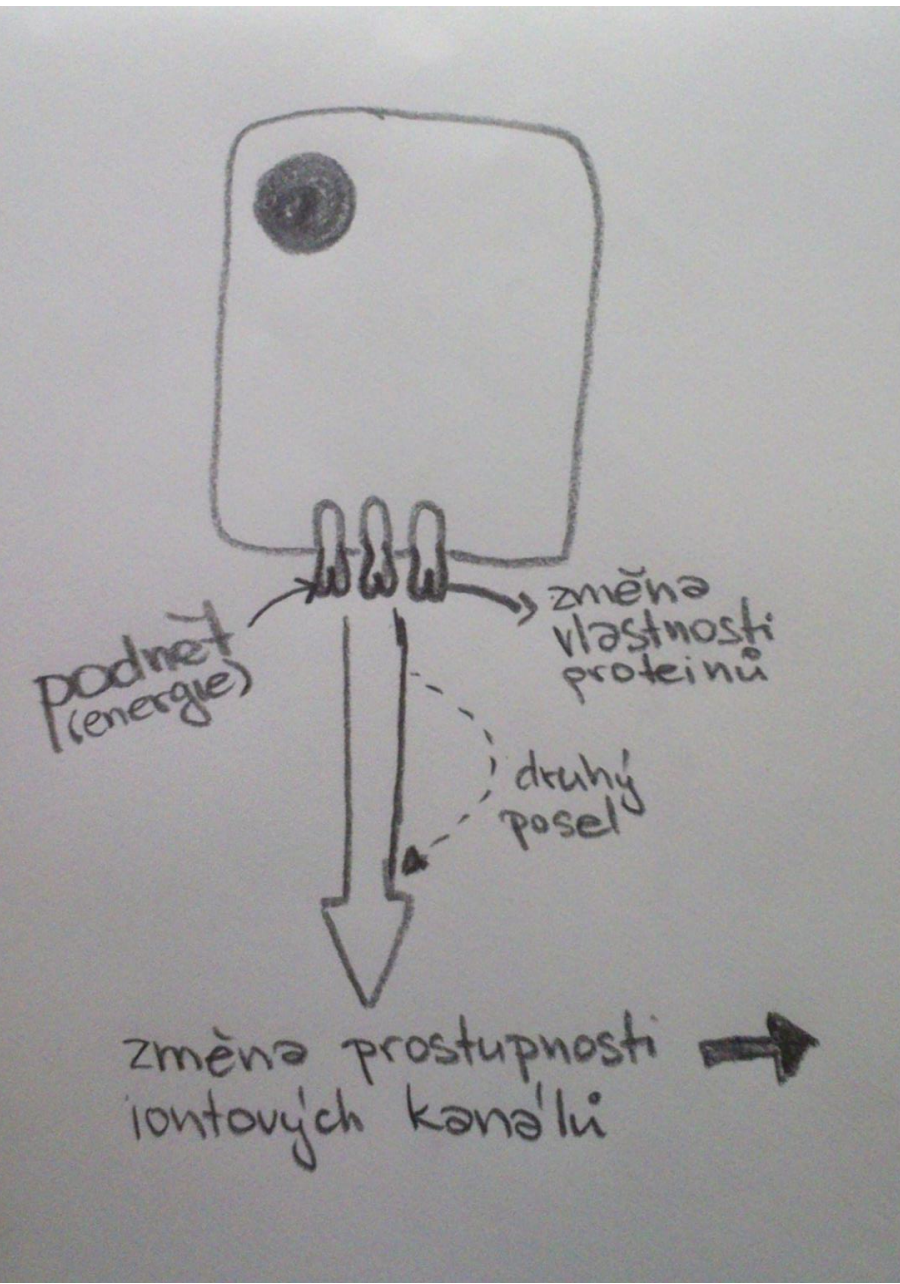
Receptory



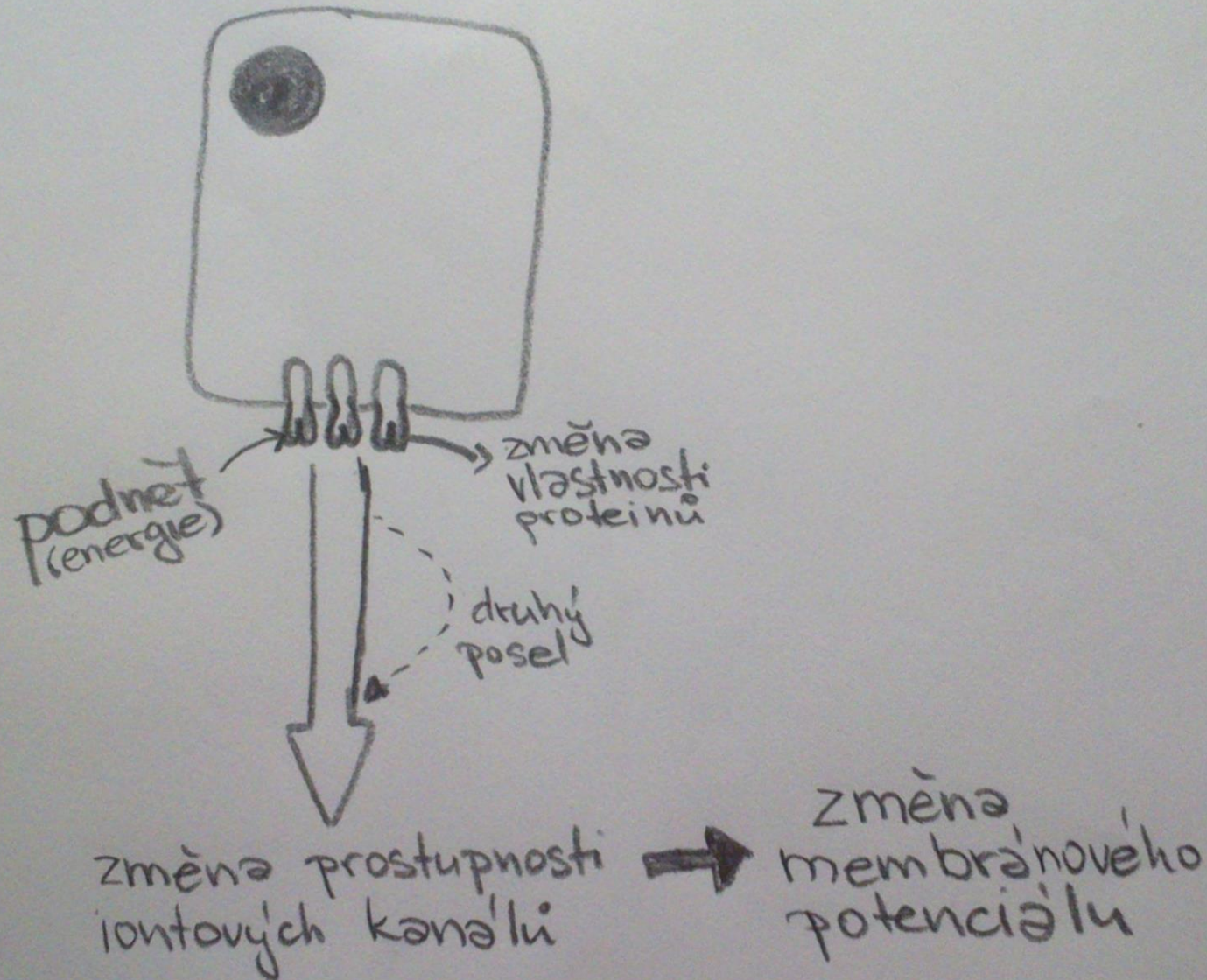
Receptory



Receptory



Receptory



Receptory



Podnět

intenzita = amplituda akčního potenciálu

- relativně nižší při vyšší intenzitě podnětu
- dlouhodobé působení = ADAPTACE
- modalita podnětu = výběr specifických receptorů
+ specifické dostředivé neurony

Akční potenciál podnětu

receptorová buňka (čichové buňky, taktilní buňky)

→ dosažení prahové hodnoty

→ synaptický přenos

→ mediátor

→ následný neuron

Signál

nervové dráhy

zpracování informace

+ přepojení do jiných systémů

(oko a okohybné svaly)

RECEPTOR

nespecifické senzorické dráhy

mozková kůra

Senzorické vjemy

= vstup aferentní informace do vědomí

Není odrazem podnětu ale je výsledkem
procesu výběru informací!

Receptory

FOTORECEPTORY

- detekce světelného vlnění

MECHANORECEPTORY

- detekce zvukových vln a tlaku na kůži a vnitřním uchu

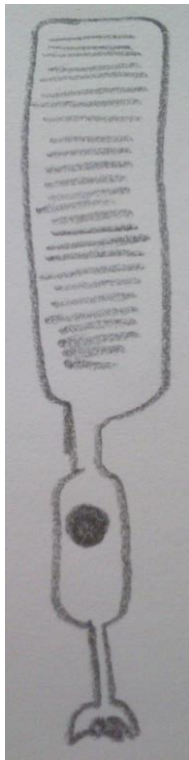
CHEMORECEPTORY

- detekce molekul v jídle, ve vnějším a vnitřním prostředí

Fotoreceptory

buňky = tyčinky a čípky

→ 3 části:



zvní segment

(vrstvy/disky plazmatické membrány se světlocitnou látkou)

vnitřní segment

(buněčné organely)

synaptické zakončení

(spojení s dalšími buňkami sítnice)

Fotoreceptory - rodopsin

- světlocitná látka
- bílkovina OPSIN + izomer vit. A: 11-cis retinal
 - tyčinky – 1 druh opsinu = intenzita světla
 - čípky – 3 druhy opsinu – citlivost k různým vlnovým délkám (= vnímání barev)

Fotoreceptory

TMA – membrána DEpolarizována (= -40 mV)

→ otevřené Na^+ kanály díky cGMP

→ tok K^+ vnitřním segmentem

→ presynaptický útvar – aktivace Ca^{2+} kanálů

→ rodopsin (-cis forma) → světlo → -trans forma →

G protein → aktivace cGMP-fosfodiesterázy →

Fotoreceptory

→ štěpení → uzavření Na^+ kanálů →

HYPERpolarizace → snížení výdeje transmiteru →

změna membránového potenciálu další buňky

zrakové dráhy → -trans forma → rodopsinkináza →

konverze na -cis formu → vazba na opsin

Mechanoreceptory

- převod mechanických podnětů na bioenergetický signál
- nejčastější
 - kůže (tlak)
 - svaly, šlachy, klouby (hluboké čítí)
 - močový měchýř (tlak)
 - + receptory sluchu, polohy hlavy

Mechanoreceptory

= mechanicky řízené iontové kanály

→ záklopy připojeny vláknem k cytoskelety

→ deformace buňky → vlákno → otevření/uzavření iontového kanálu

Mechanoreceptory

Sluchové a vestibulární ústrojí

- buňky se STEREOCILIIEMI → napojeny na iontové kanály
 - DEpolarizace - HYPERpolarizace membrány
 - vypuštění transmiterů = přenos signálu

Chemoreceptory

- chuť, čich, složení vnitřního prostředí
 - odpověď na přítomnost látek v okolí
(specifické receptory v membráně)
- nervový signál – specializovaný senzorický receptor

Chemoreceptory

chemická látka → senzor → druhý posel

→ změna prostupnosti iontových kanálů na membráně

→ receptorový potenciál (DEpolarizace - HYPERpolarizace)

→ presynaptický oddíl buňky

→ změna výdeje mediátoru

Chemoreceptory

druhý posel

- zesílení signálu
- odlišení částí membrány
 - místo vazby molekuly
 - generování změn potenciálu

Receptorový potenciál NENÍ ovlivněn změnami iontového složení

Termoreceptory

- pomalá adaptace
 - termocitlivé iontové kanály pro Ca^{2+}
 - vznik receptorového potenciálu
- lepší lokalizace při působení i tlakového podnětu

Termoreceptory

Dva druhy

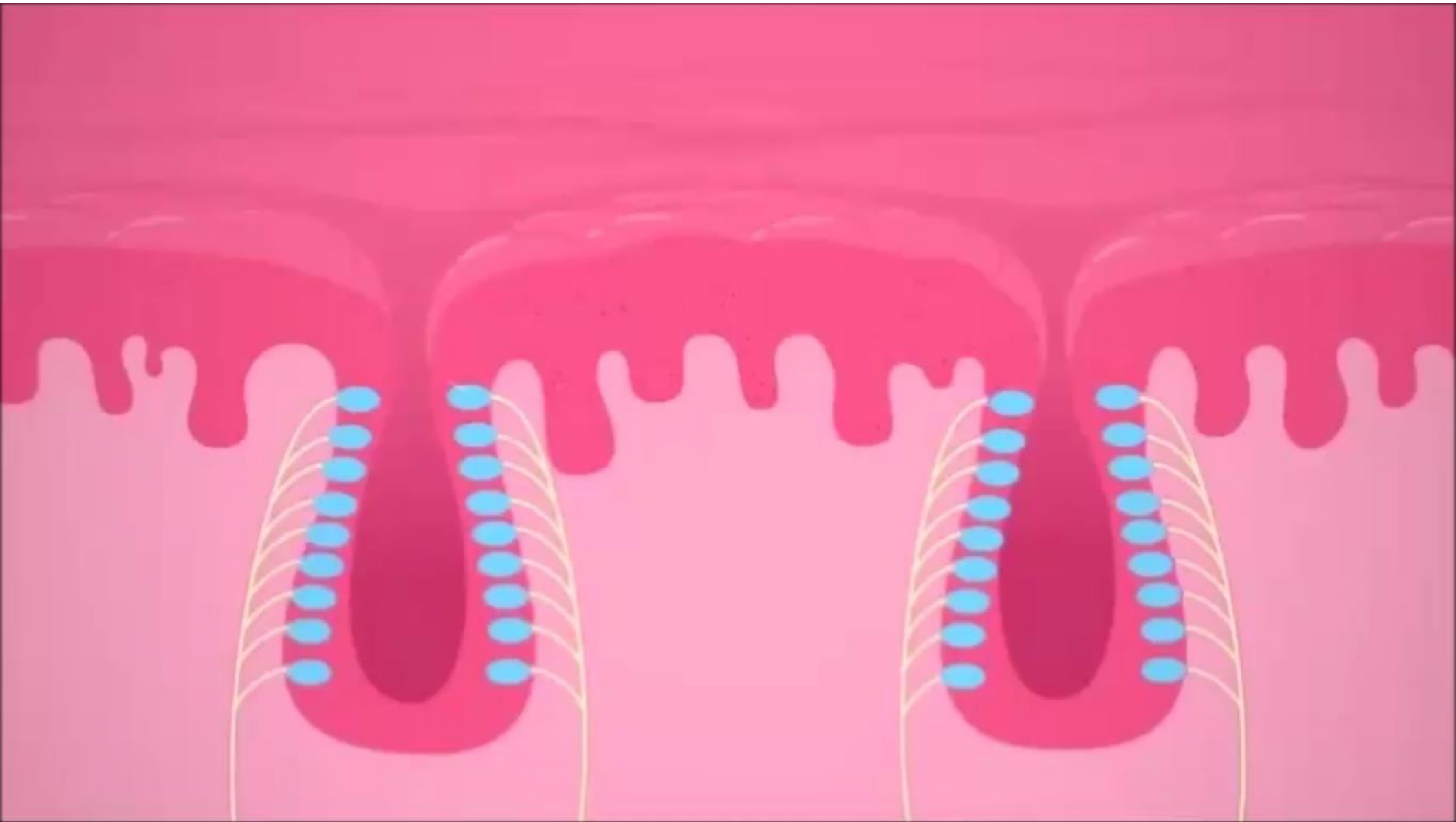
- chladové – aktivita při 23–28 °C
- tepelné – aktivita při 38–43 °C
 - rychlá změna – rozezná 0,1 °C
 - pomalá – větší rozdíl teplot a víc receptorů
- pod 10 °C = zástava tvorby a šíření vzruchů
→znecitlivění

Senzorické vjemy

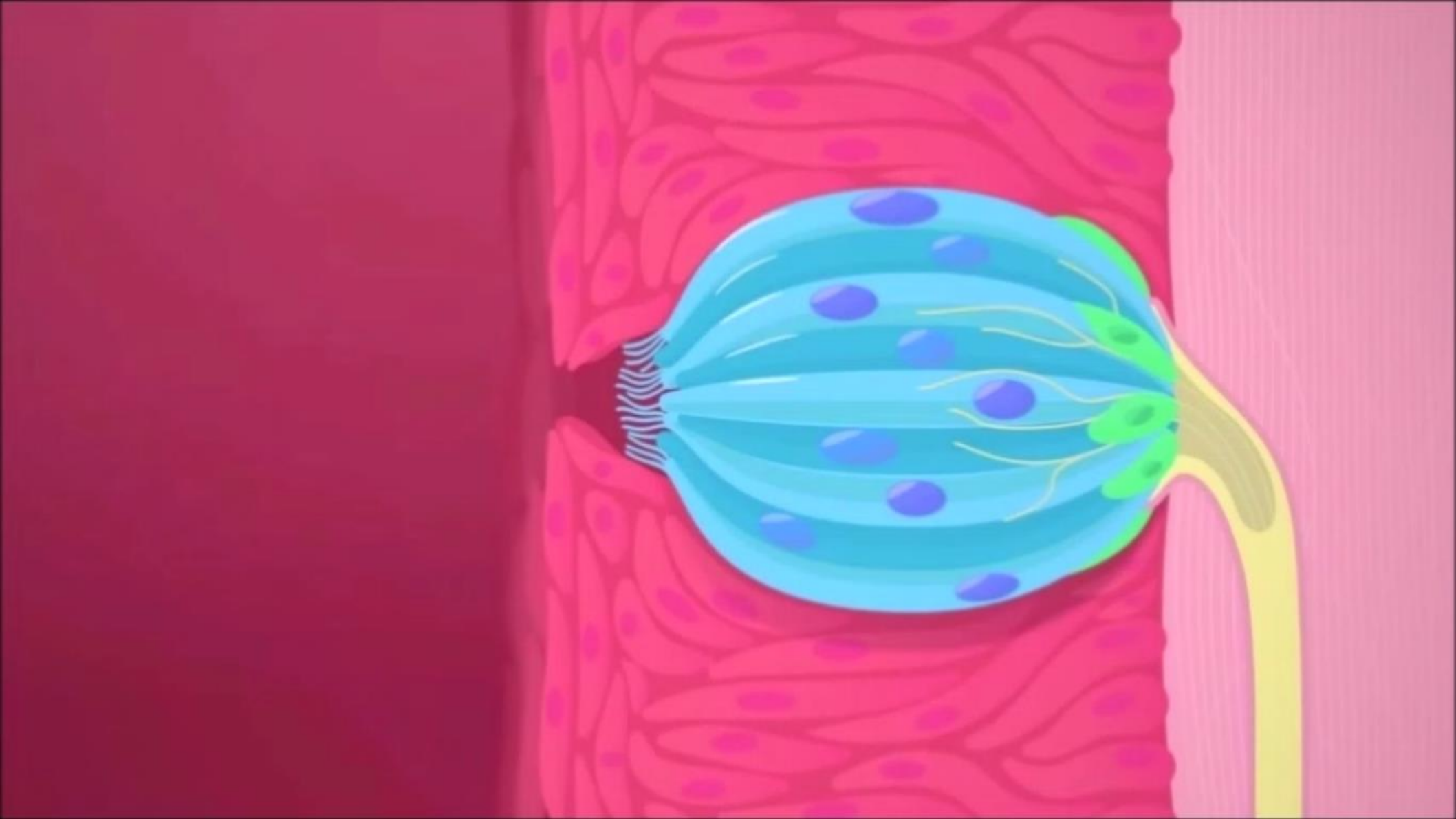
Chuť

- chemoreceptory
- jazyk, patro, hltan, horní část jícnu
- chuťové pohárky
 - buňky žijí jen cca 2 týdny
 - receptorové buňky
 - podpůrné buňky

Chut'



Chut'



Chuť

pouze u látek rozpustných ve vodě

- sladká – molekuly na bílkovinné senzory membrány
- slaná – prostup Na^+ do buněk
- kyselá a hořká – prostup H^+ iontů membránou

dlouhodobé působení podnětu → adaptace

Chuť

- aferentní vlákna chuťových pohárků = výběžky VII., IX. a X. hlavového nervu

→ chuťová centra **mozkového kmene**

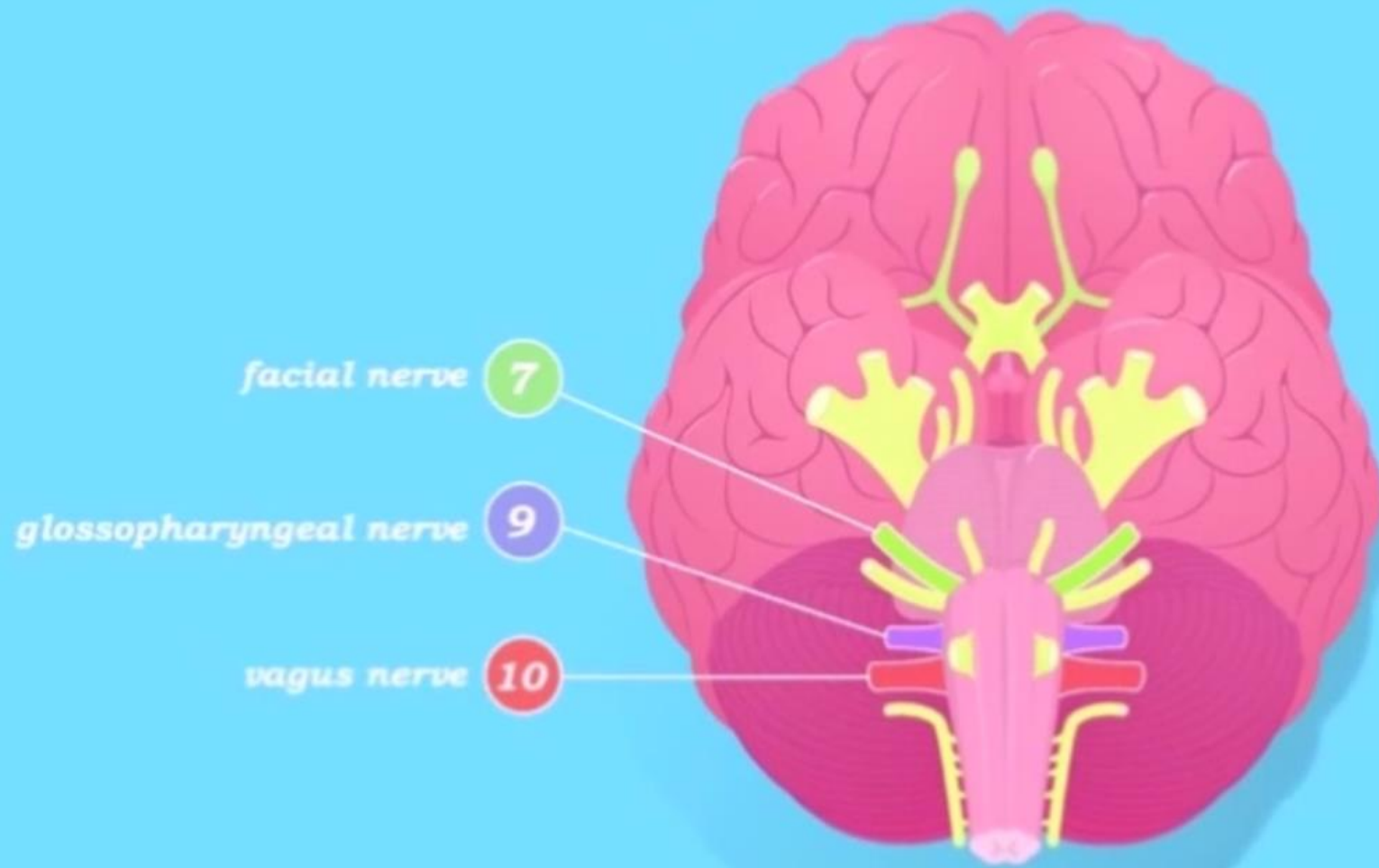
- projekce i do **talamu** a **mozkové kůry**

+ **retikulární formace** mozkového kmene a **lymbický systém** (hypotalamus) = emoce

Chuť

- aferentní vlákna chuťových pohárků = výběžky VII., IX. a X. hlavového nervu
 - VII. = *n. facialis* (lícní nerv)
 - IX. = *n. glossopharyngeus* (jazykohltanový nerv)
 - X. = *n. vagus* (bloudivý nerv)

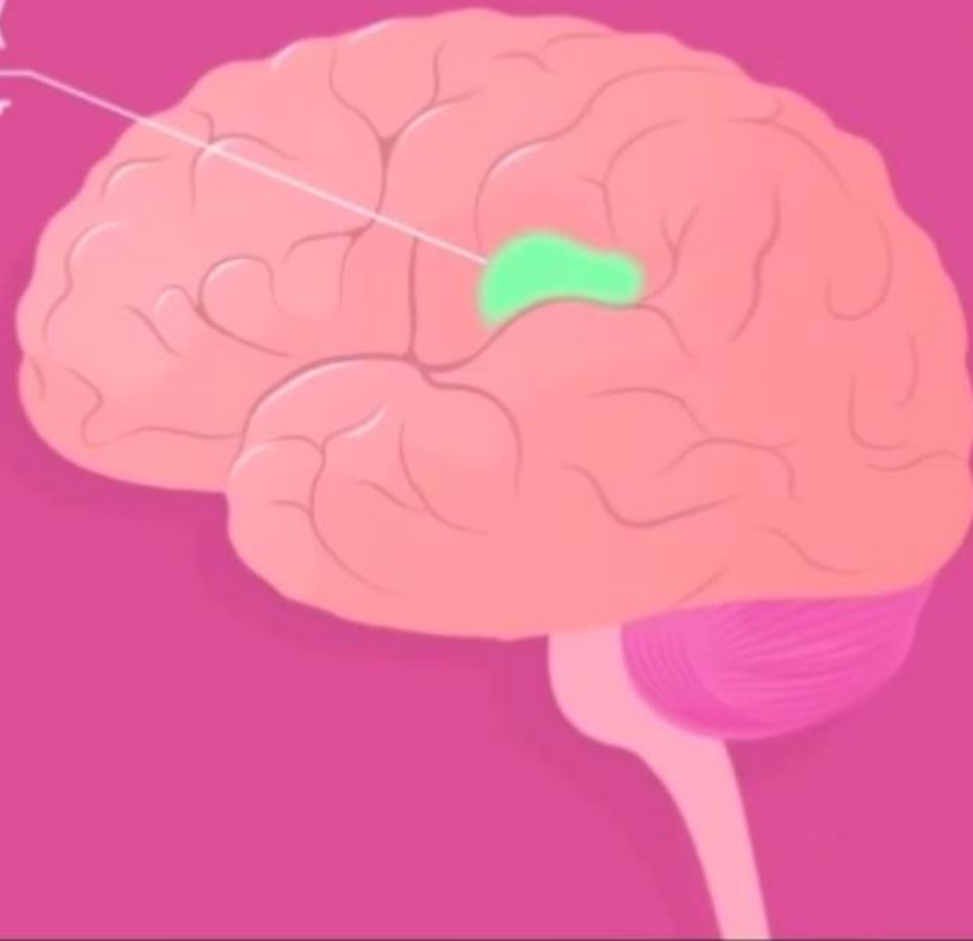
Chut'



Chut'

GUSTATORY CORTEX

*structure responsible for
the perception of taste*



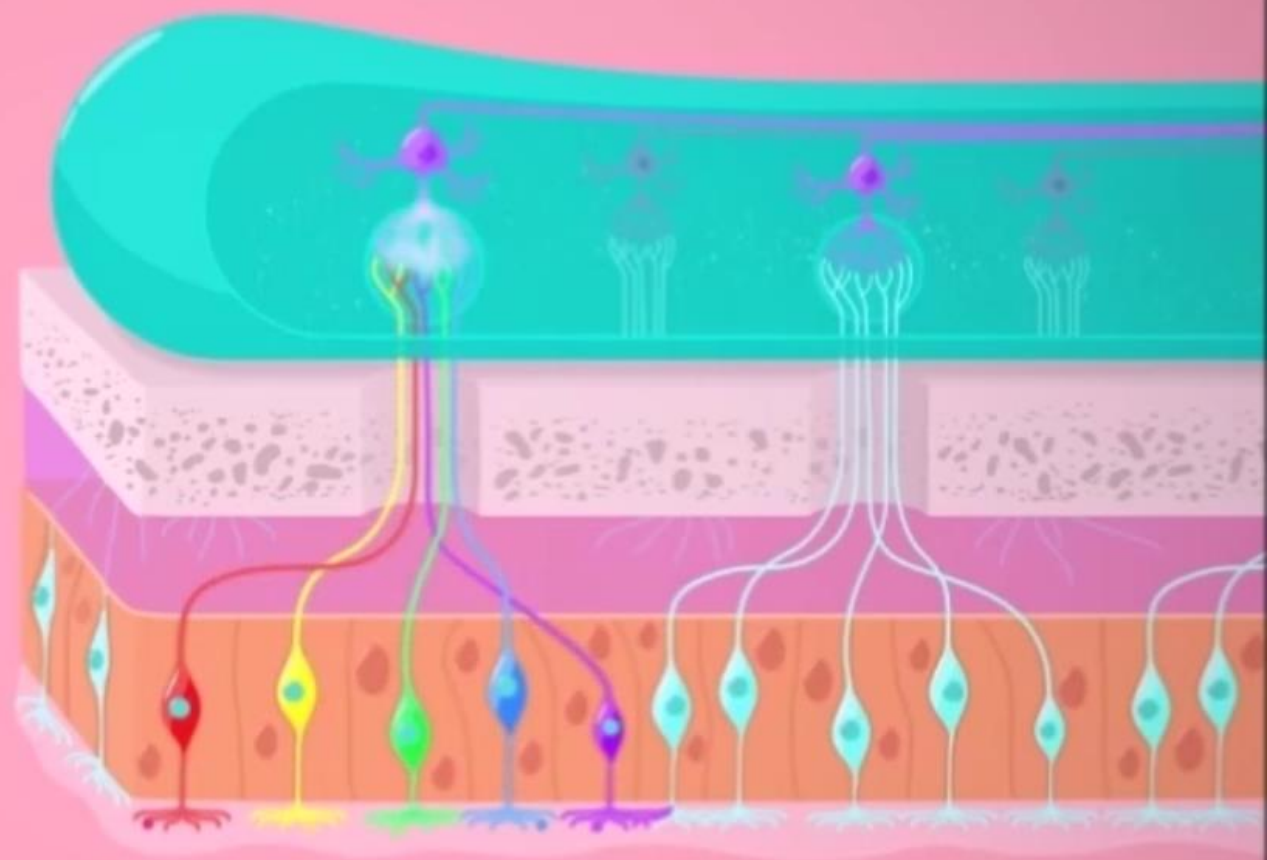
Čich

- nejvyšší senzorický vstup (potrava, rozmnožování)
 - čichový epitel – velmi malá plocha
- = receptorové buňky (bipolární neuron schopný regenerace)
- + podpůrné buňky
 - + hlenové buňky

Čich



Čich



Čich

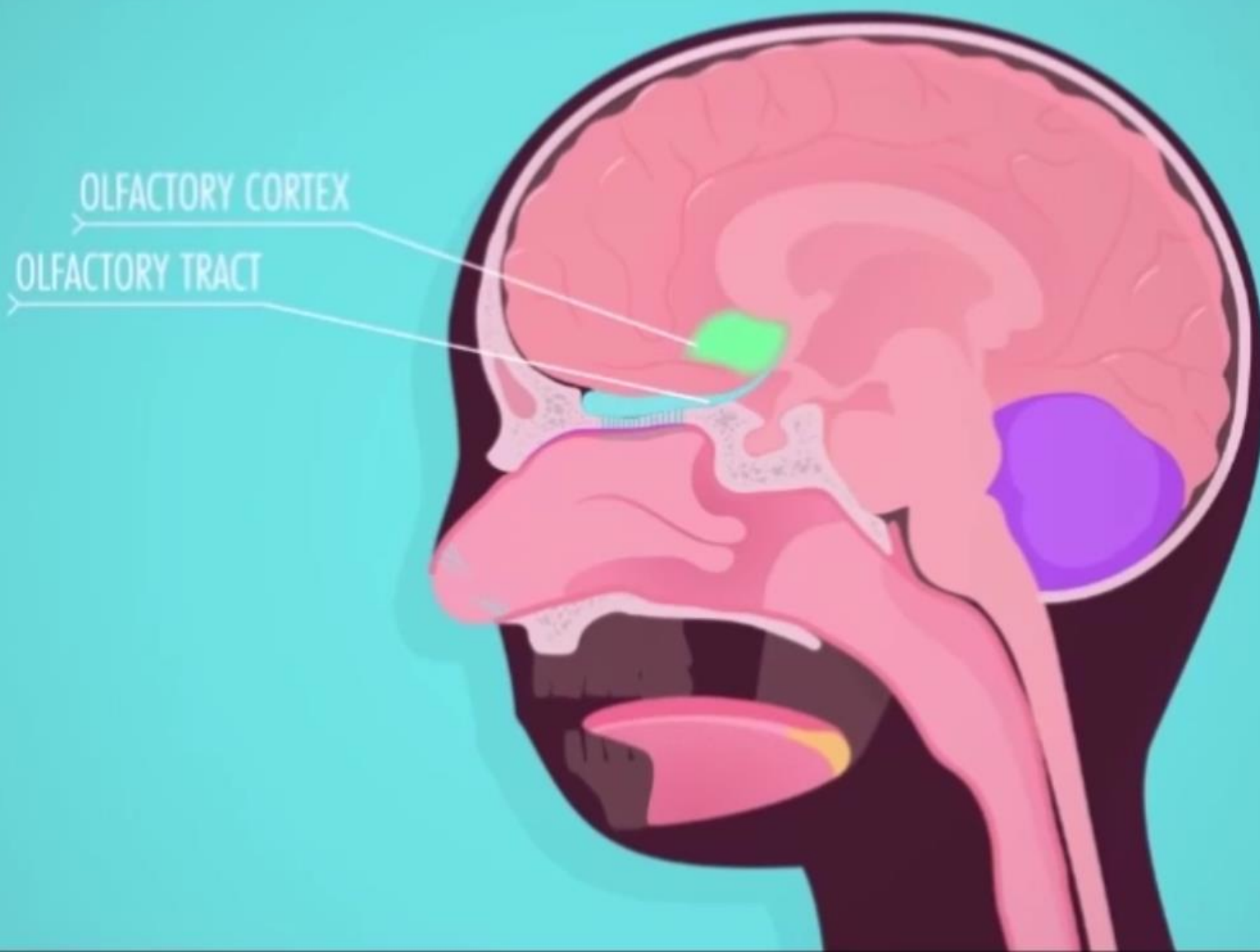
čichové dráhy z *bulbus olfactorius*

→ různé oddíly mozku

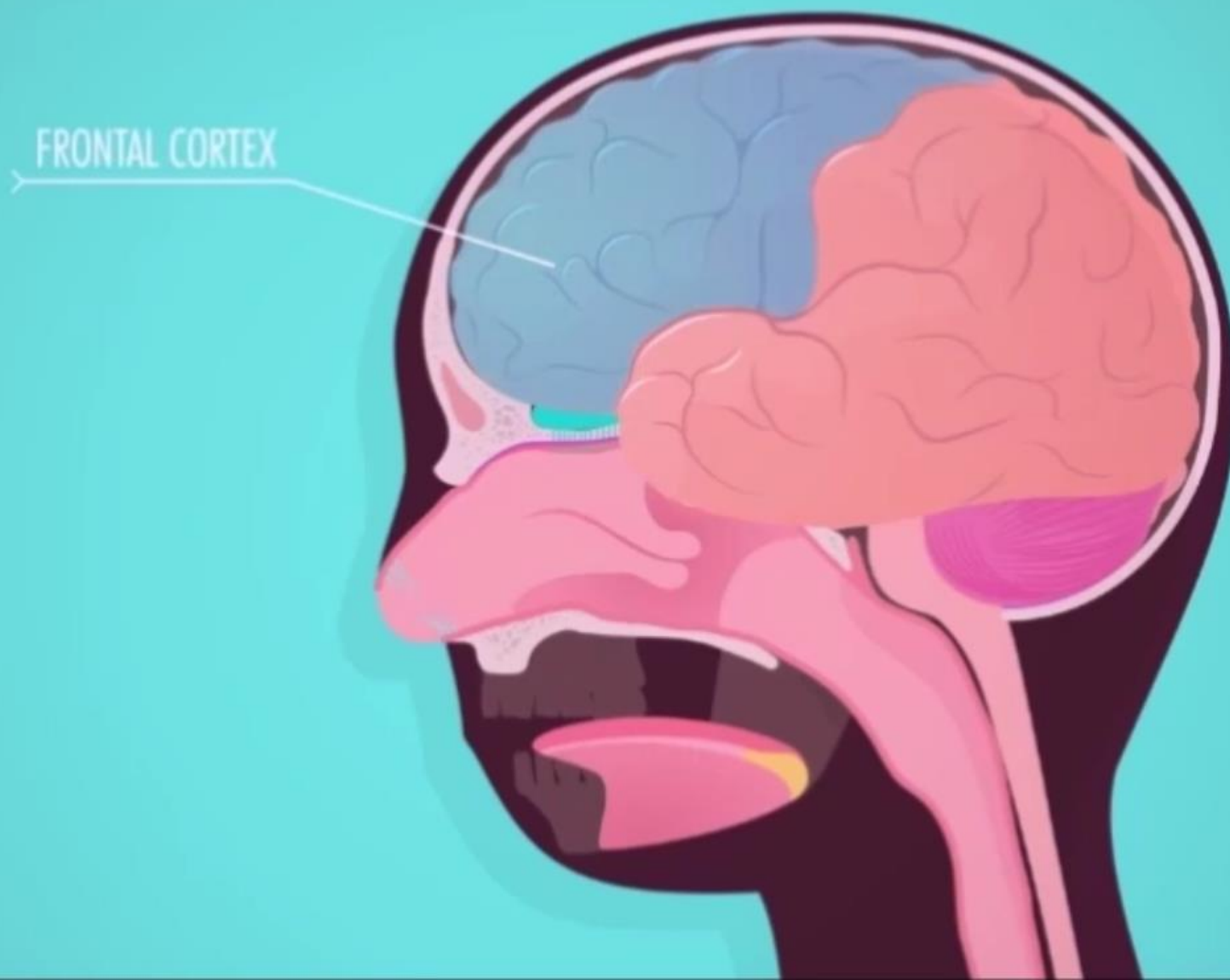
- **korová** projekce + projekce do **lymbického systému**

= emoční zabarvení čichových vjemů

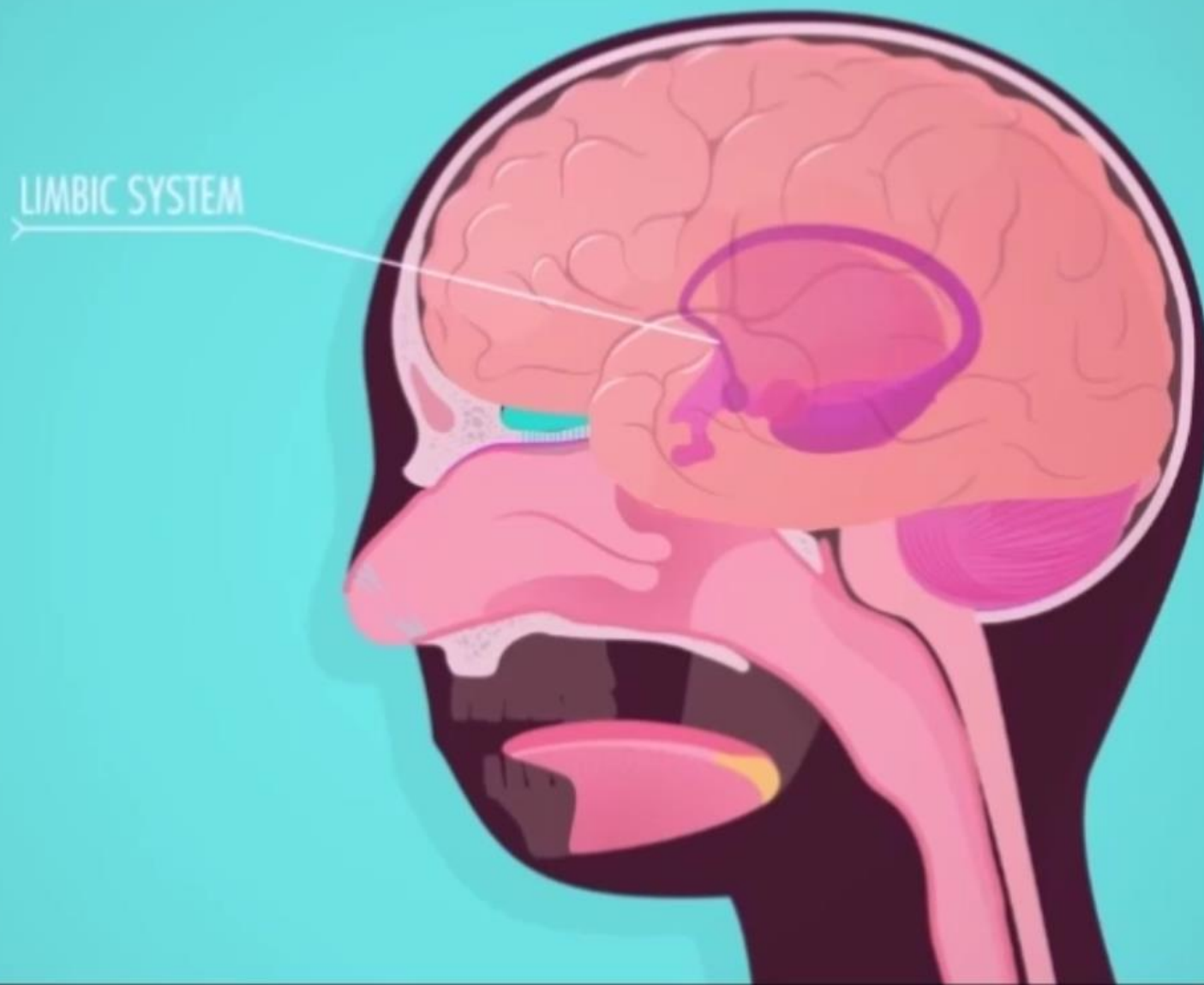
Čich



Čich



Čich



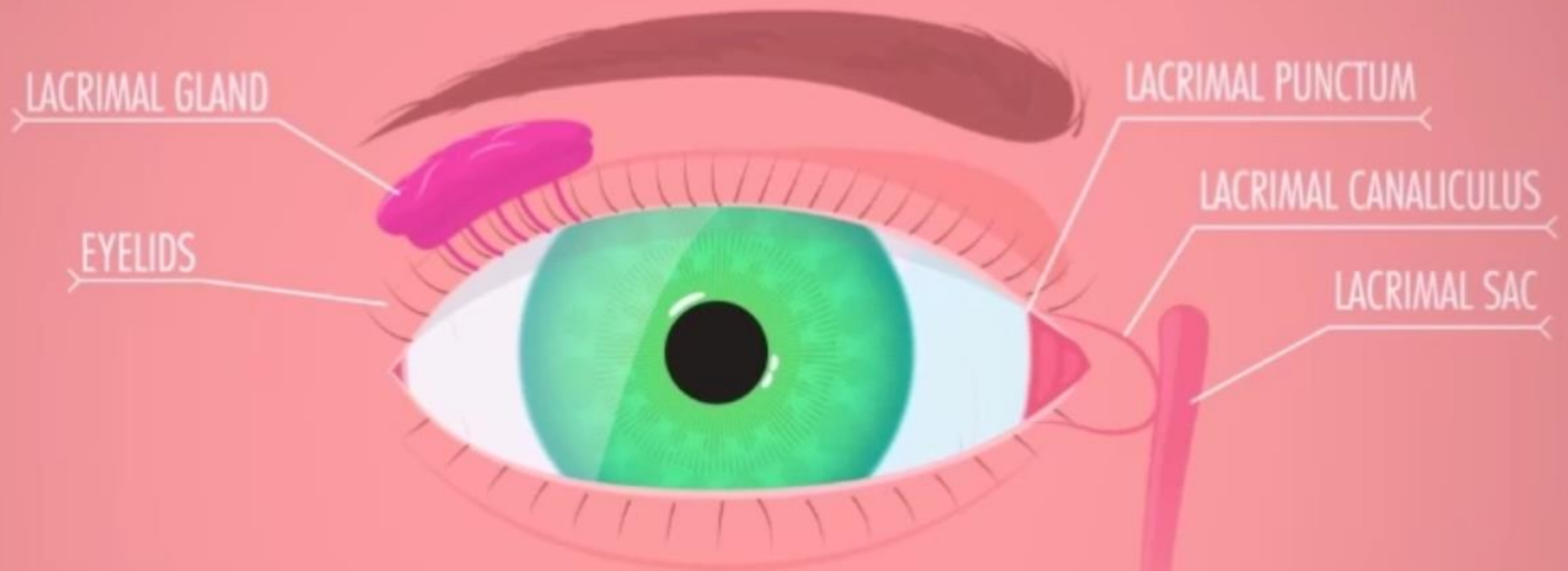
Zrak

- vnímání
 - elektromagnetického záření 400-750 nm
 - jasu
 - kontrastu (rozdíl barevného odstínu sousedních ploch)
- vznik vjemu = podráždění receptorů sítnice
- obraz na sítnici – převrácený, zmenšený

Zrak

- optický aparát oka
 - čočka
 - duhovka, zornice
- sítnice
- přídatné orgány oka
 - oční víčka
 - slzné žlázy
 - okohybné svaly, ochranný tukový polštář

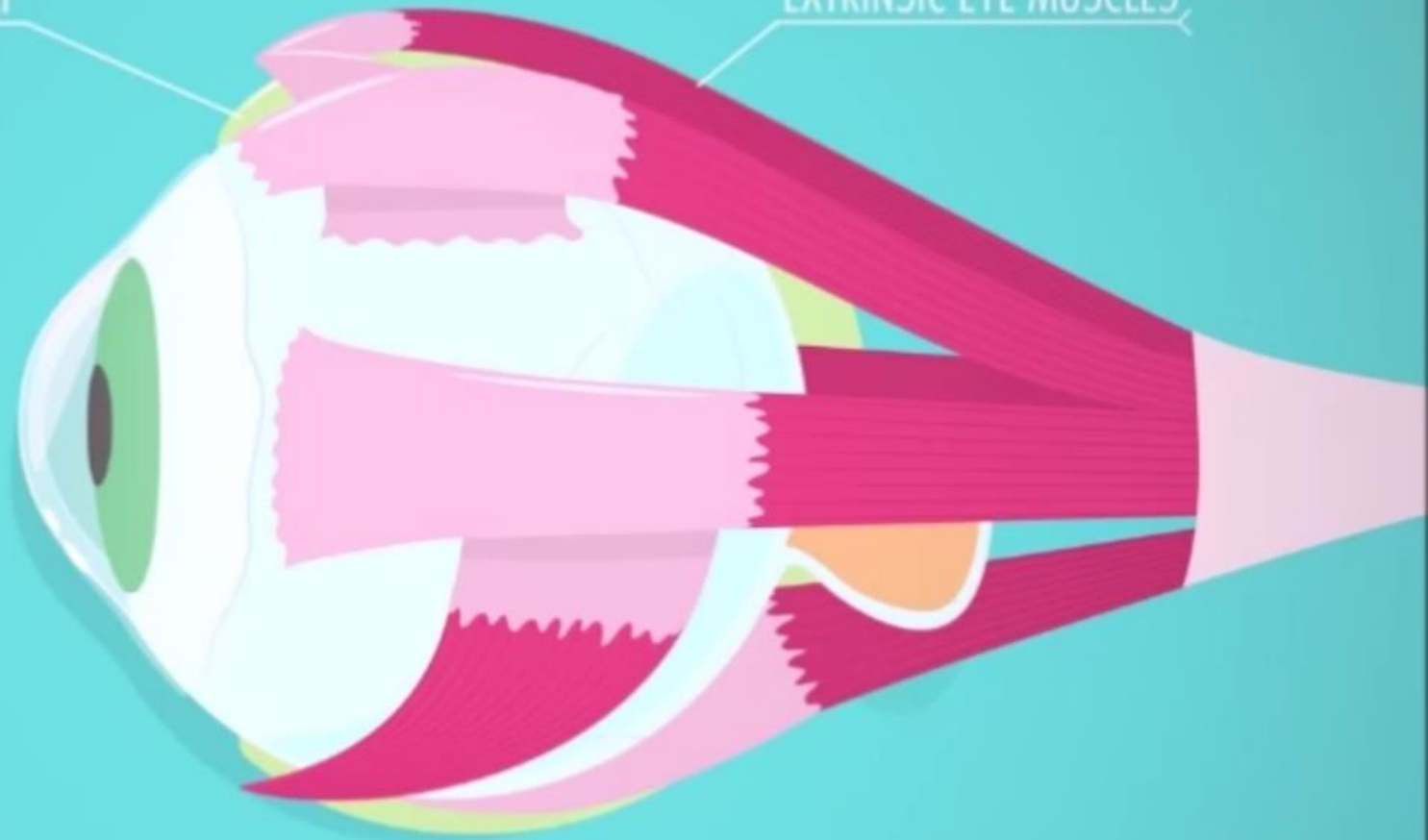
Zrak



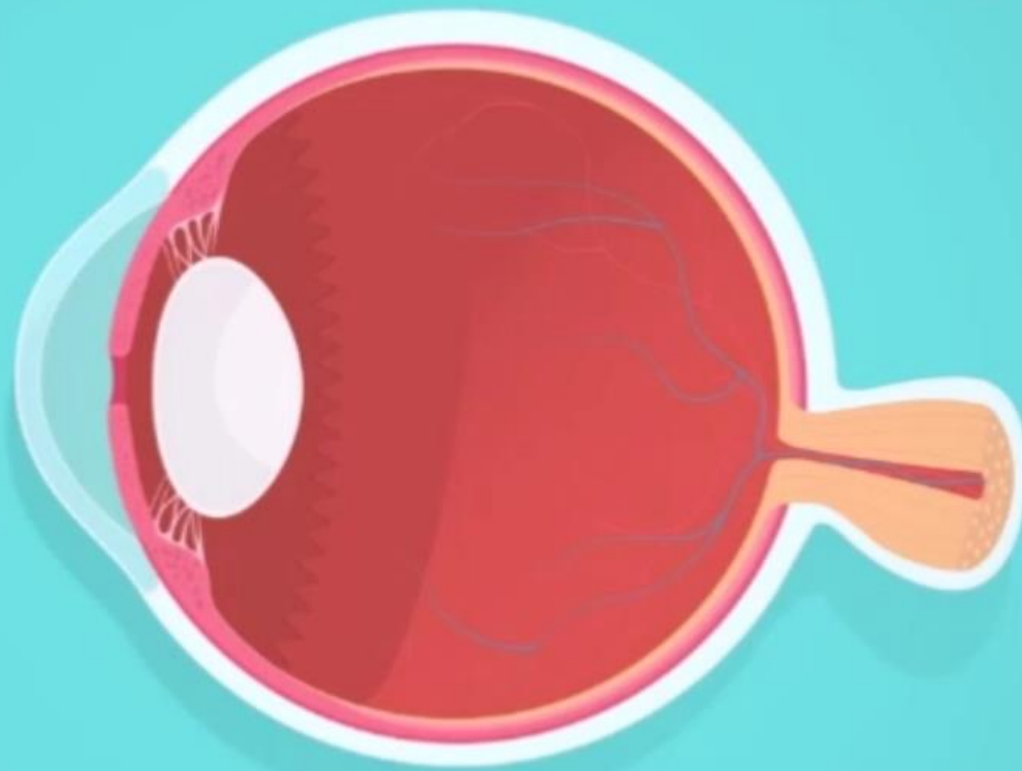
Zrak

PROTECTIVE FAT

EXTRINSIC EYE MUSCLES



Zrak



Zrak

ČOČKA

- výživa difuzně z komorové tekutiny
 - centrální část stárne (ztráta pružnosti)
 - vznik PRESBYOPIE (brýle „na blízko“)
- schopnost akomodace (úprava lomivosti)
 - ciliární svaly (stah řízen parasympatikem)

Zrak

ČOČKA - vady

- myopie = obraz vzniká před sítnicí
 - brýle s rozptylkou (čočka)
- hypermetropie = obraz vzniká za sítnicí
 - brýle se spojkou
- katarakta = šedý zákal, ztráta průhlednosti čočky

Zrak

DUHOVKA

- pigment = neprostupná pro světlo

ZORNICE

- paprscitý a kruhovitý sval = změna velikosti
- spánek – zúžená, bezvědomí – rozšířená

Zrak

SÍTNICE

- vnitřní vrstva
 - tyčinky, čípky
 - bipolární neurony
 - gangliové buňky

Zrak

SÍTNICE

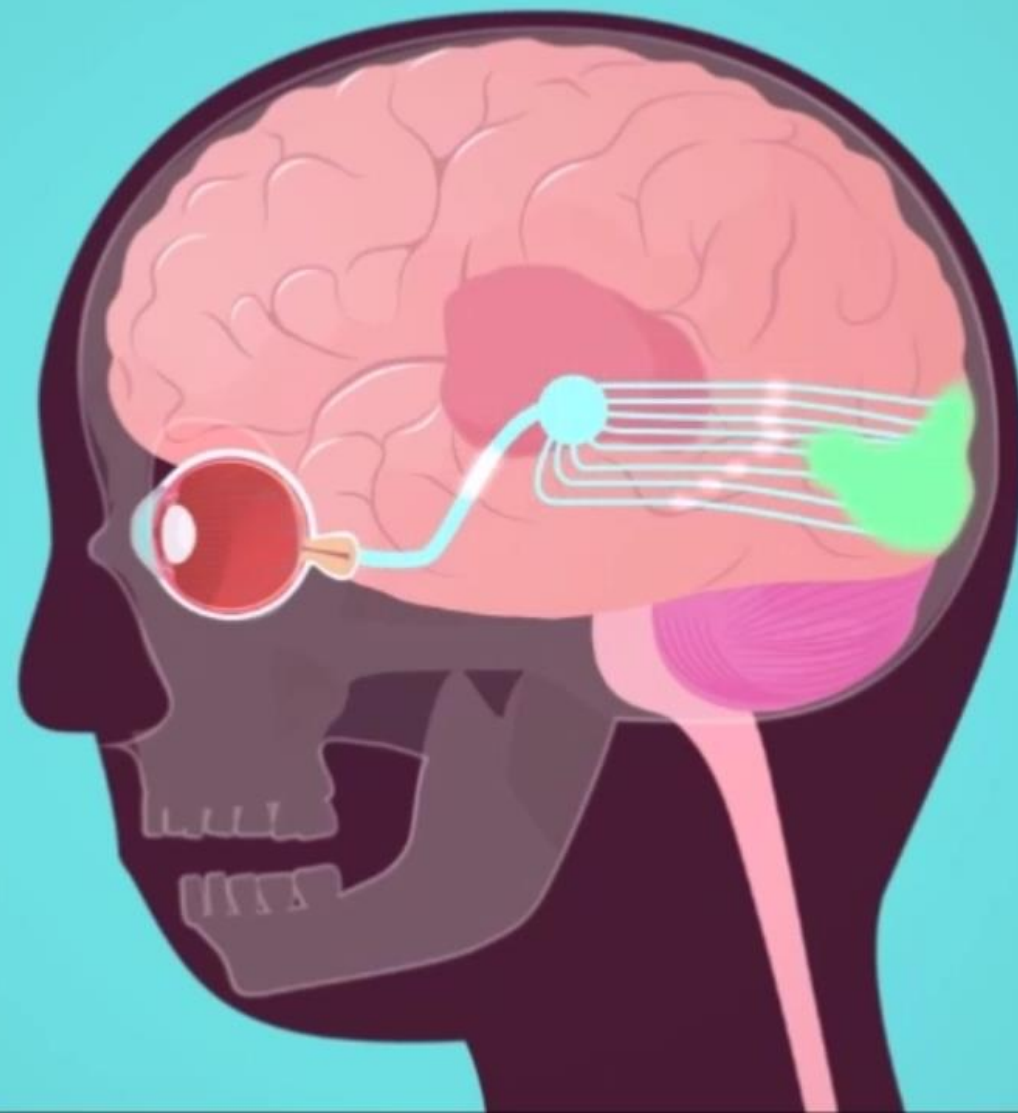
- čípky
 - v centrálních partiích sítnice
 - 3 druhy – barevné vidění
- tyčinky
 - citlivější
 - vidění v horších světelných podmínkách

Zrak

zraková dráha

- tyčinky + čípky → bipolární neurony
- gangliové neurony → zrakový nerv
- **talamus** → týlní oblast **mozkové kůry** (+ vlákna do jader **mozkového kmene**, **mozečku**, **retikulární formace**)

Zrak



Zrak

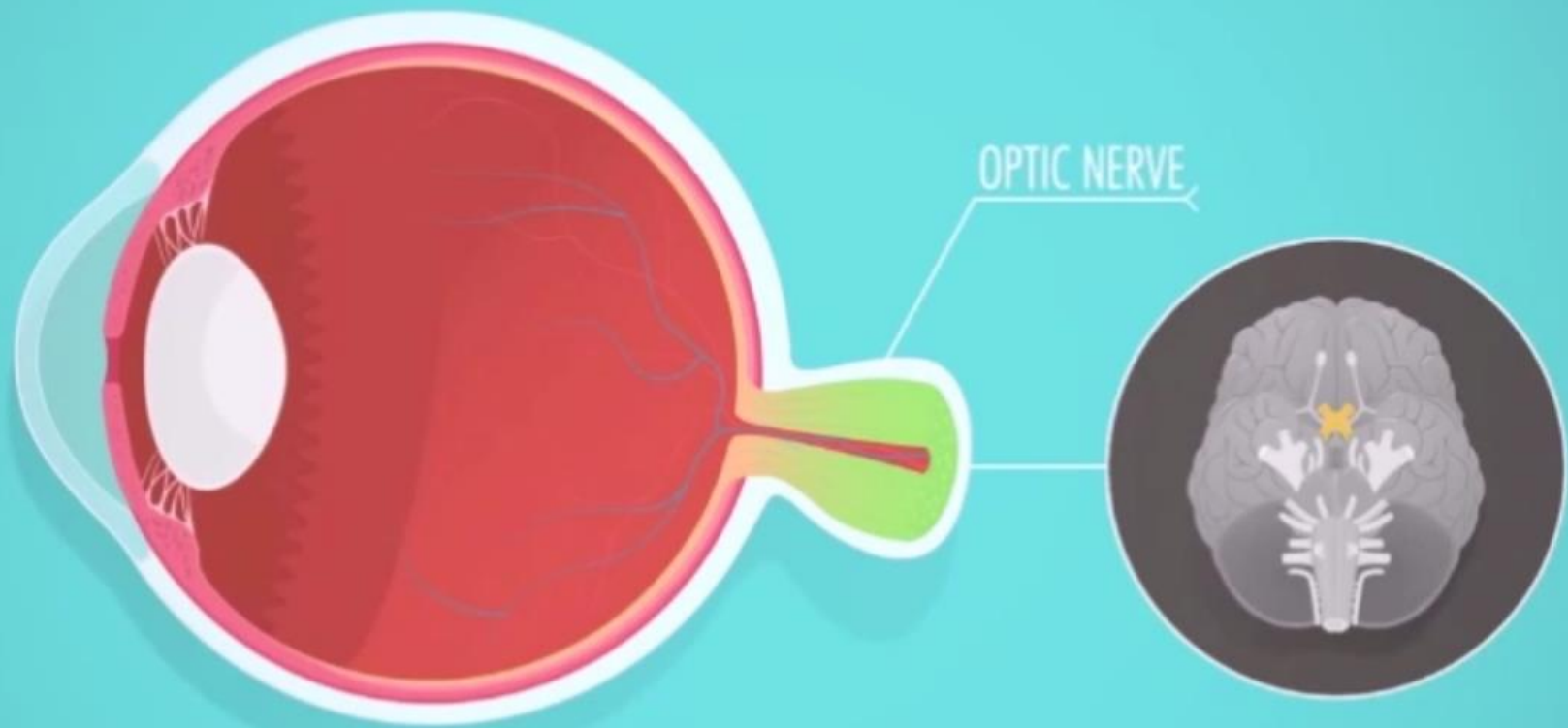
zraková dráha

- axony gangliových buněk – křížení

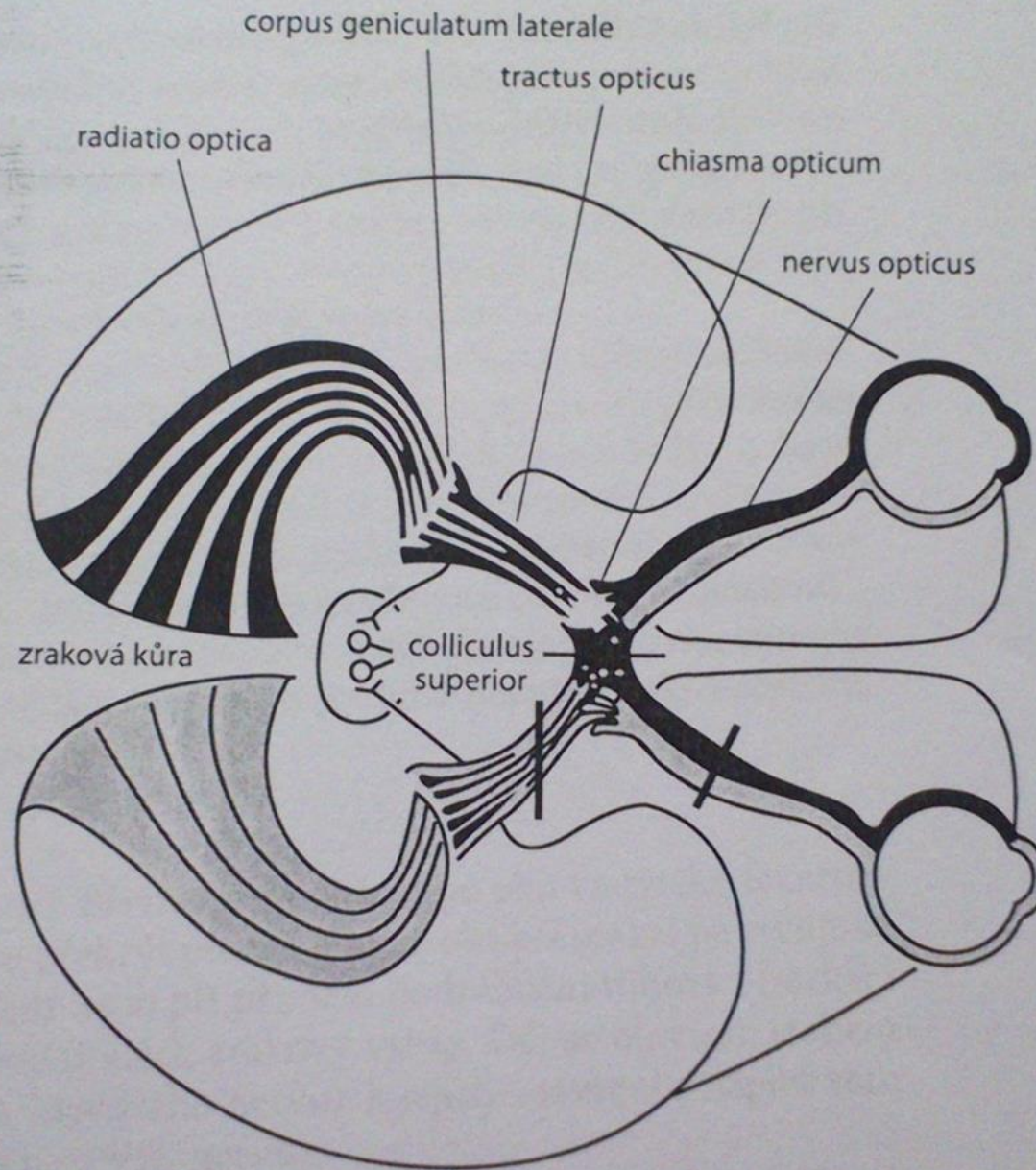
= *chiasma opticum*

– každá mozková hemisféra – informace ze **stejnolehlé** poloviny oka

Zrak



Zrak



Zrak

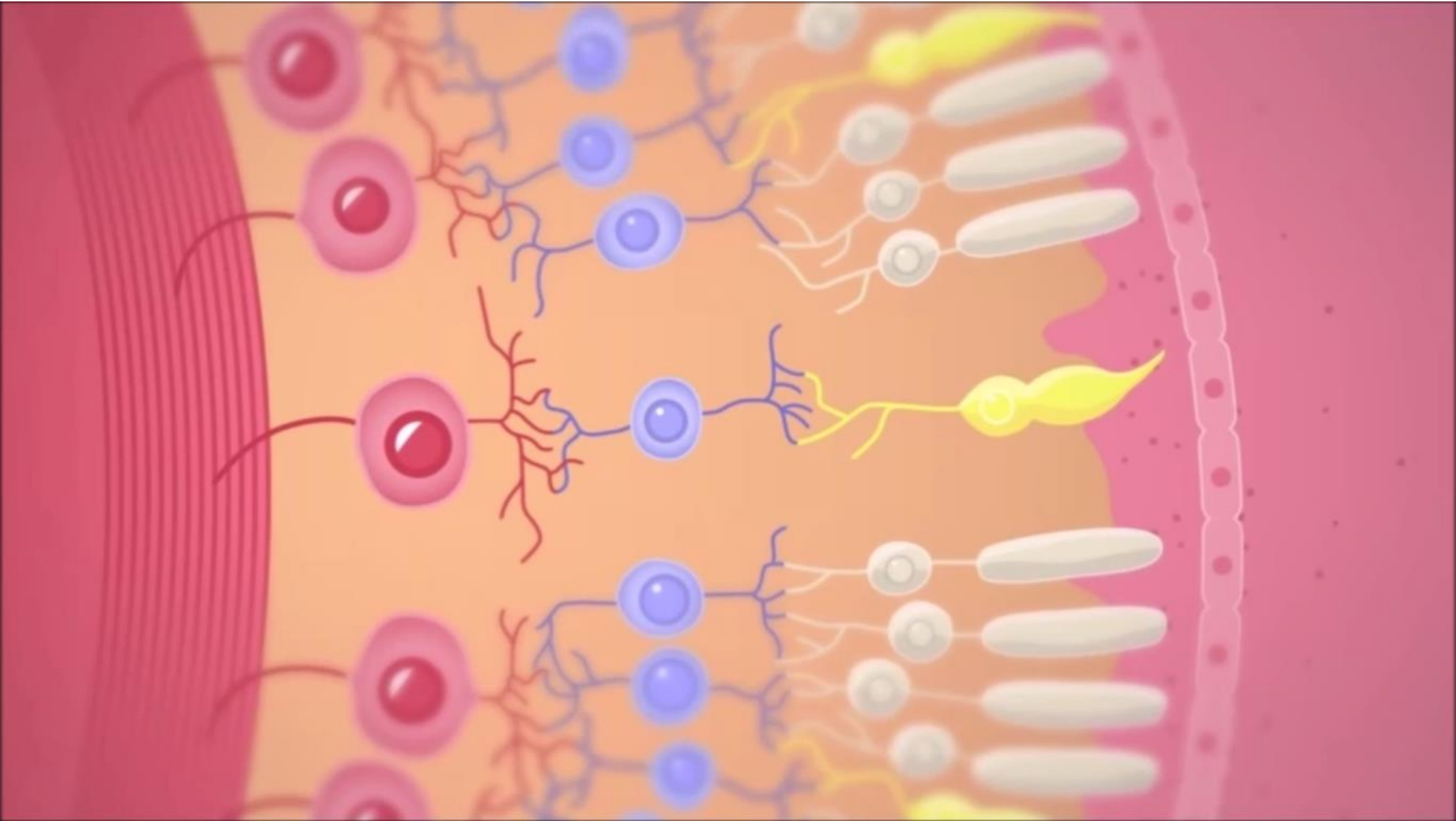
- čípky

- přímé spojení do vyšších oddílů mozku
- 1 čípek = 1 bipolární neuron

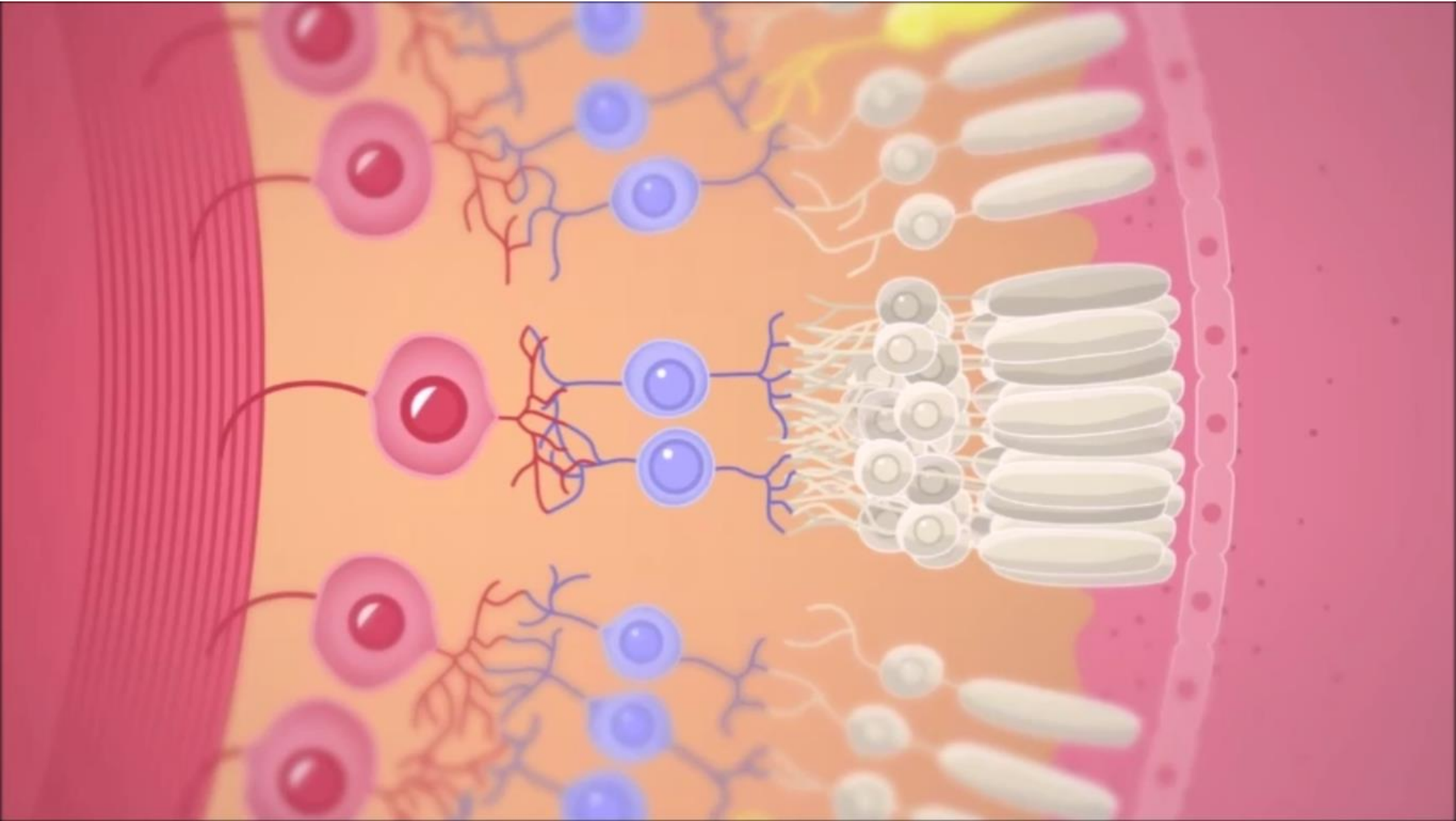
- tyčinky

- konvergence = neurony své dráhy sdílejí
- → sčítání signálu → vyšší citlivost

Zrak



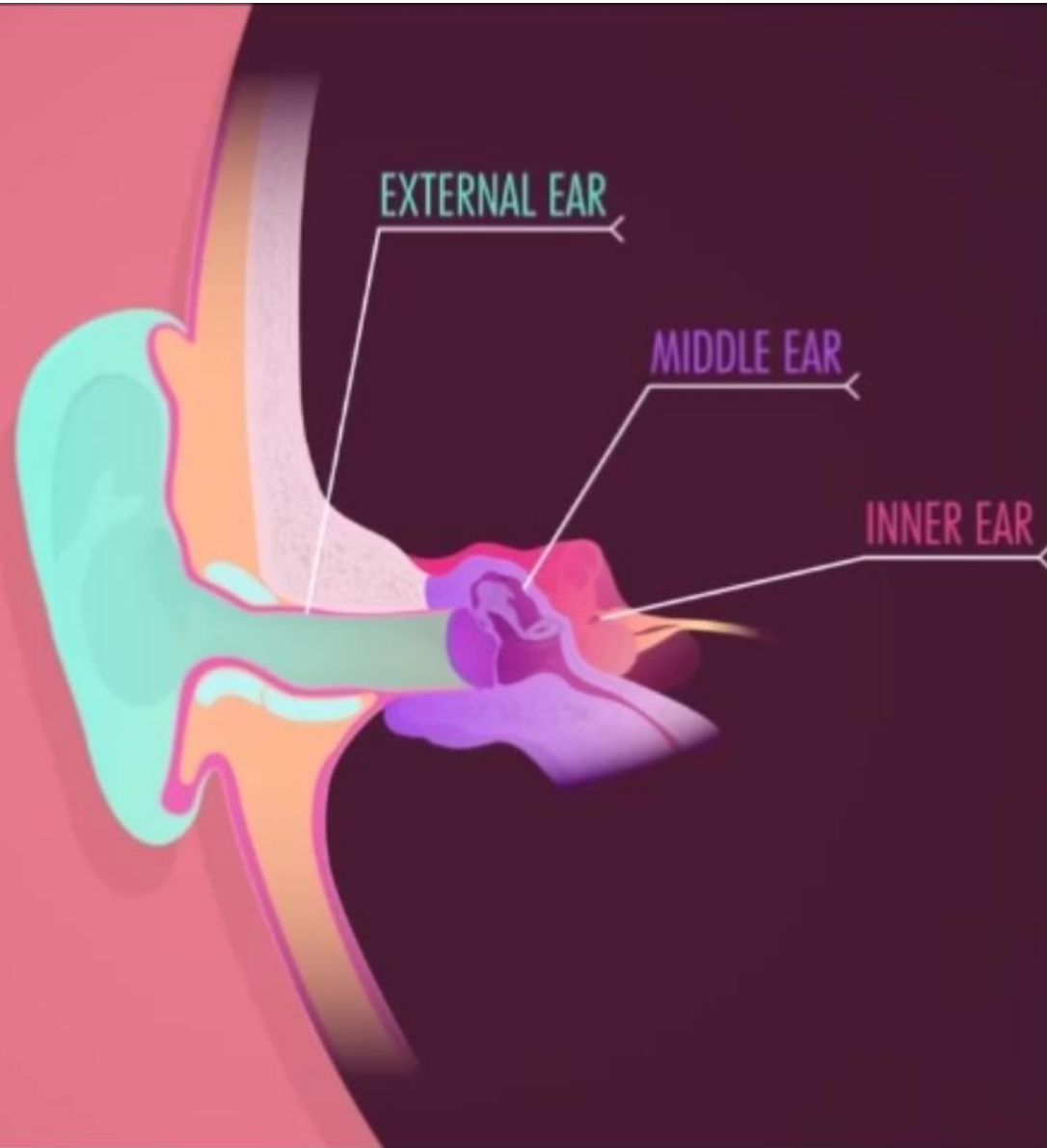
Zrak



Sluch

- nepřetržitě monitoruje okolí i vlastní zvukové projevy
- výška tónu dána frekvencí (jak rychle kmitá)
- síla zvuku dána amplitudou

Sluch



Sluch

zvukové vlny

→ ušní boltec

→ zevní zvukovod

→ membrána bubínku

→ sluchové kůstky

→ oválné okénko

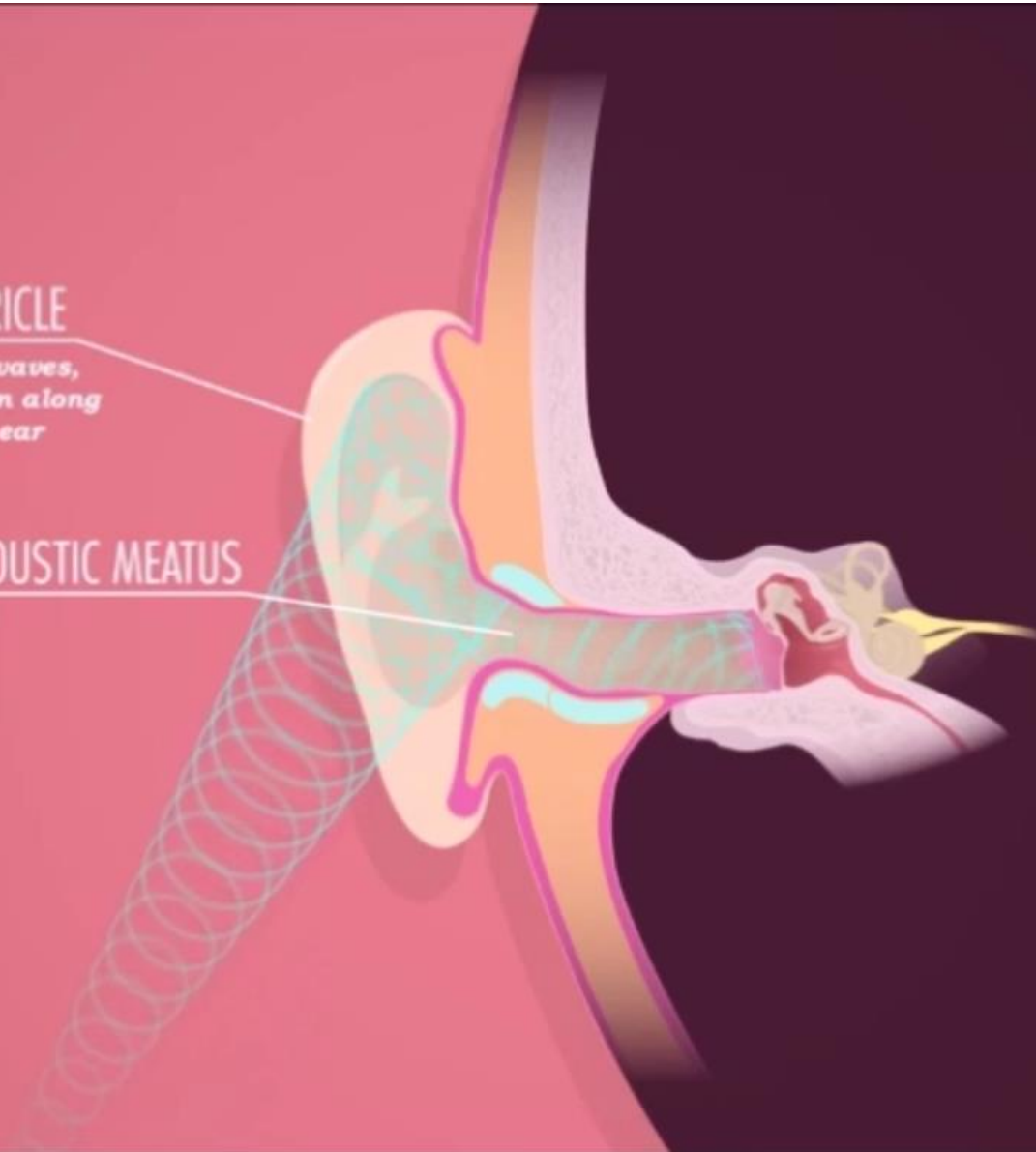
Sluch

PINNA or AURICLE

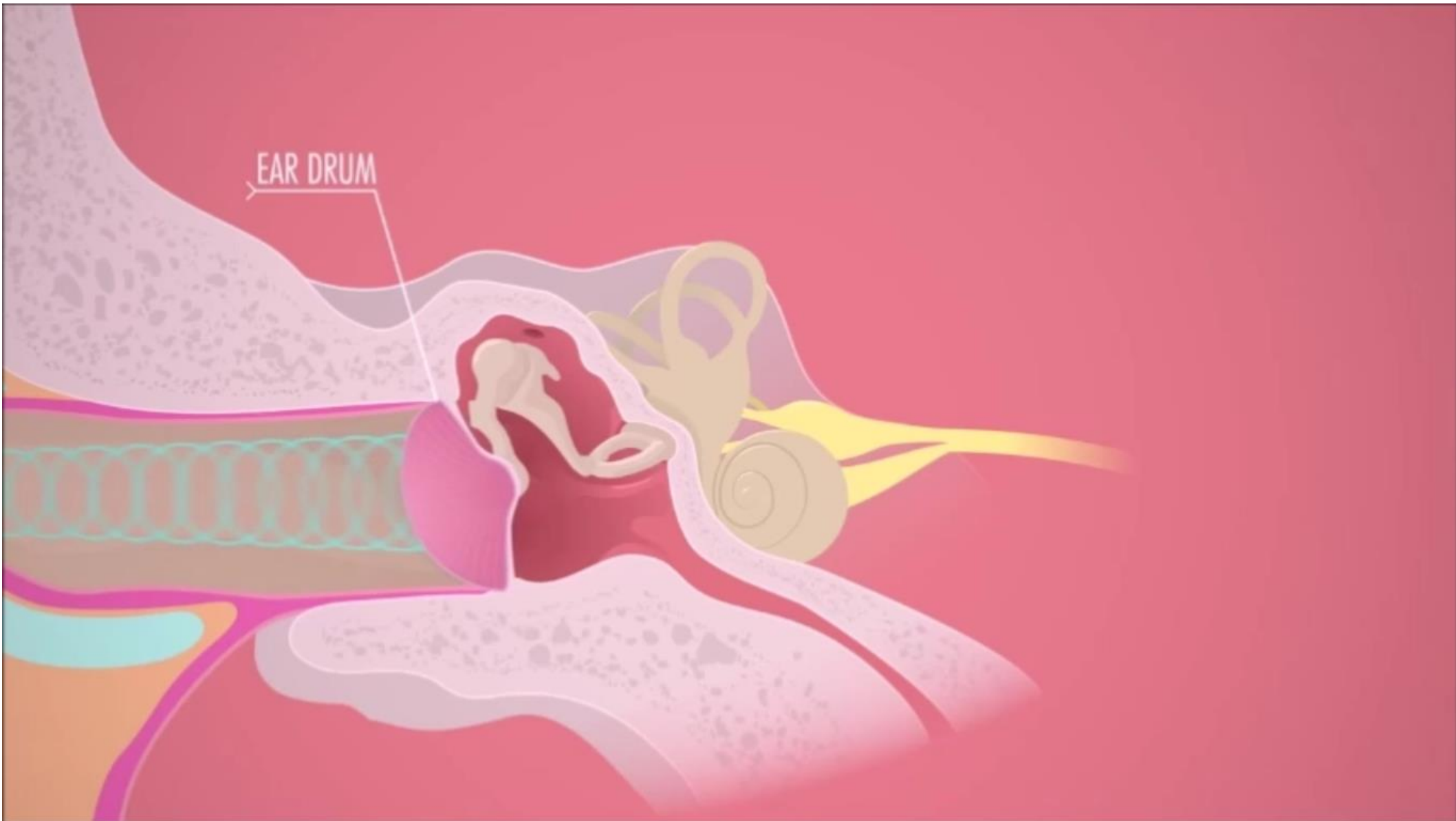
*catches sound waves,
and passes them along
deeper into the ear*

EXTERNAL ACOUSTIC MEATUS

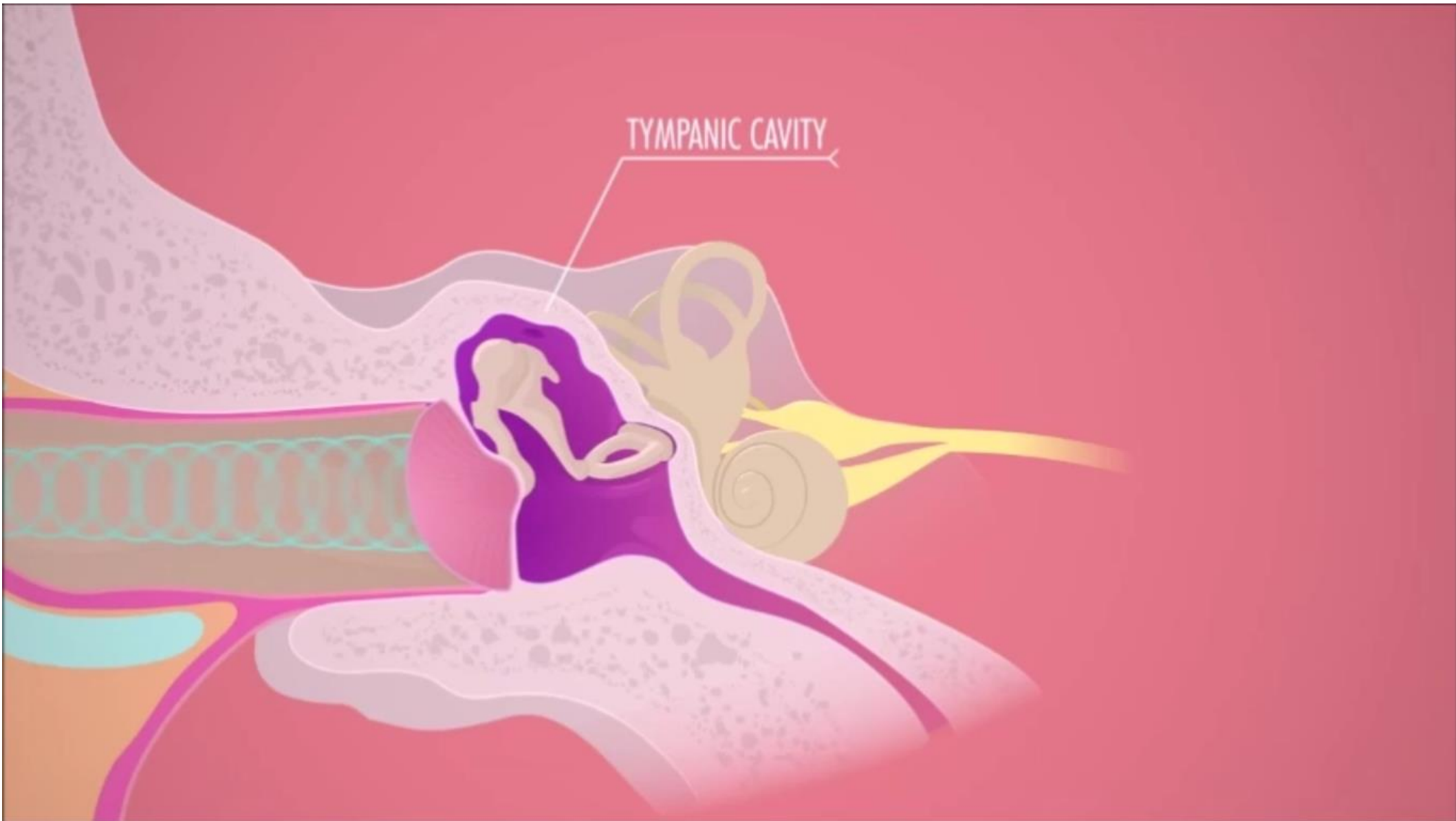
auditory canal



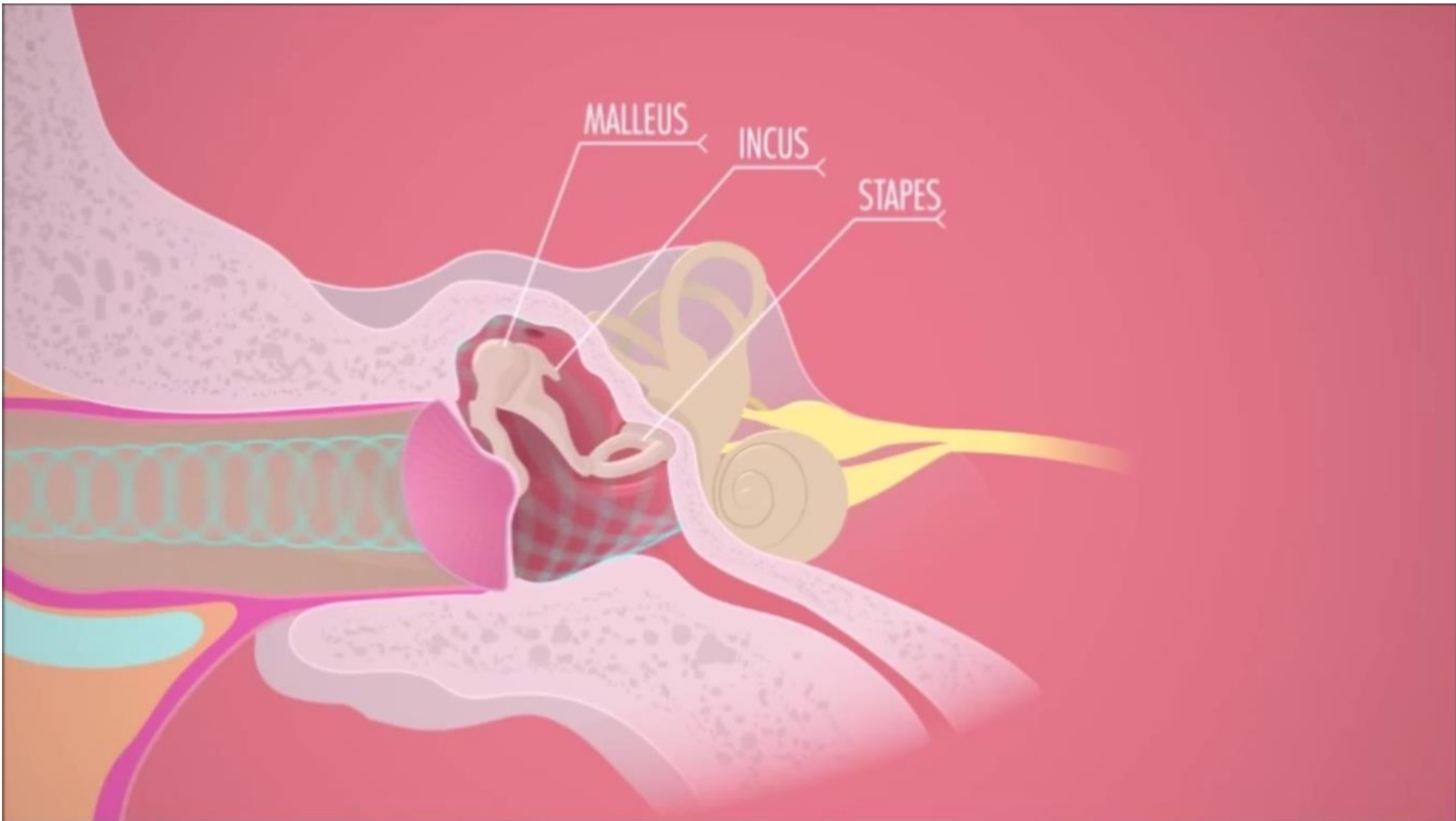
Sluch



Sluch



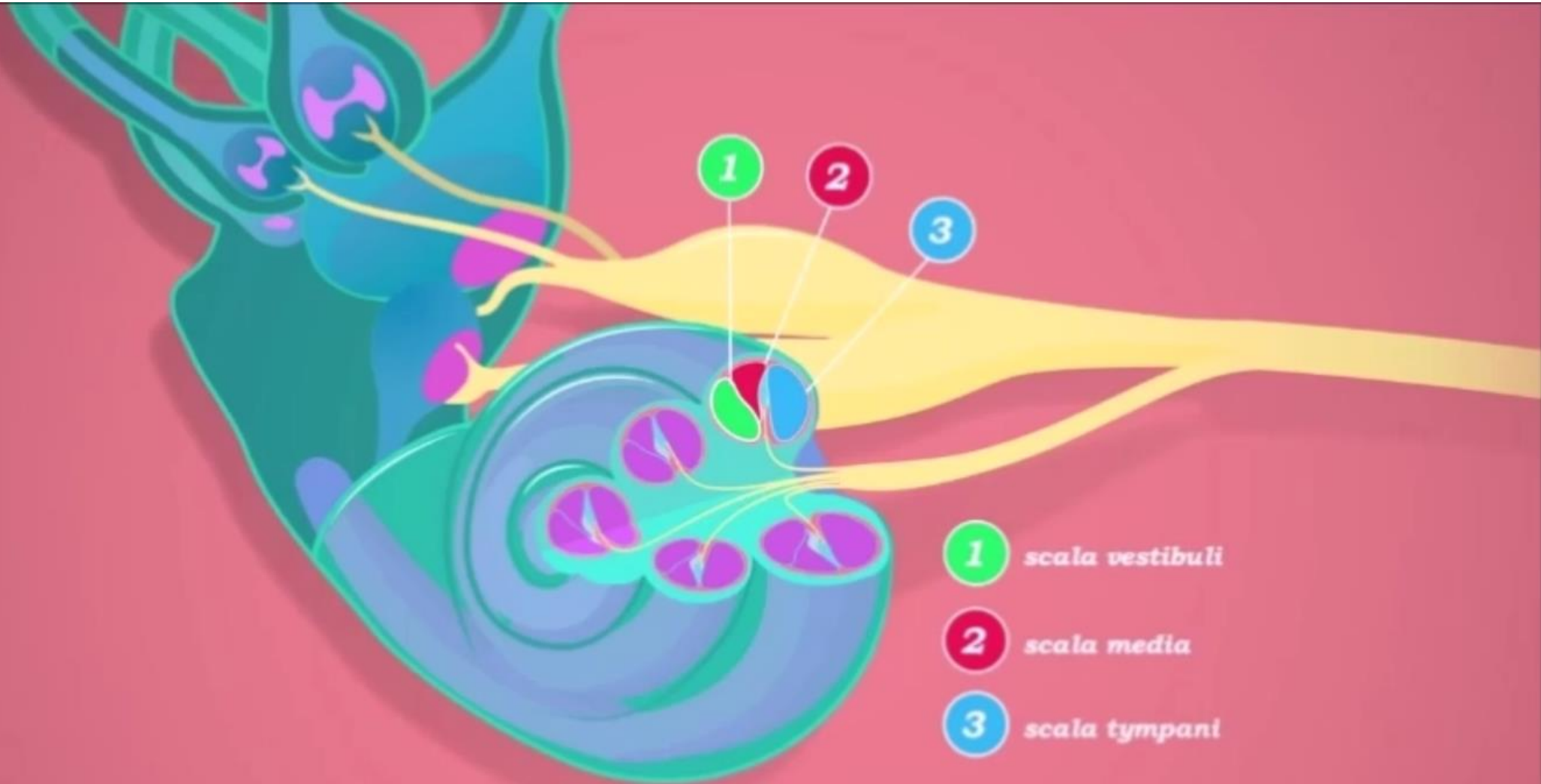
Sluch



Sluch



Sluch



Sluch

- tekutina ve *scala vestibularis*
- tekutina v *ductus cochlearis (scala media)*
 - rozkmitání bazilární membrány*
- tekutina ve *scala tympani*
- okrouhlé okénko (= místo vyrovnávání tlakových změn)

Sluch

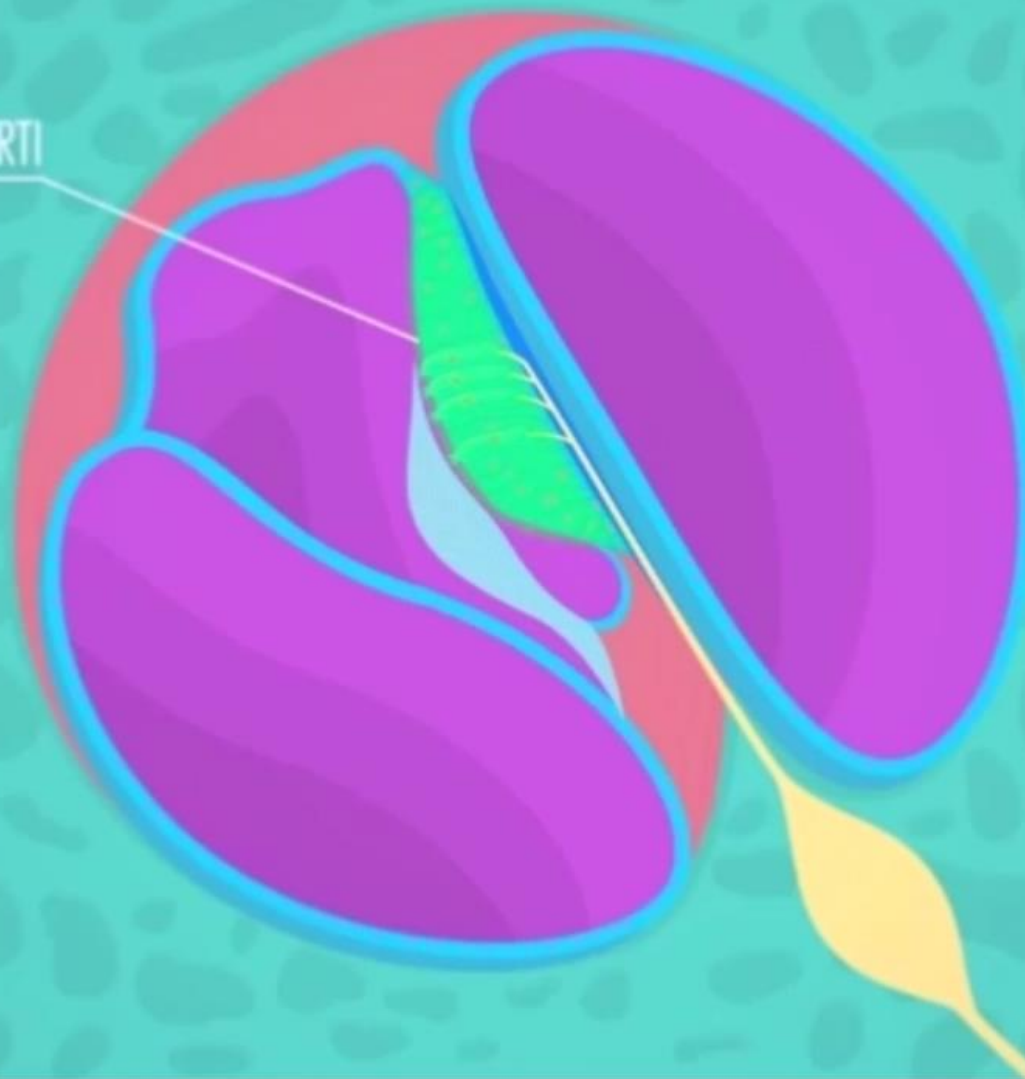


BASILAR MEMBRANE

a stiff band of tissue that runs between the scala media and scala tympani

Sluch

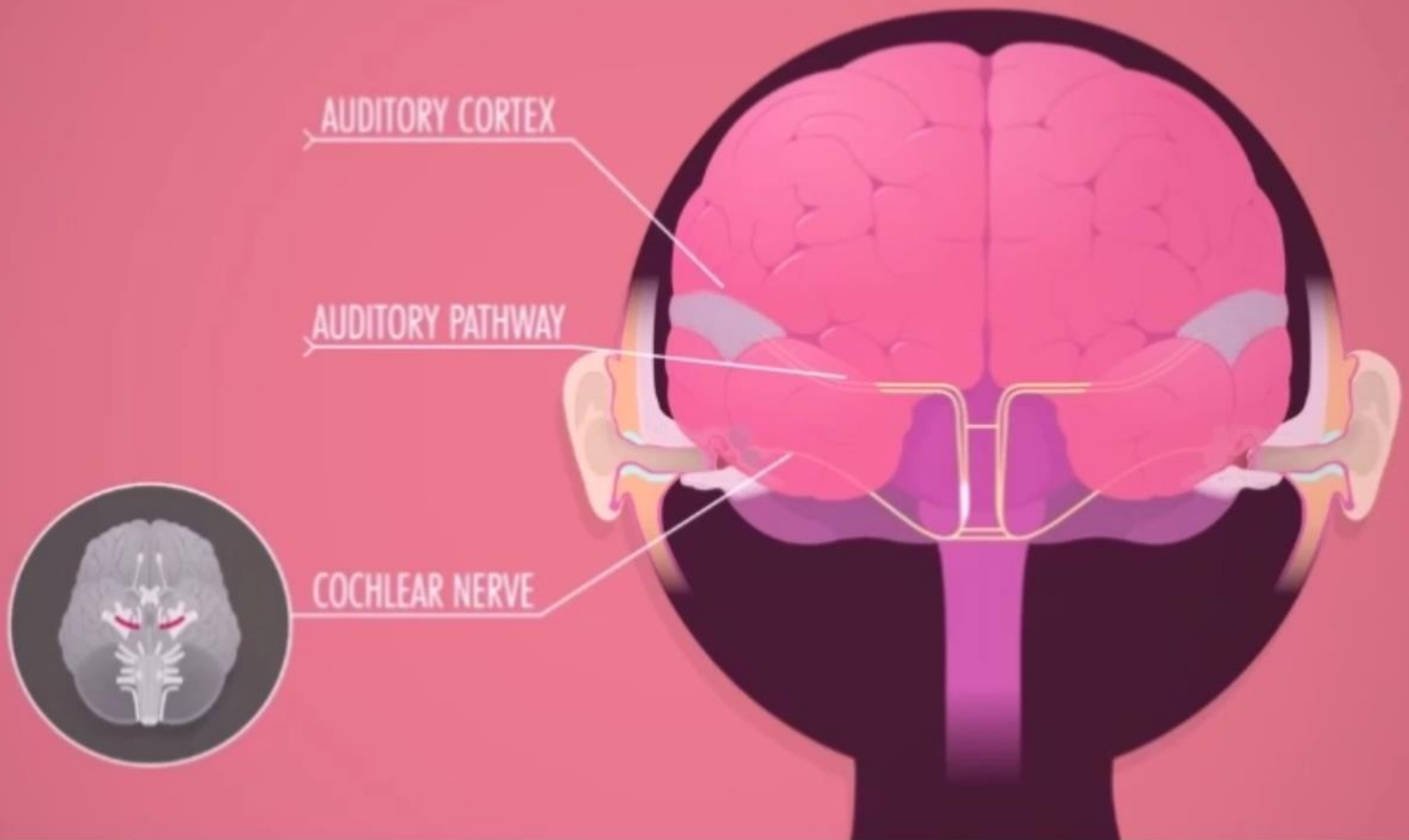
ORGAN OF CORTI



Sluch

- * vibrace bazilární membrány – posun receptorových vláskových buněk proti tektoriální membráně
 - pohyb mechanicky řízených iontových kanálů
 - změna prostupnosti membrány
 - bazální pól vláskové buňky → potenciál
 - vlákna *nervus cochlearis* → CNS

Sluch



Sluch

nervová vlákna zachovávají ve sluchové dráze
prostorovou orientaci

- projekce do **sluchové kůry** (komplexní podnět)
- prostorová orientace zvuku

Sluch

sluchový vjem → podráždění vláskových buněk **Cortiho orgánu** chvěním bazilární membrány (vnitřní vláskové buňky spojeny synapsí s axony prvního nervu sluchové dráhy)

→ stereocilie → ohyb → cytoskelet spojen s mechanicky řízenými iontovými kanály

→ změna permeability membrány

→ změna membránového potenciálu → ...

Rovnováha

VESTIBULÁRNÍ SYSTÉM

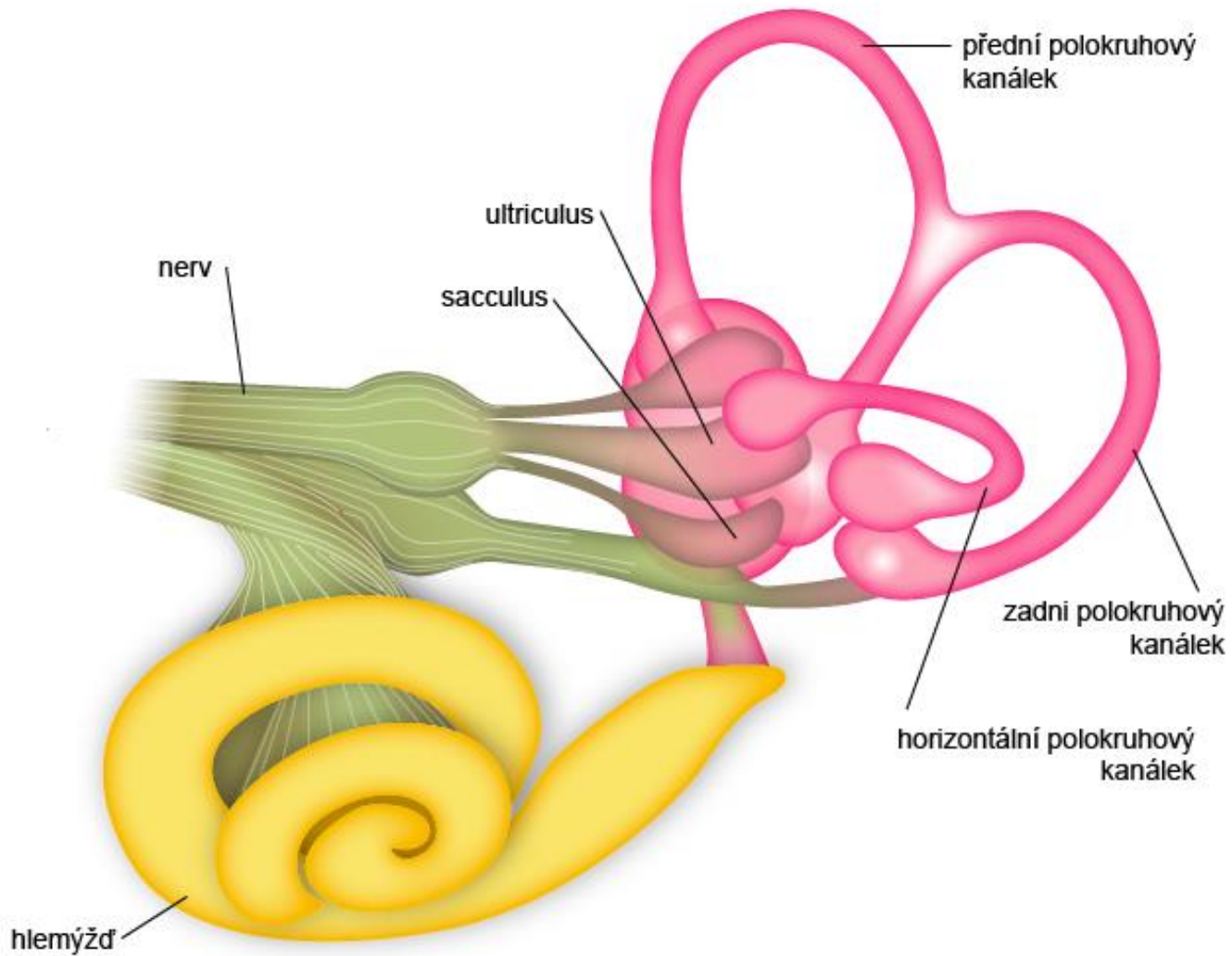
- mechanoreceptory
- vláskové buňky
 - v ampulách polokruhovitých kanálků
 - ve váčcích otolitového orgánu
- aktivovány
 - poloha hlavy
 - lineární a úhlové zrychlení

Rovnováha

Polokruhovitě kanálky

- 3 na sebe kolmé roviny
- rozšířeny v *ampulu* (vláskové receptorové buňky)
- vyplněny endolymfou
- propojeny společným prostorem *saculu* a *utriculu*

Rovnováha



Rovnováha

Úhlové zrychlení

- otočení hlavy → pohyb stěn kanálku vůči endolymfě
 - na začátku opoždění endolymfy
 - na konci setrvačnost
- největší pohyb v kanálku s nejpodobnější rovinou pohybu

Rovnováha

Lineární zrychlení a změna polohy vůči gravitaci

- otolitový orgán (*saculus, utriculus*)
 - *utriculus* - hrizontálně
 - *saculus* – vertikálně, sagitálně
- vláskové buňky
 - krystalky uhličitanu vápenatého (otolit)

Rovnováha

buňky *utriculu*

- gravitační vlivy
- úklon hlavy dopředu, dozadu, ke stranám

buňky *saculu*

- gravitační vlivy
- pohyb nahoru, dolů

Rovnováha

informace

→ aferentní nervová vlákna

→ vestibulární jádra **mozkového kmene**

+ proprioreceptory krku – informace o poloze hlavy vůči krku

→ porovnání

→ určení polohy celého těla

Dotek a tlak

- mechanoreceptory
 - rychle se adaptující (odpověď na začátek a konec podnětu) = fázické receptory
 - pomalu adaptující (odpovídá trvalou aktivitou)
= tonické receptory
- různé typy – liší se stavbou přídatných struktur
(Meissnerovo tělísko, Merkelův disk, Paciniho tělísko, receptor chlupového folikulu, Ruffiniho tělísko, volná nervová zakončení)

Dotek a tlak

umožňuje vnímat

- jemné/silné tlakové změny
- rozlišit tvrdé/měkké
- určit tvar, vlastnosti povrchu

Bolest

- reakce na podnět, který by mohl zničit tkáň
= obranný reflex
- receptory ve všech tkáních (mozek výjimka)
= zakončení nemyelinizovaných (volná) nervových vláken (A δ a C-vlákna)
- citlivost 1000krát nižší jak u tlakových čidel

Bolest

informace z $A\delta$ vláken \rightarrow specifickými drahami

\rightarrow **thalamus** a somatosenzorická oblast **kůry**

= ostrá, lokalizvaná, „rychlá bolest“

Bolest

Informace z C-vláken – pomalejší

→ nespecifické dráhy **retikulární formace**

= tupá, hůře lokalizovatelná bolest → emoční motiv
k odstranění podnětu

+ **lymbický systém** – emoce

Bolest

EMOCE

- silný pozitivně emoční náboj – snížení vnímání bolesti
- negativní emoční náboj – zvýšení vnímání bolesti

Bolest

z vnitřních orgánů – špatně lokalizovatelná

- často projekce do kůže

→ nervová vlákna ze stejného nervového segmentu

Zdroje

- LANGMEIER, Miloš. Zaklady lékařské fyziologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
- SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání. 4. české vydání. Přeložil Kateřina JANDOVA, přeložil Miloš LANGMEIER, přeložil Otomar KITTNAR, přeložil Eduard KURIŠČAK, přeložil Pavla MLČKOVA, přeložil Martina NEDBALOVA, přeložil Vladimír RILJAK, přeložil Michal WITTNER. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.
- CrashCourse: Anatomy & Physiology. In: Youtube [online]. [cit. 2016-10-12]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/channel/UCX6b17PVsYBQ0ip5gyeme-Q>

Děkuji za pozornost