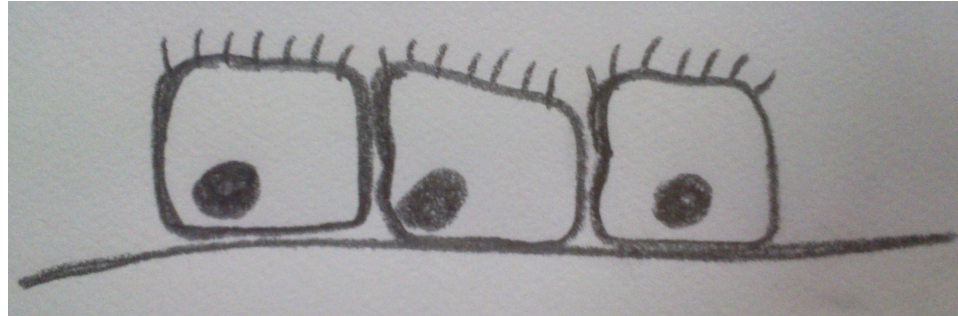


# Fyziologie smyslů

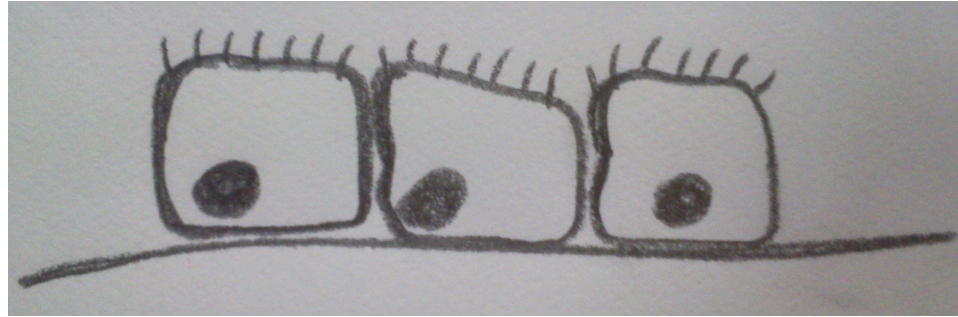
# Receptory



*podnět*

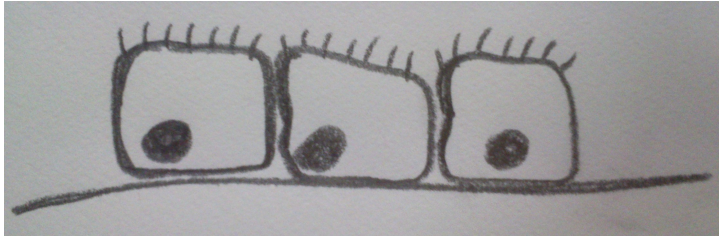
biologický signál

# Receptory

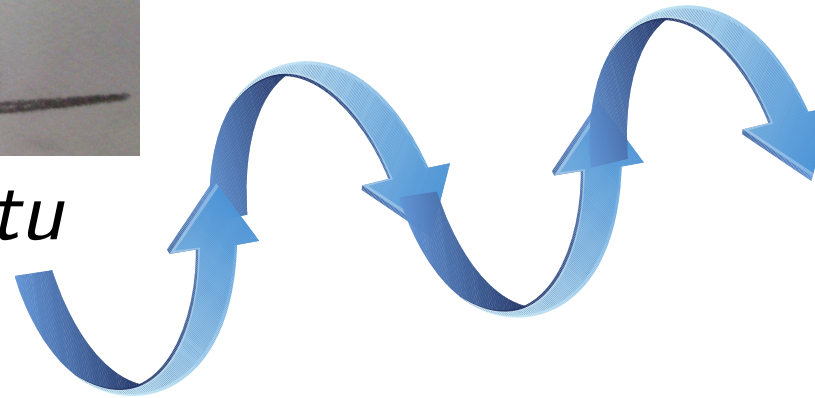


- membránové receptory (z vnějšího prostředí)
- cytosolové receptory (pronikne-li signál membránou)
- jaderné receptory (pronikne-li signál membránou)

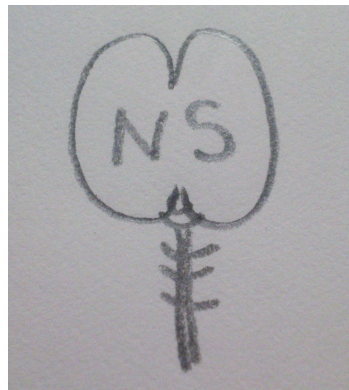
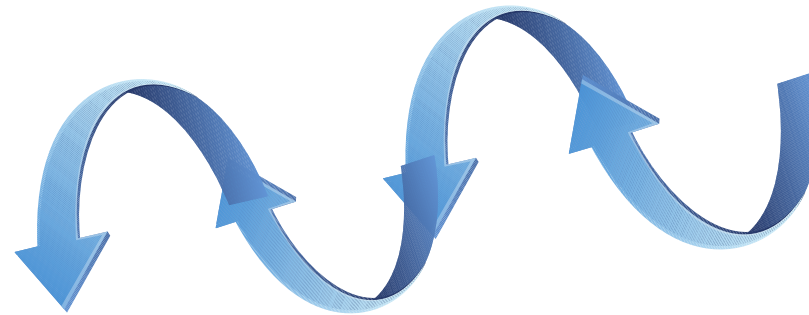
# Receptory



*energie podnětu*



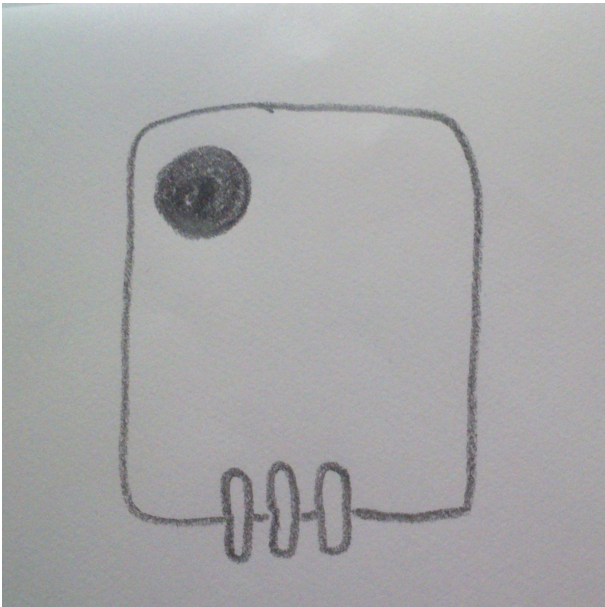
*změna akčního  
potenciálu*



# Receptorové buňky

v membráně specializované bílkoviny

→ funkční jednotka = SENZOR



# Přídavné struktury receptorů

= optický systém oka

= orgány středního a vnitřního ucha

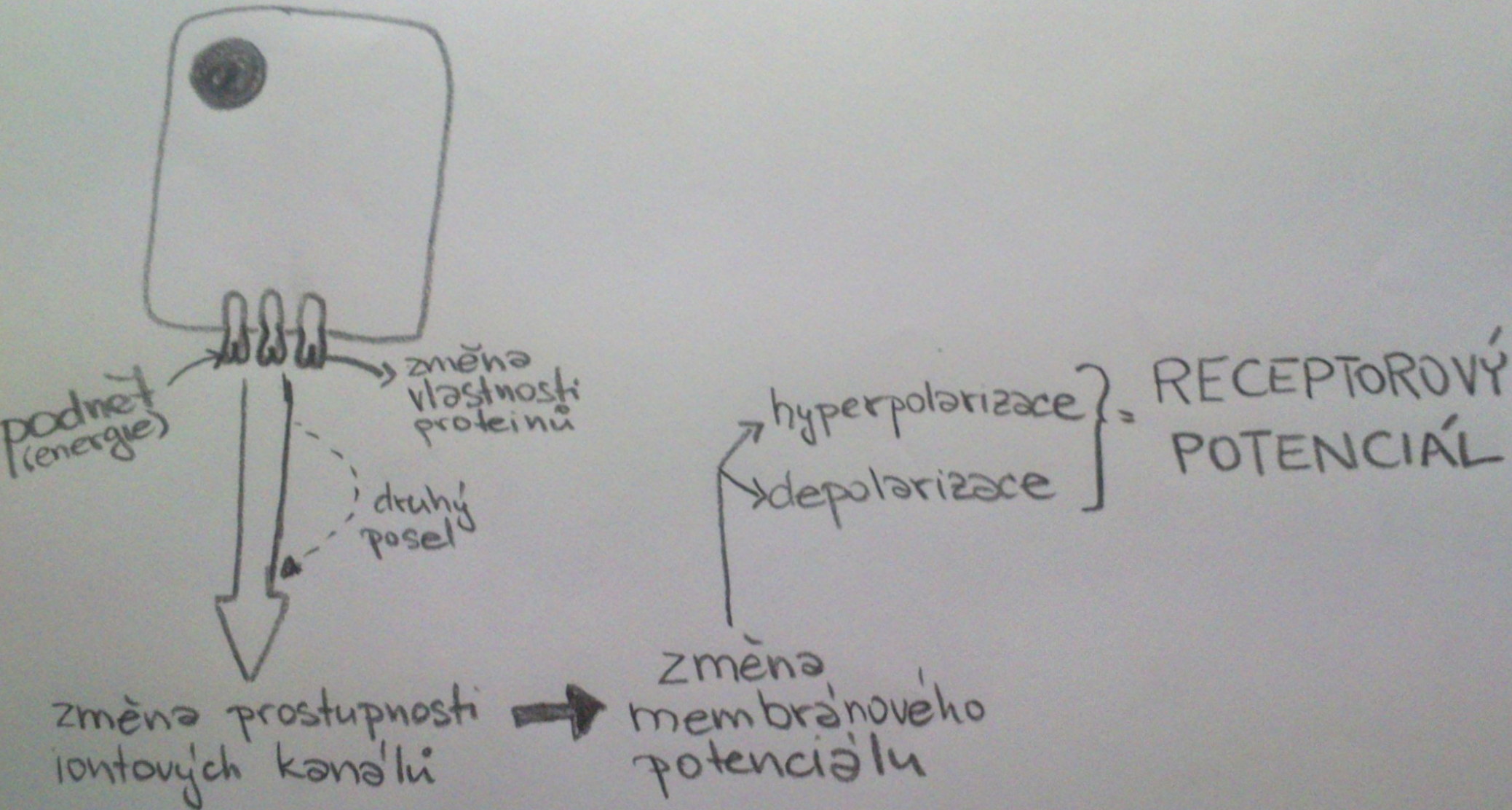
= hlenová vrstva na povrchu čichového epitelu

# Přídavné struktury

funkce

- ochranná
- transformace/koncentrace signálu
- převod do/k/na citlivé části receptorových buněk

# Receptory





# Receptory



# 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

**RECEPTOR**

*nervové dráhy*

zpracování informace

+ přepojení do jiných systémů

(oko a okohybné svaly)

*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  $\text{Na}^+$  kanály díky cGMP

→ tok  $\text{K}^+$  vnitřním segmentem

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

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

→ G protein → aktivace cGMP-fosfodiesterázy →

# Fotoreceptory

→ štěpení → uzavření  $\text{Na}^+$  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 cití)
  - 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 transmitterů = 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  $\text{Ca}^{2+}$
  - vznik receptorového potenciálu
- lepší lokalizace při působení i tlakového podnětu

# Termoreceptory

## Dva druhy

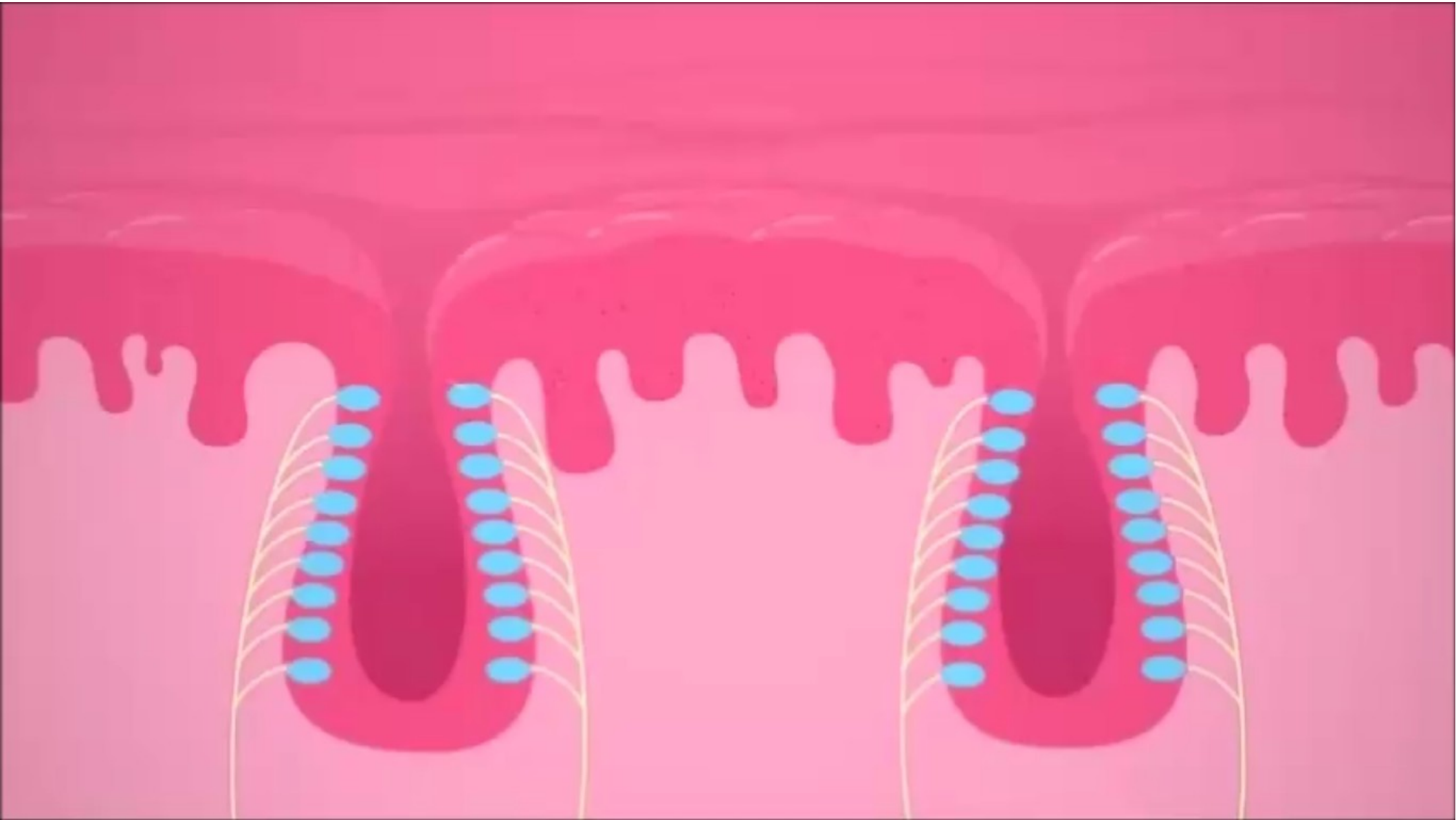
- chladové – aktivita při 23–28 °C
- tepelné – aktivita při 38–43 °C
  - rychlá změna – rozezná 0,1 °C
  - pomalá – větší rozdíl teplot a víc receptorů
- pod 10 °C = zástava tvorby a šíření vzruchů

→znecitlivění

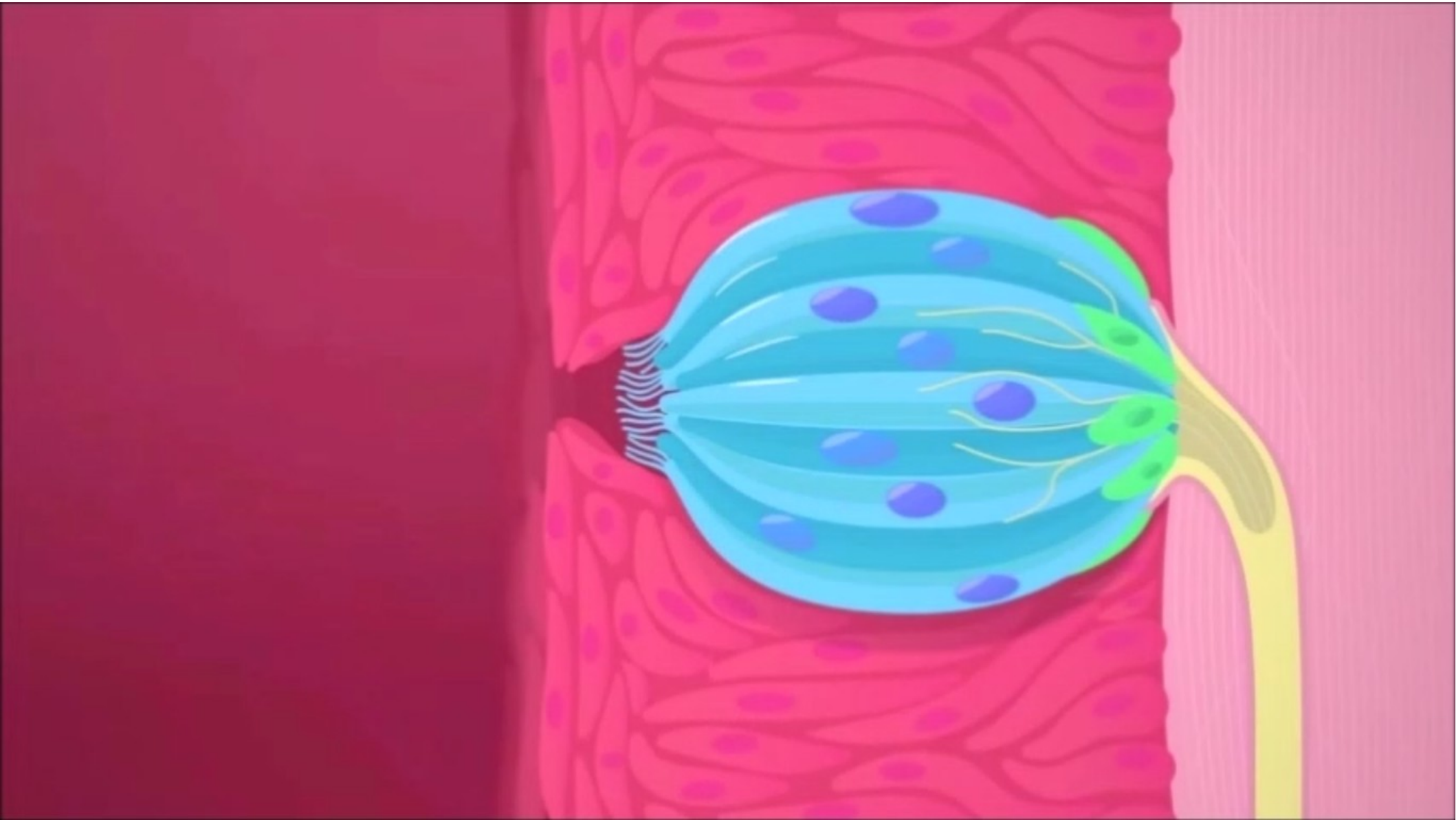
# Chuť

- 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  $\text{Na}^+$  do buněk
- kyselá a hořká – prostup  $\text{H}^+$  iontů membránou

dlouhodobé působení podnětu → adaptace

# Chuť

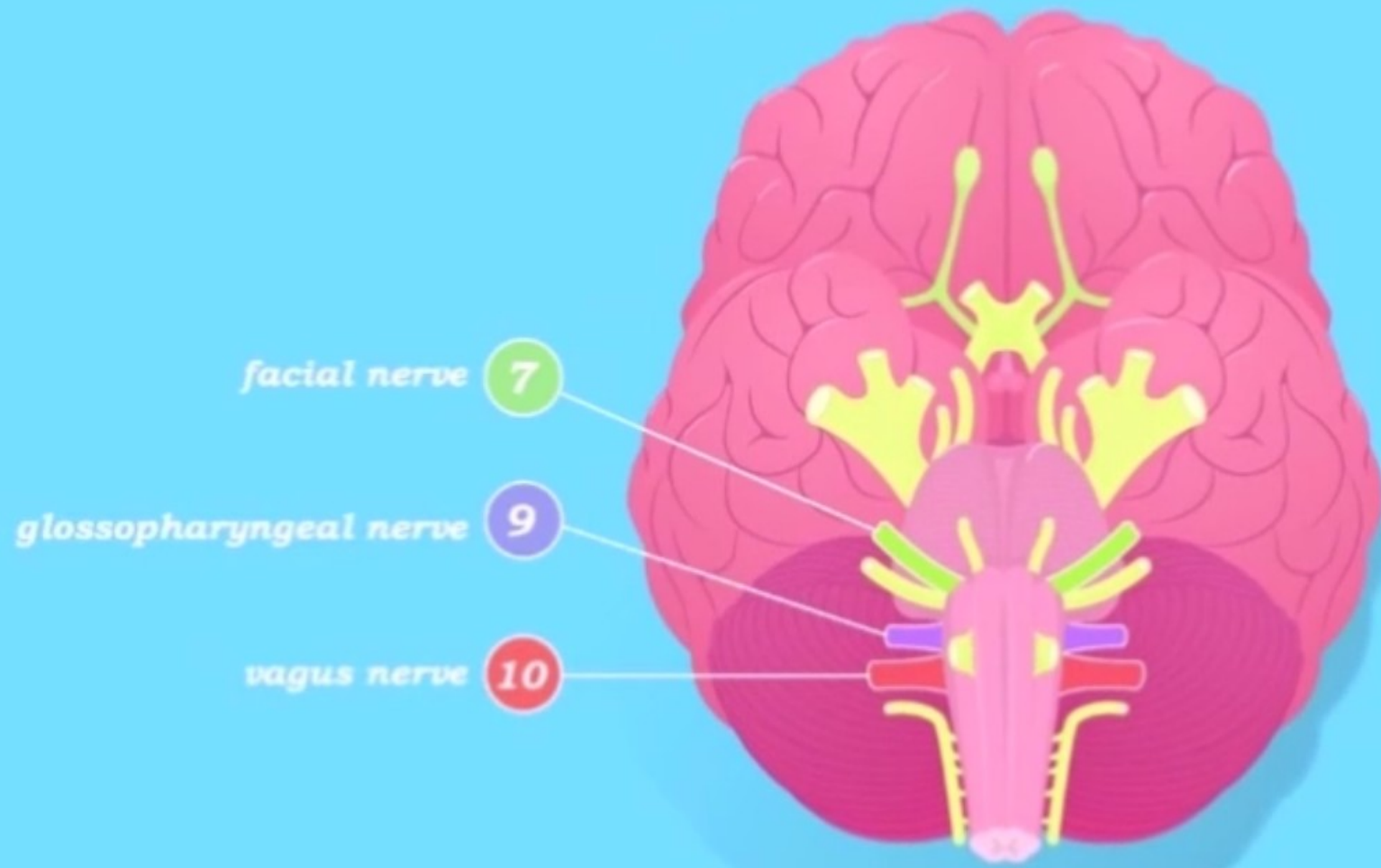
- aferentní vlákna chuťových pohárků = výběžky VII., IX. a X. hlavového nervu

→ chuťová centra **mozkového kmene**

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

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

# Chut'

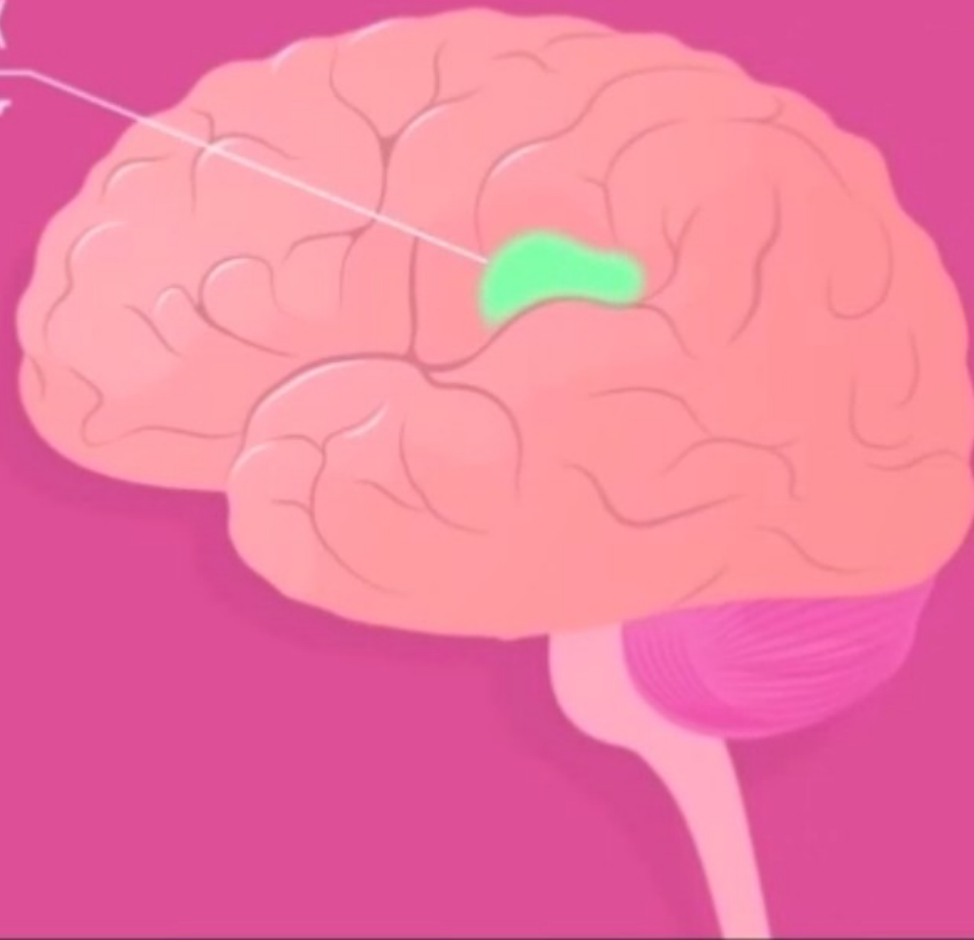




# Chut'

## GUSTATORY CORTEX

*structure responsible for  
the perception of taste*



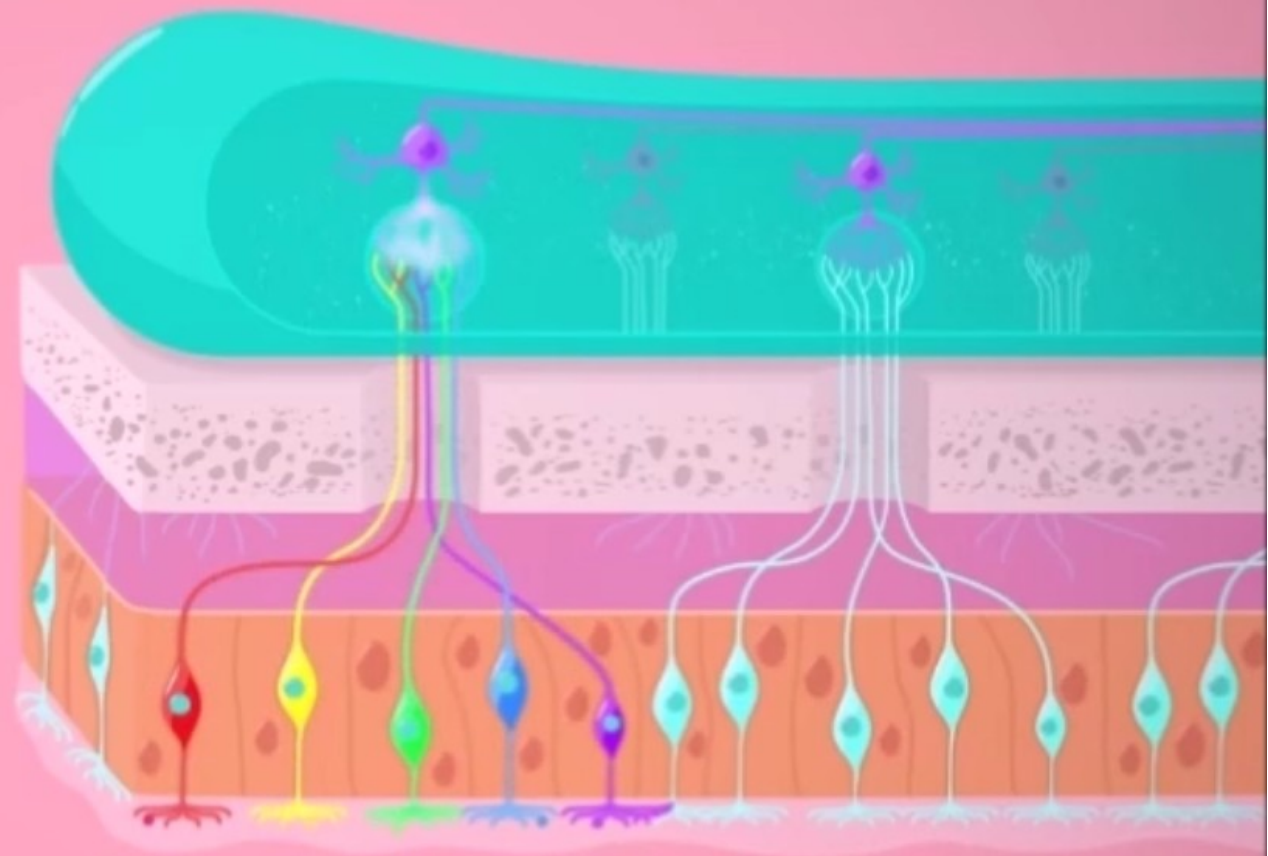
# Čich

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

# Čich



# Čich



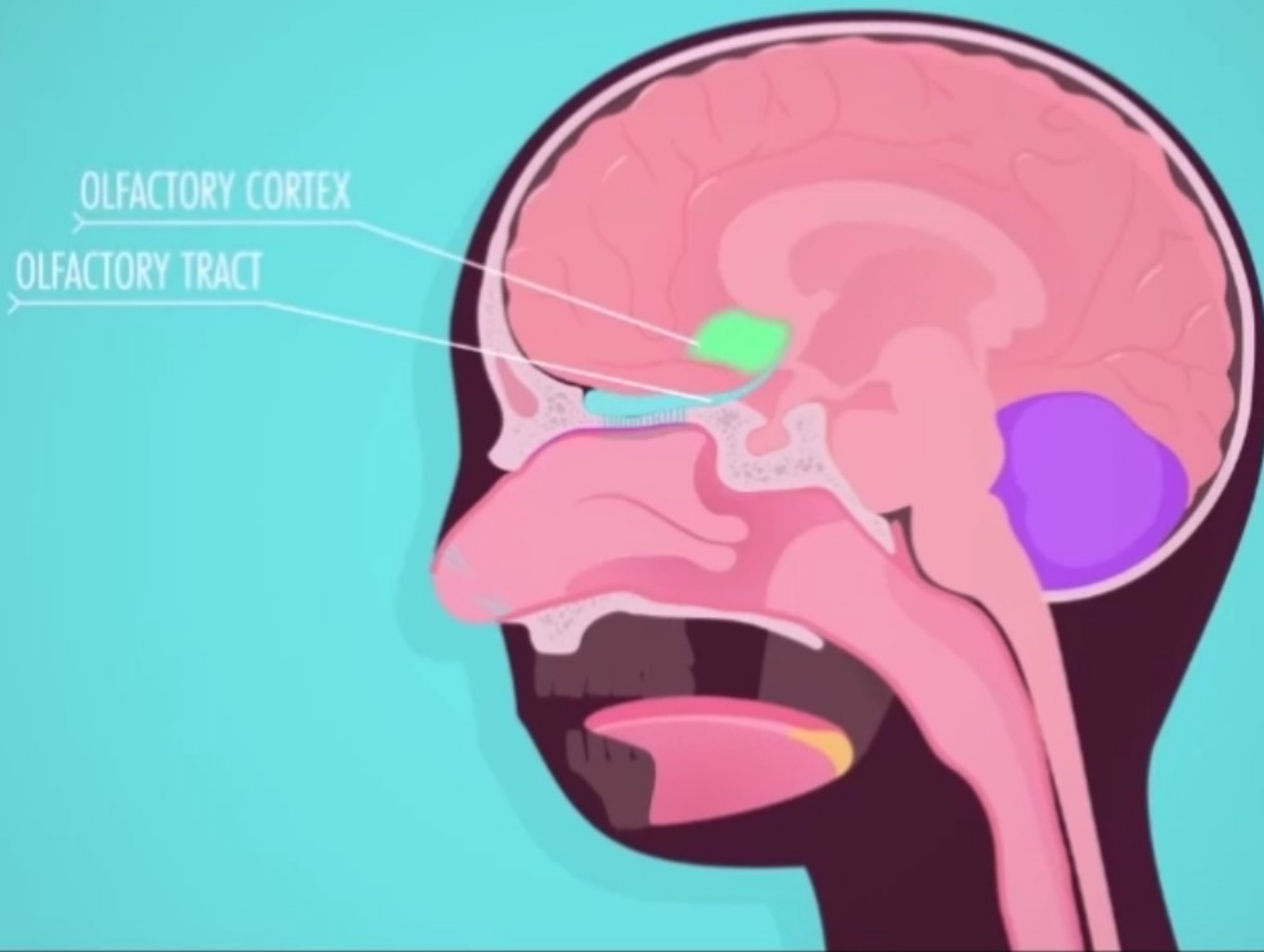
# Čich

čichové dráhy z *bulbus olfactorius*

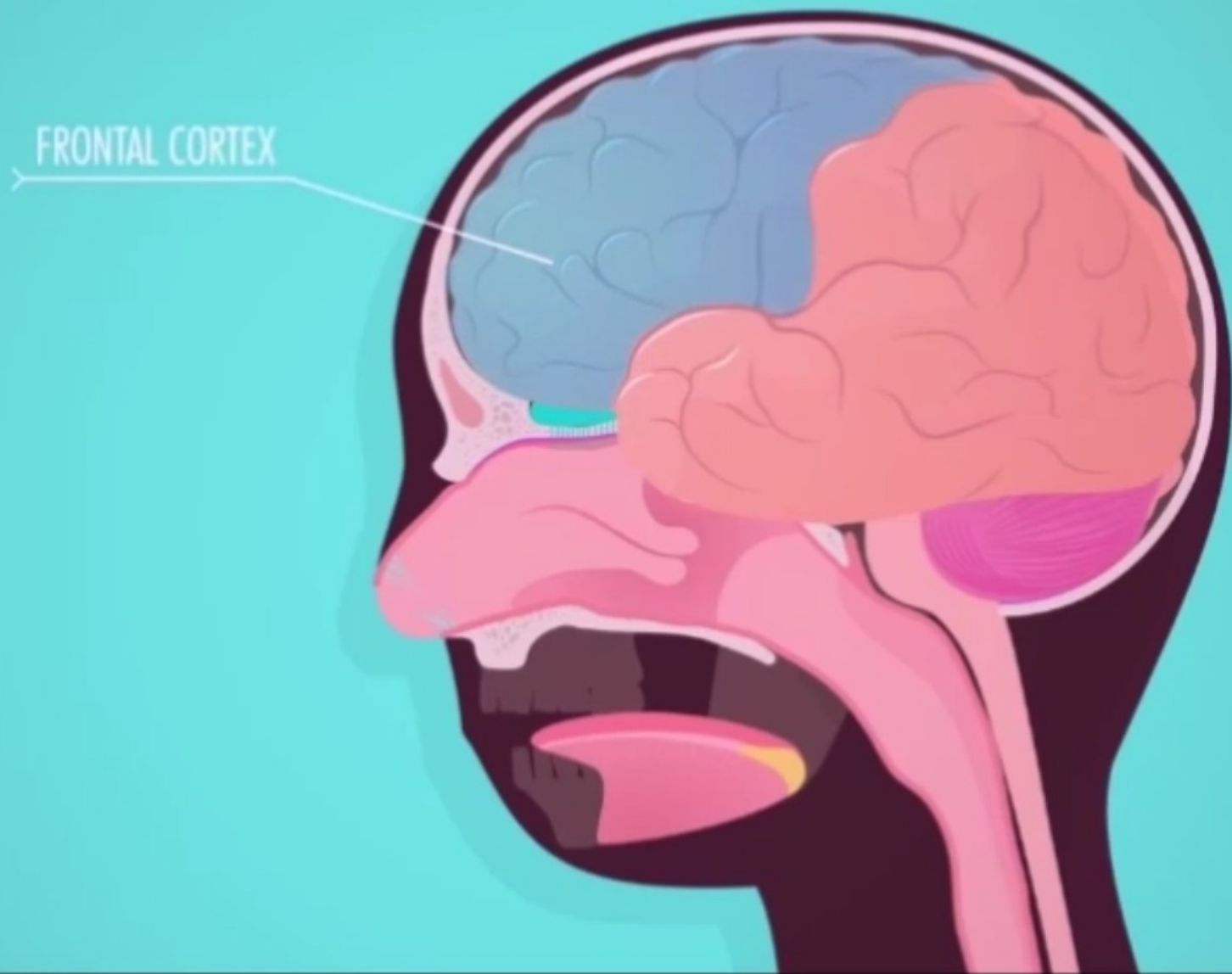
→ různé oddíly mozku

- **korová** projekce + projekce do **lymbického systému**  
= emoční zabarvení čichových vjemů

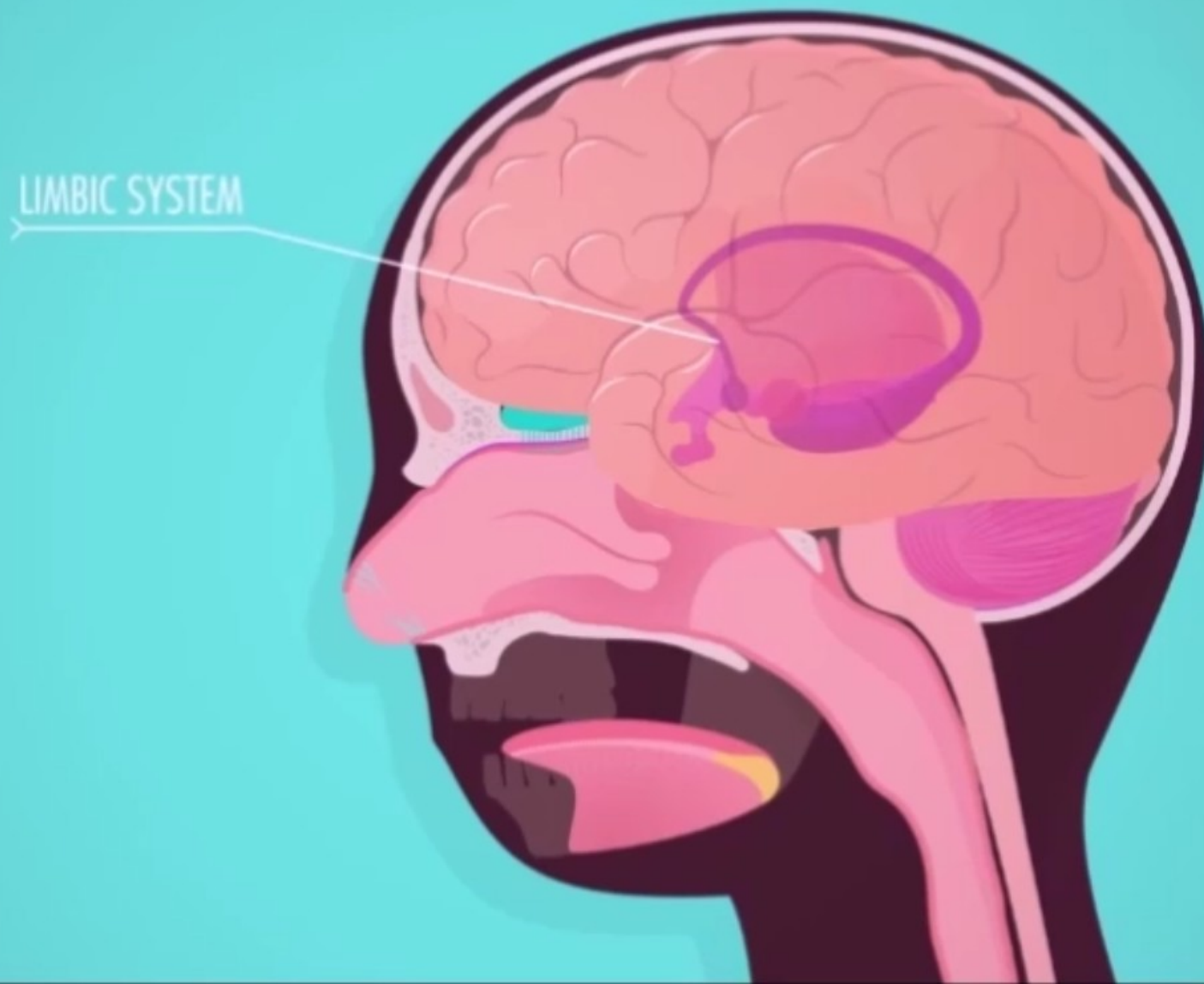
# Čich



# Čich



# Čich





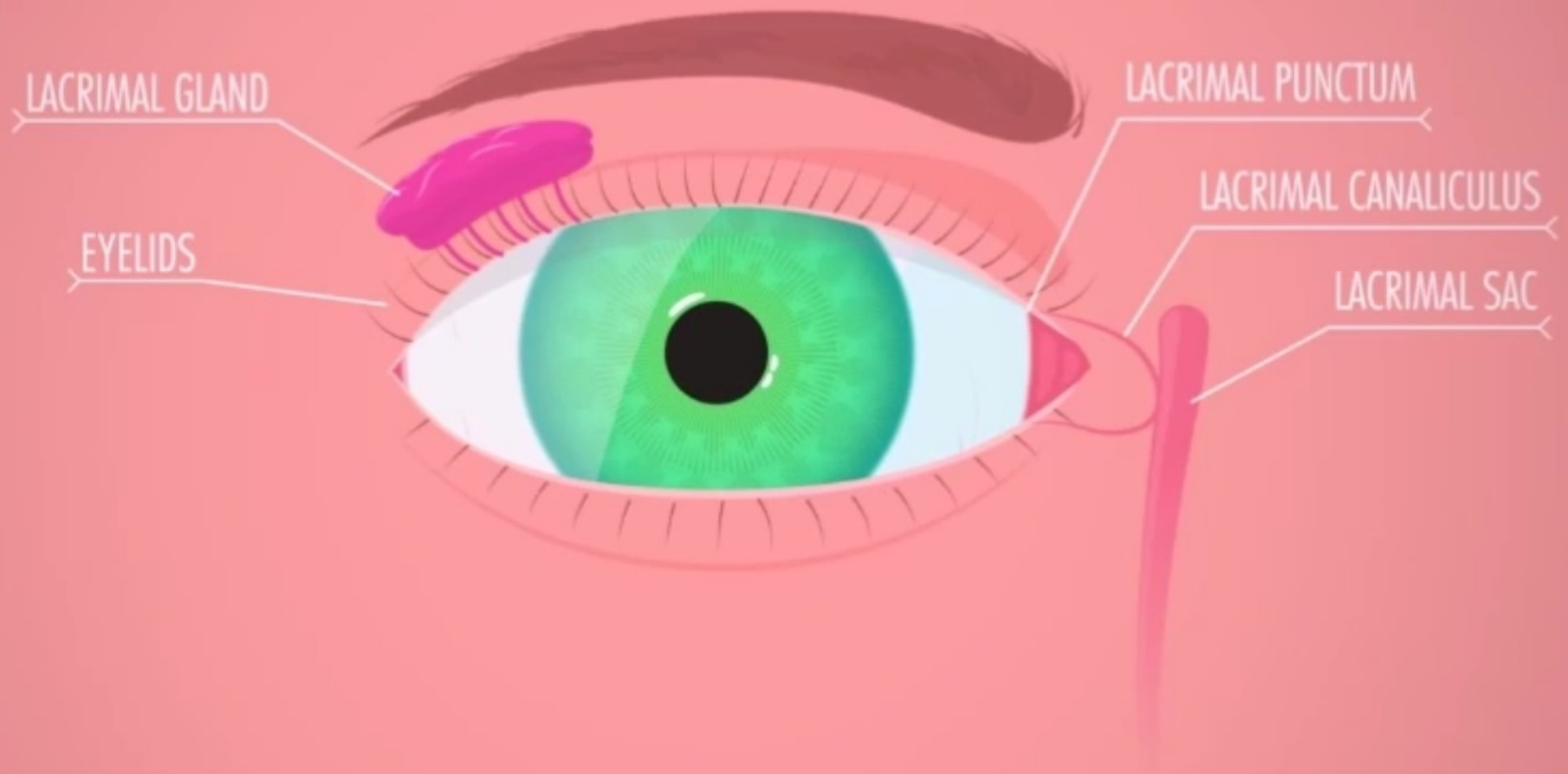
# Zrak

- 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

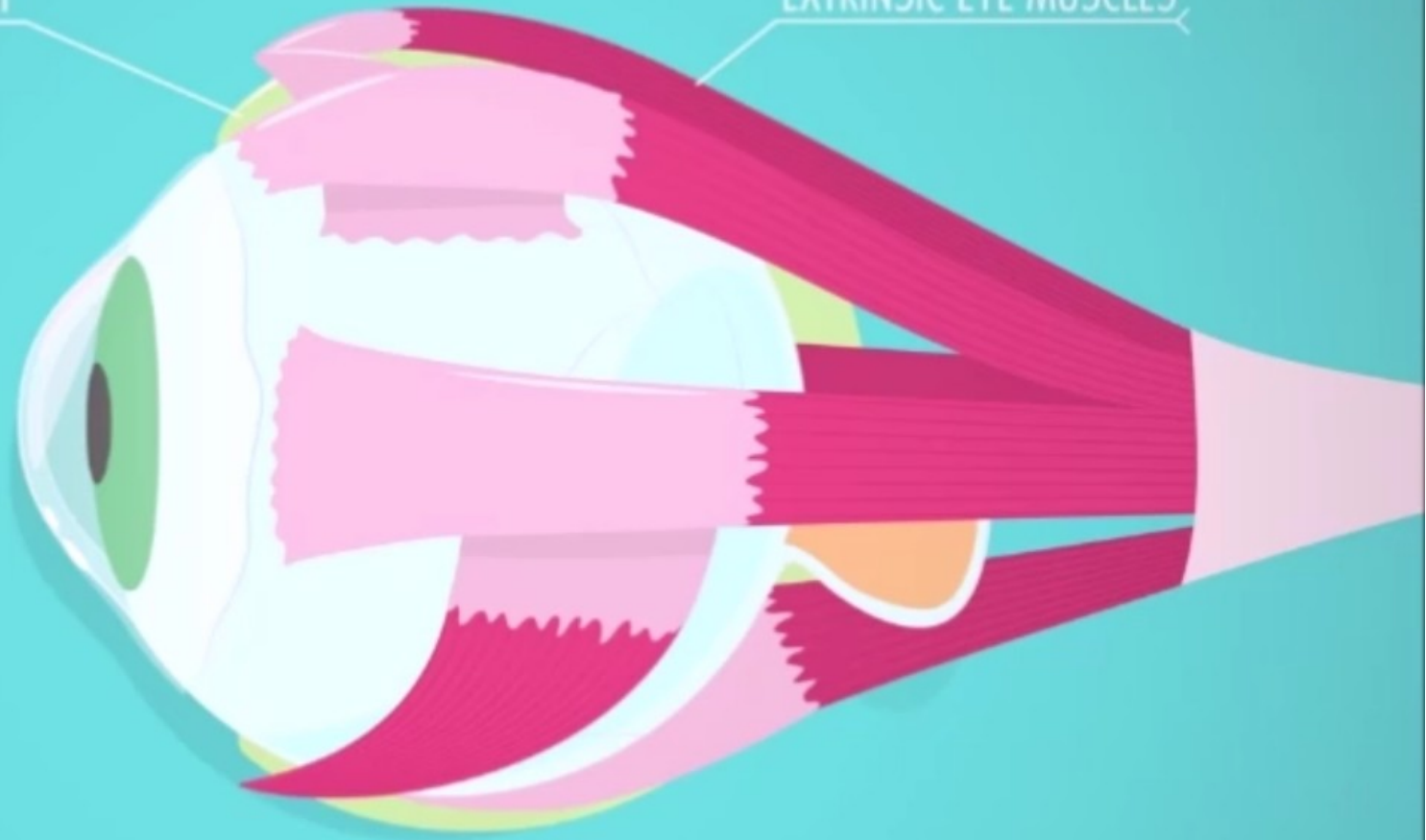
# Zrak



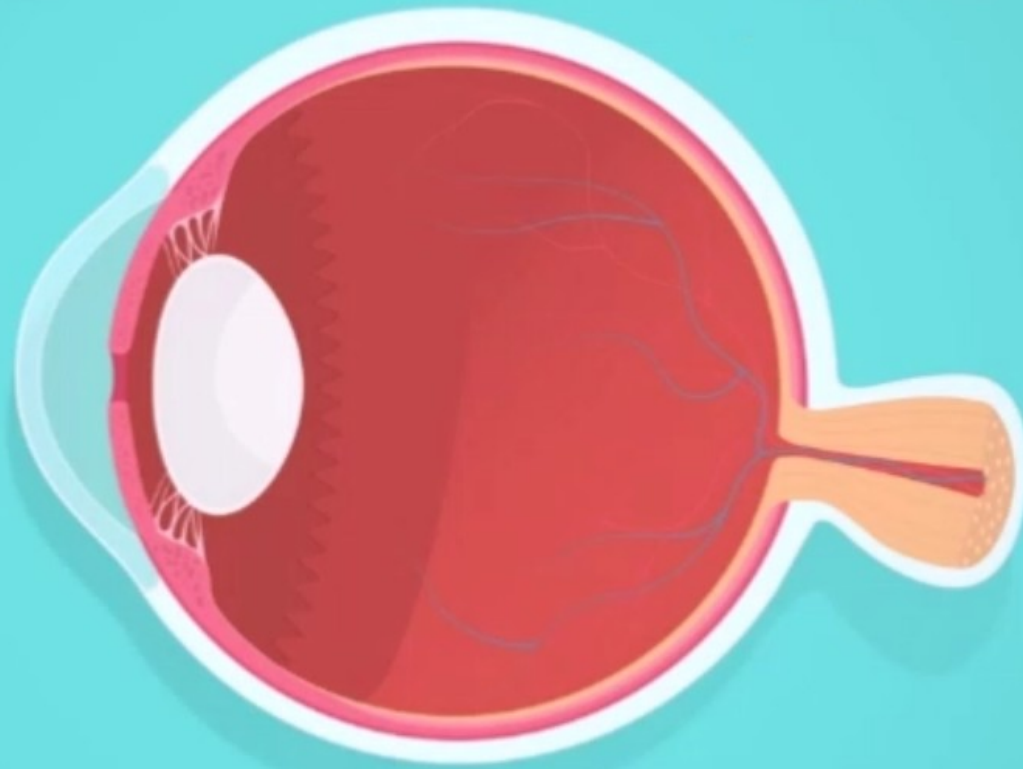
# Zrak

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 parasymptikem)

# 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

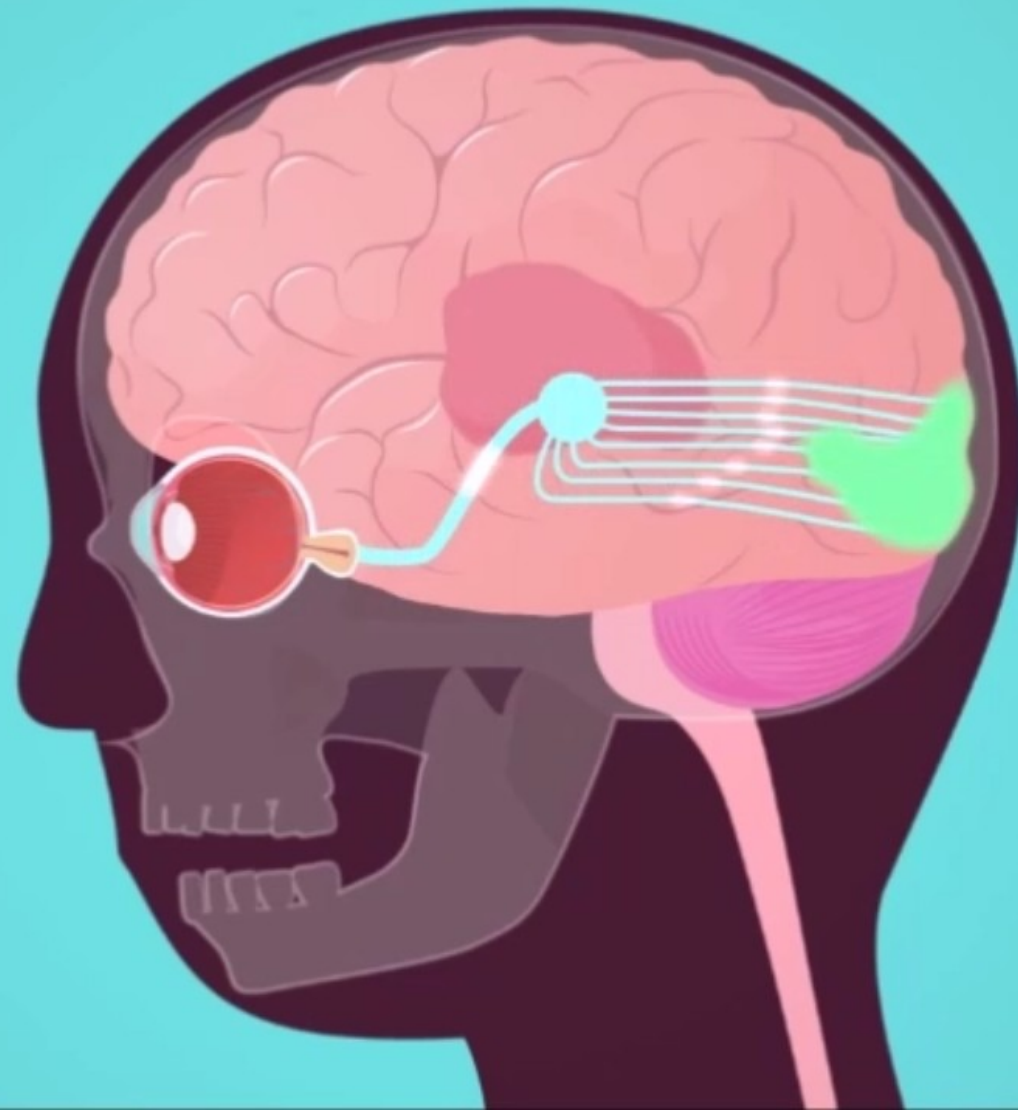
zraková dráha

- tyčinky + čípky → bipolární neurony

→ gangliové neurony → zrakový nerv

→ **talamus** → týlní oblast **mozkové kůry** (+ vlákna do jader **mozkového kmene**, **mozečku**, **retikulární formace**)

# Zrak



# Zrak

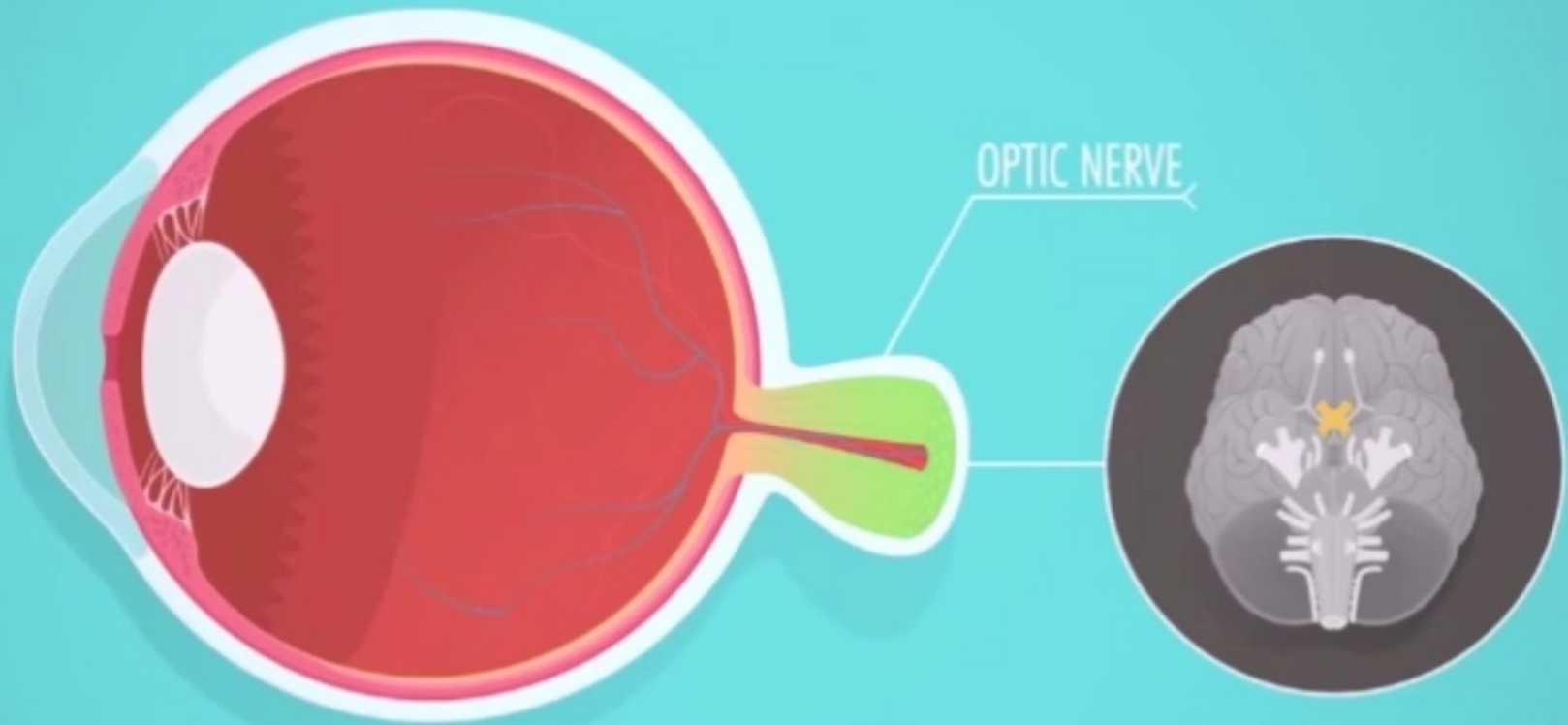
zraková dráha

- axony gangliových buněk – křížení

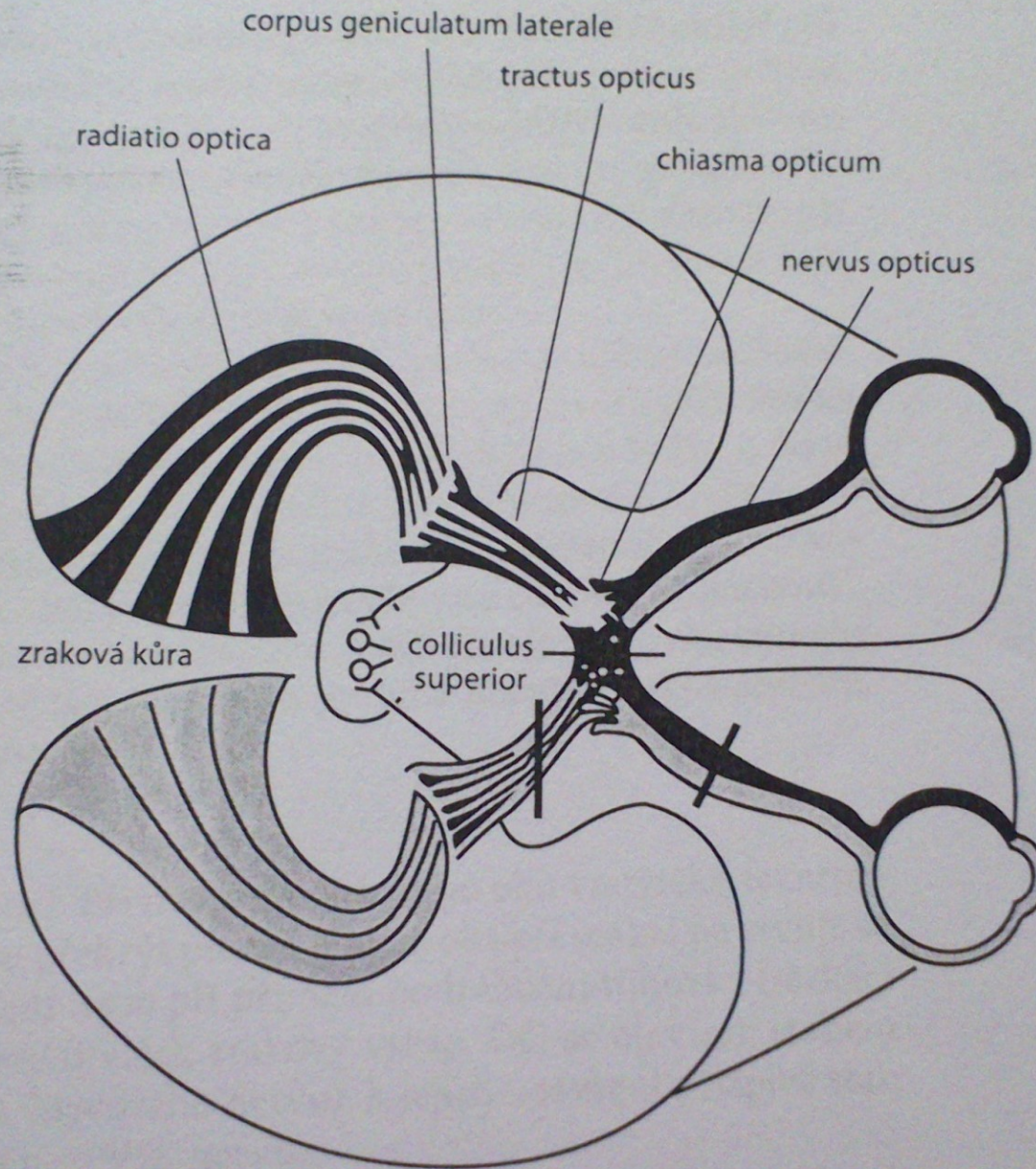
= *chiasma opticum*

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

# Zrak



# Zrak

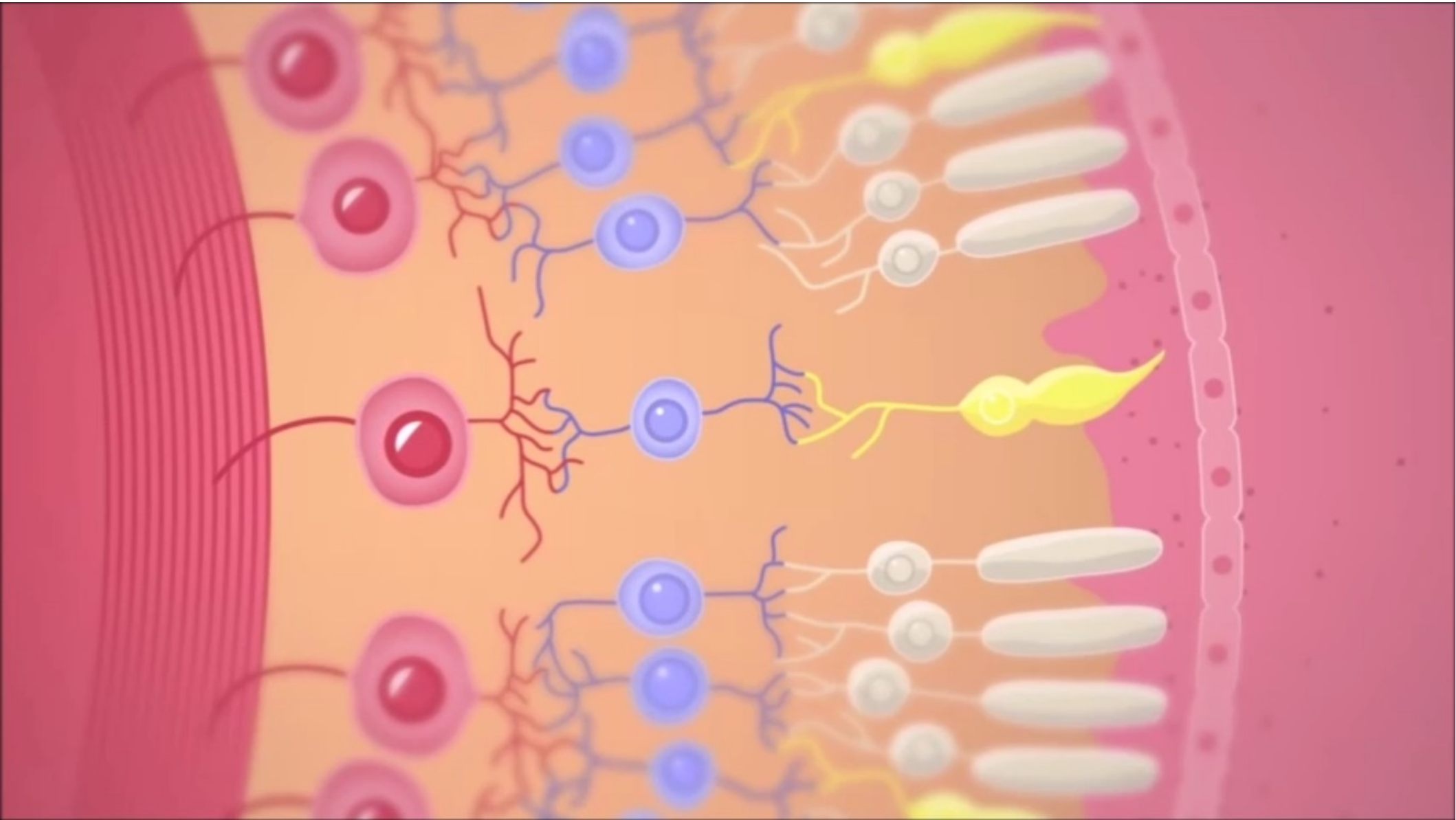


# Zrak

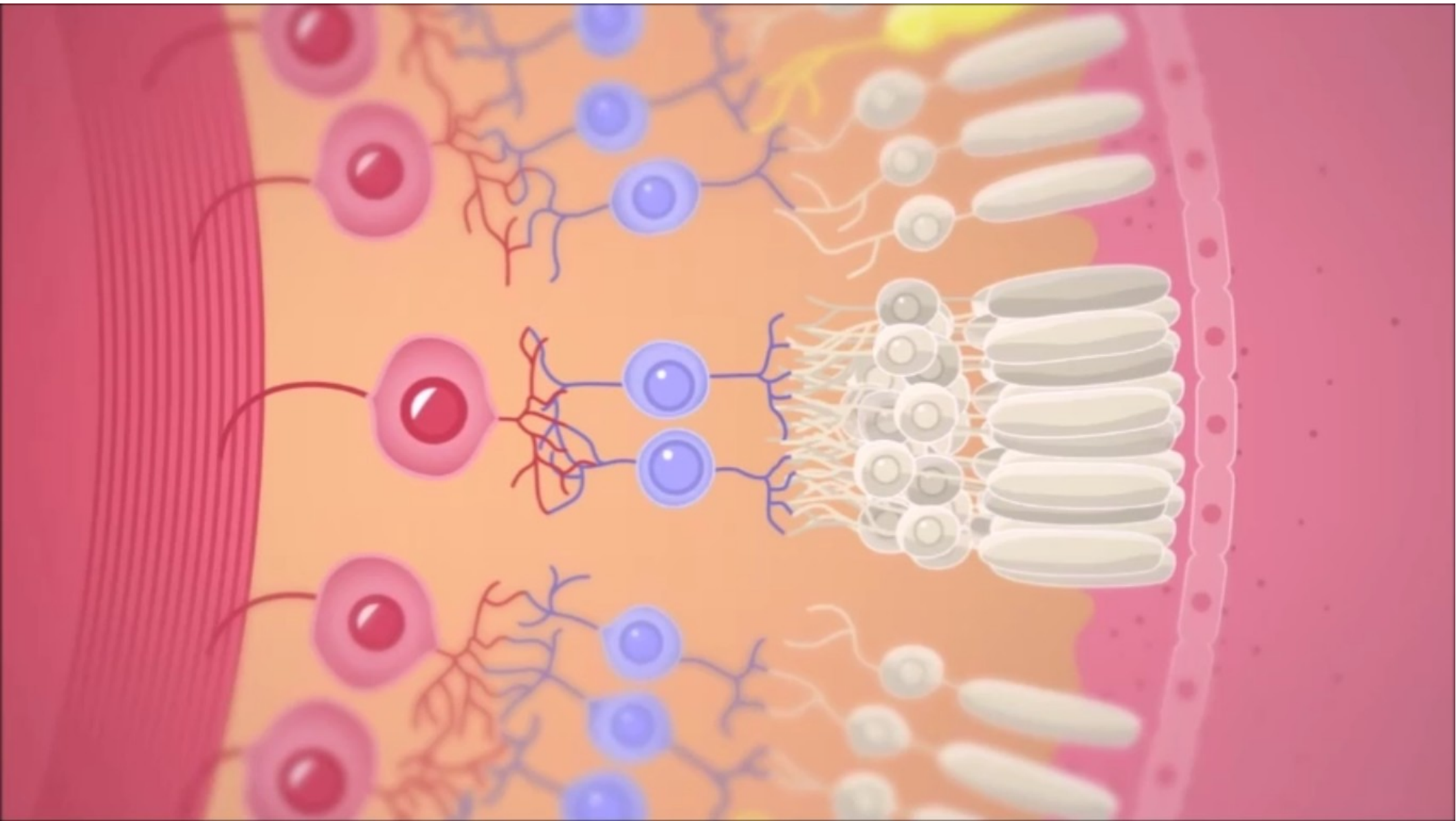
- čípky
  - přímé spojení do vyšších oddílů mozku
  - 1 čípek = 1 bipolární neuron
- tyčinky
  - konvergence = neurony své dráhy sdílejí
    - sčítání signálu → vyšší citlivost



# Zrak



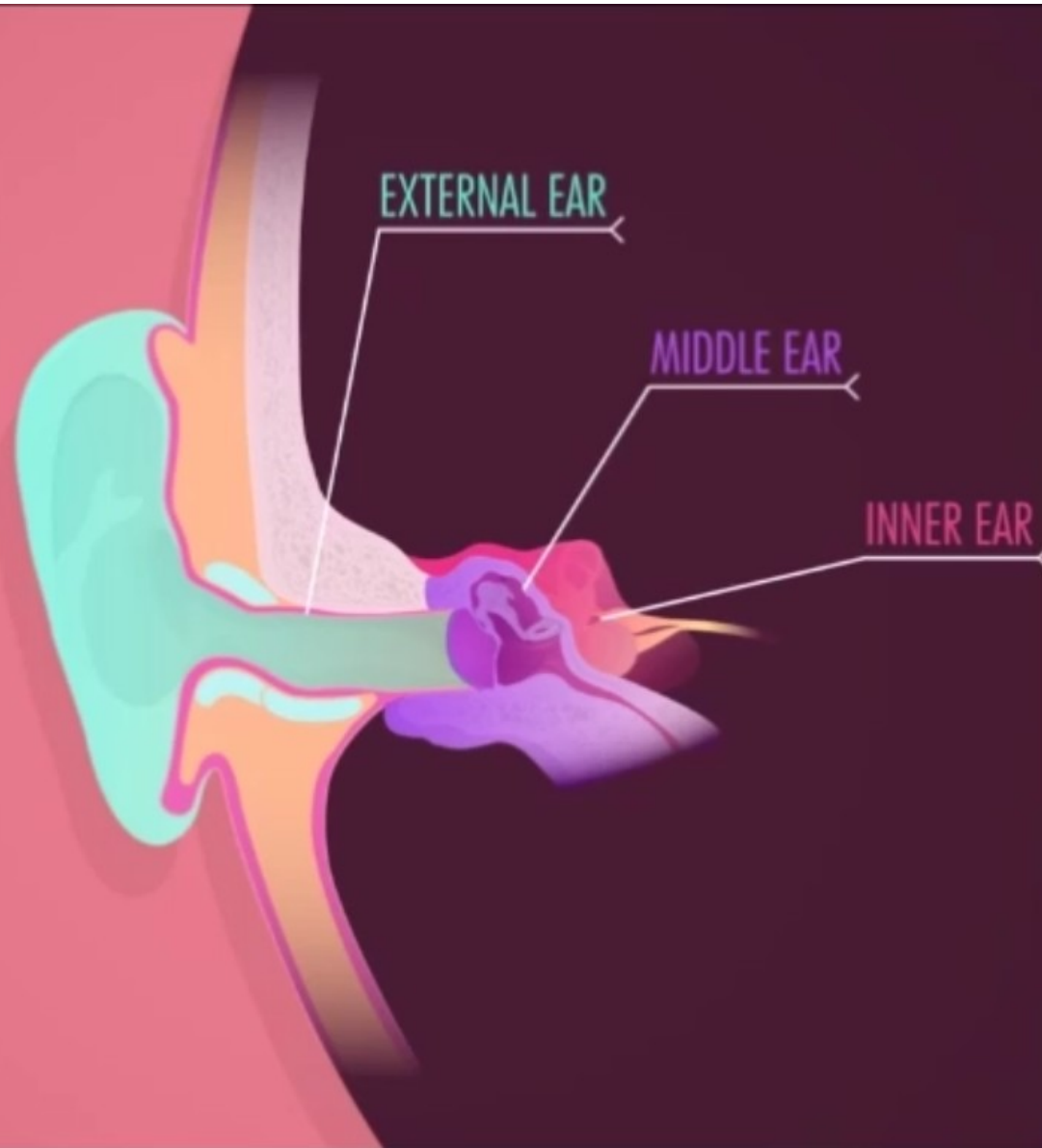
# Zrak



# 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

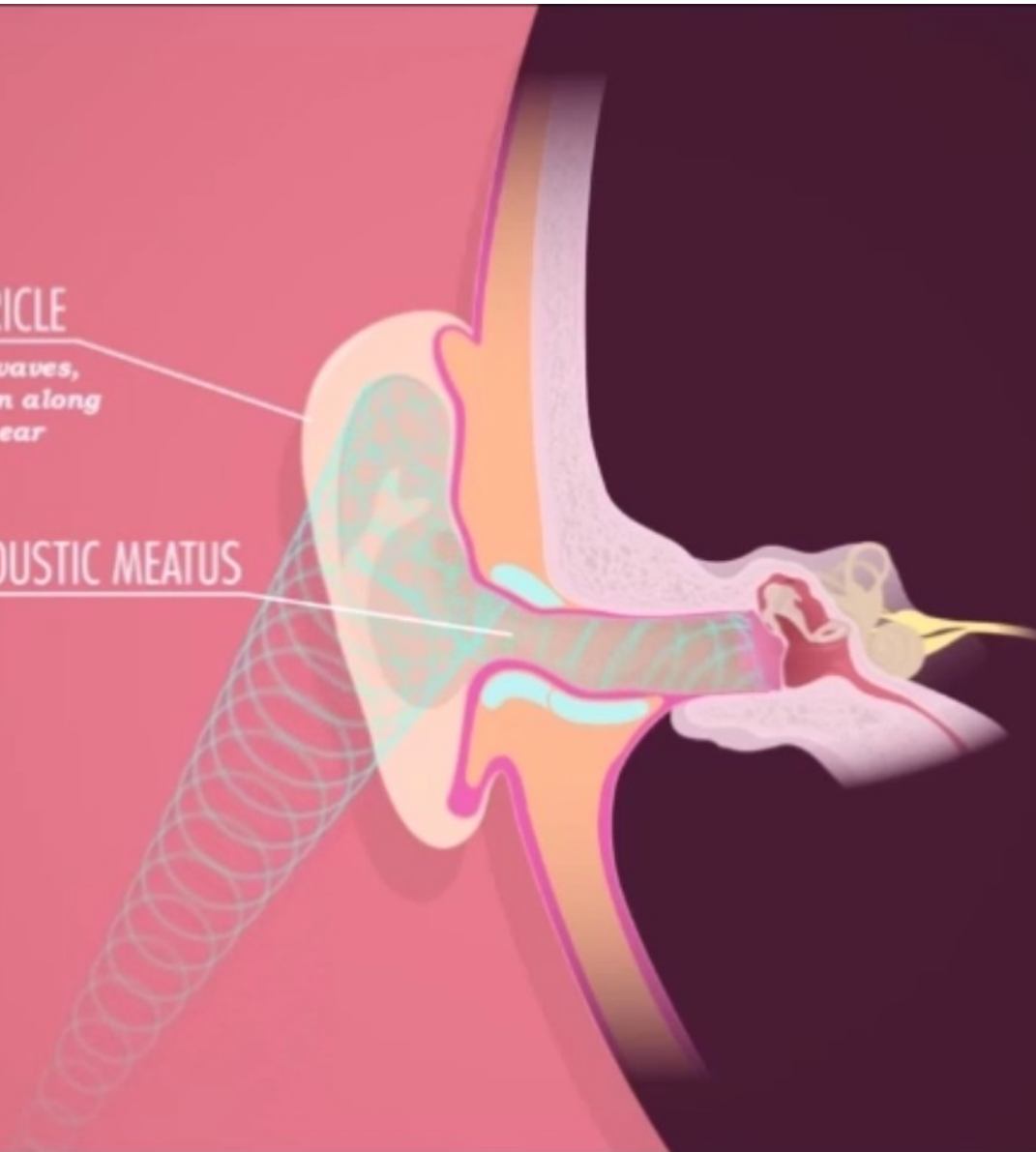
# Sluch

## PINNA or AURICLE

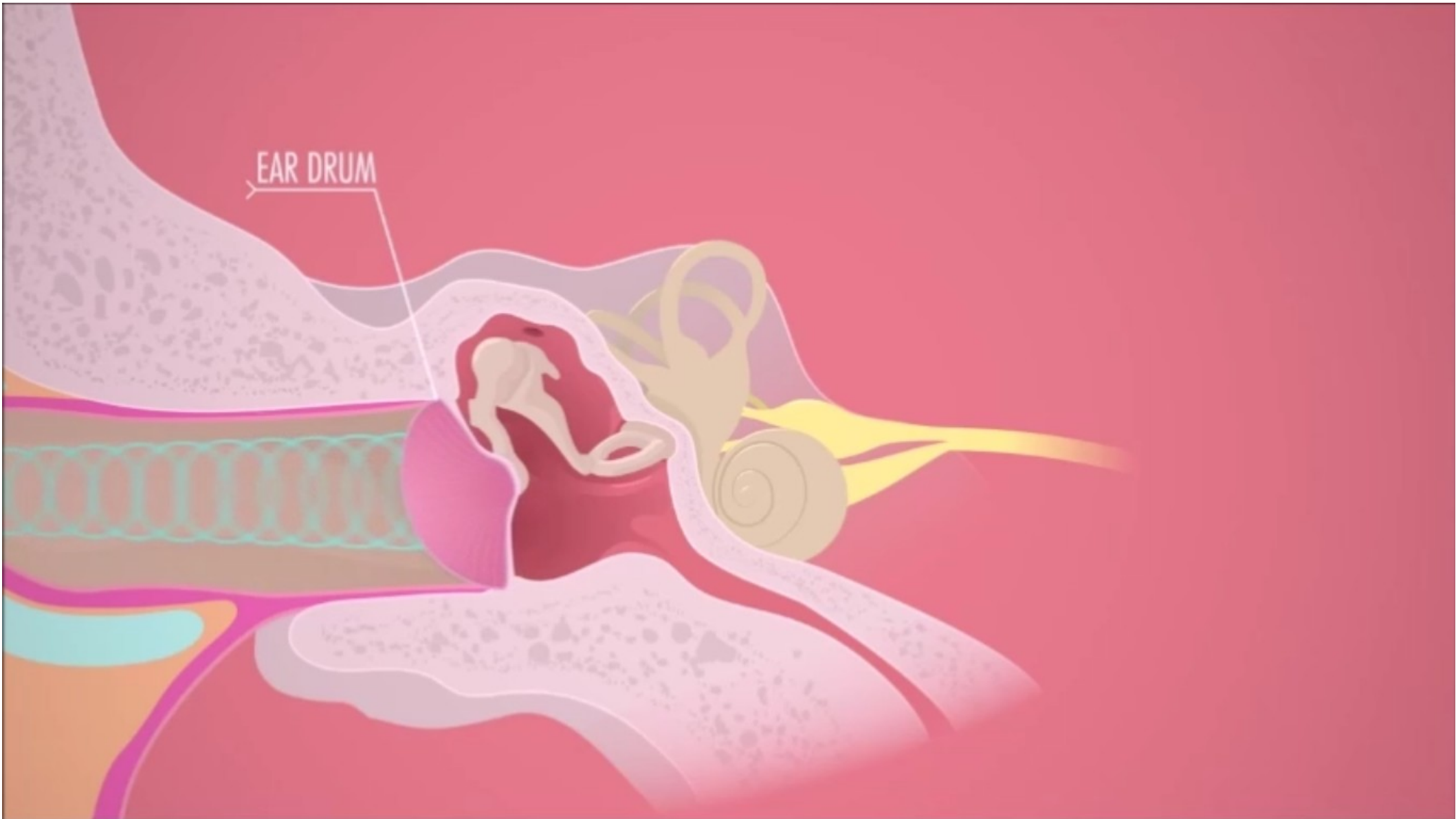
*catches sound waves,  
and passes them along  
deeper into the ear*

## EXTERNAL ACOUSTIC MEATUS

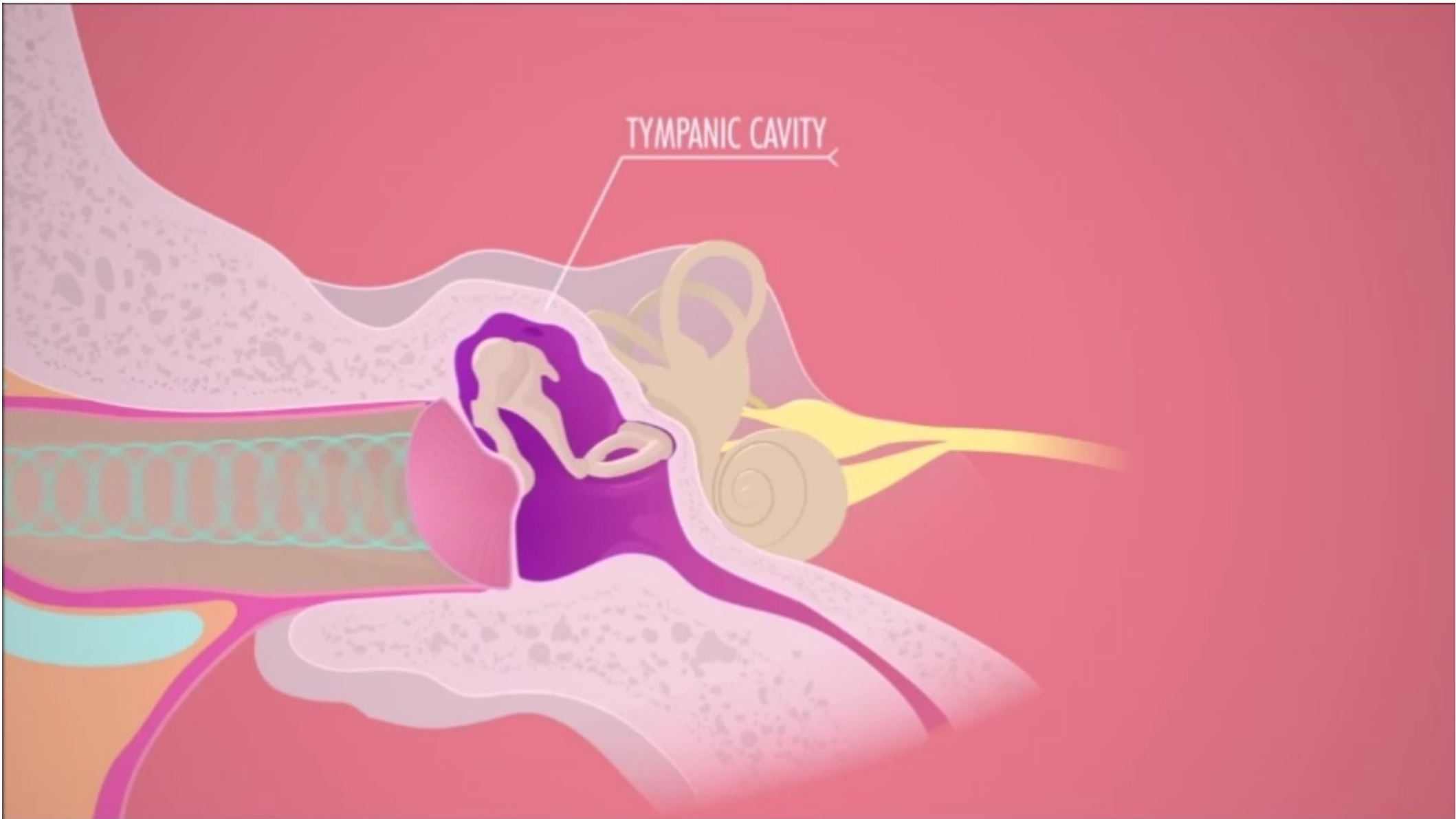
*auditory canal*



# Sluch

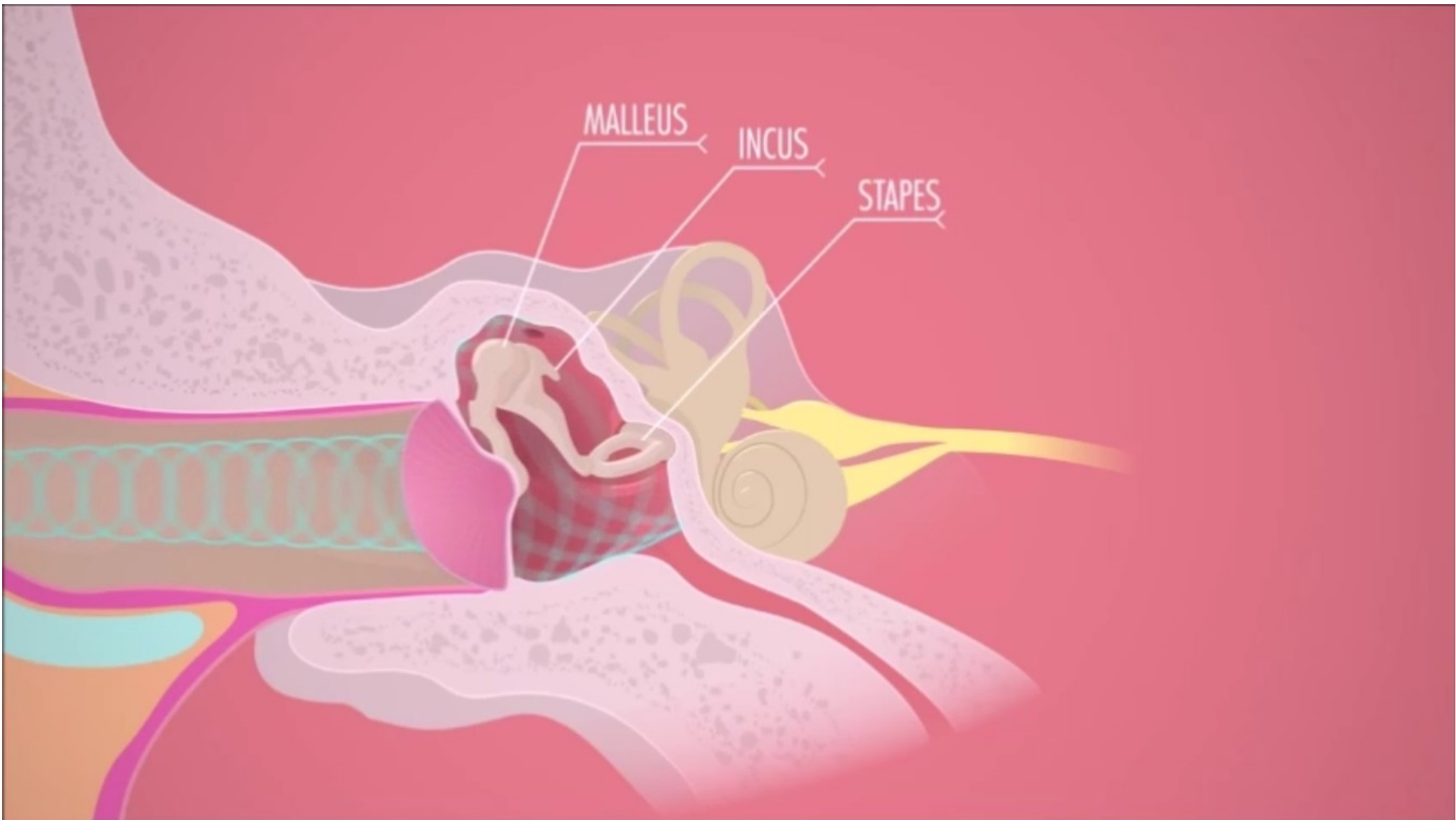


# Sluch





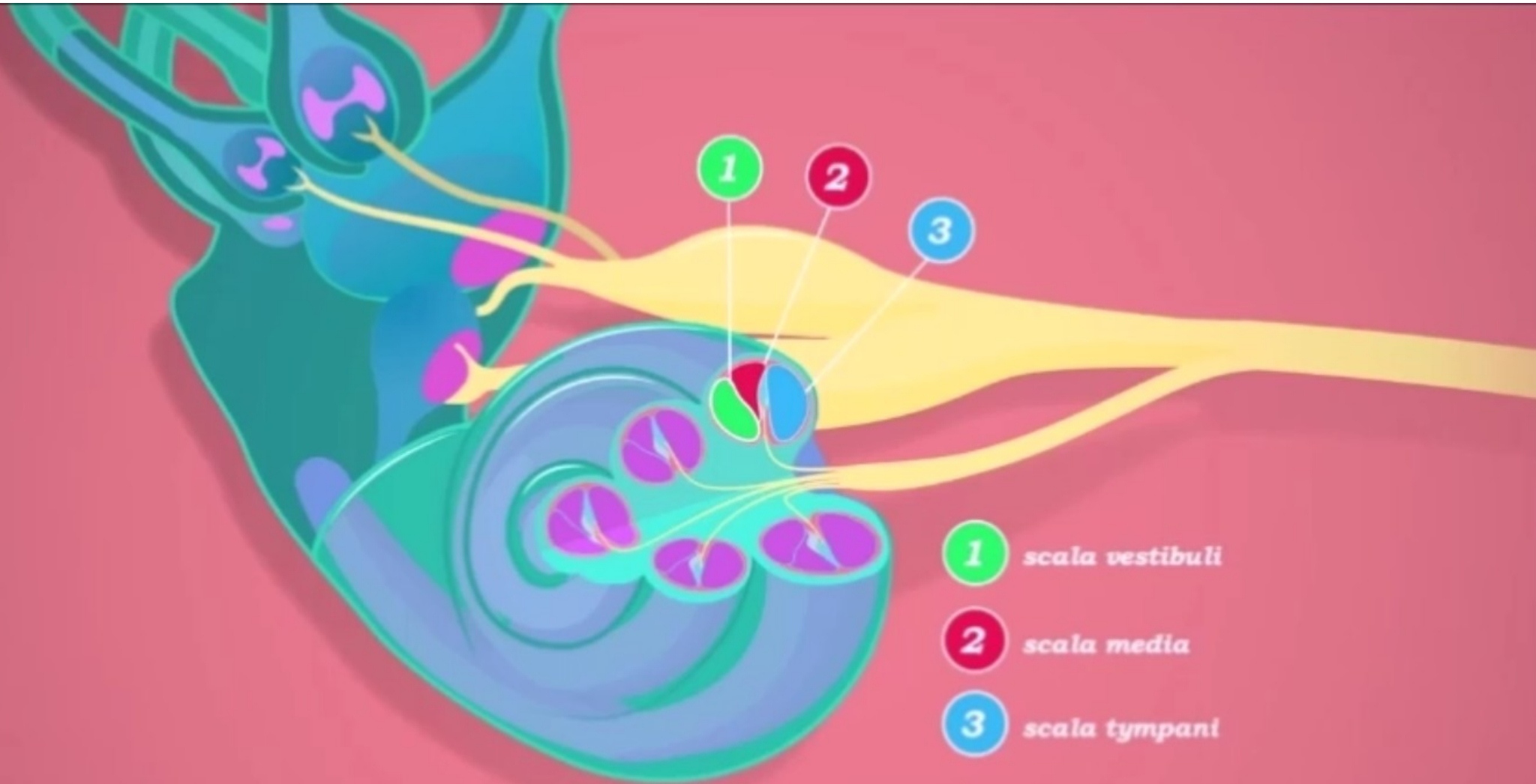
# Sluch



# 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

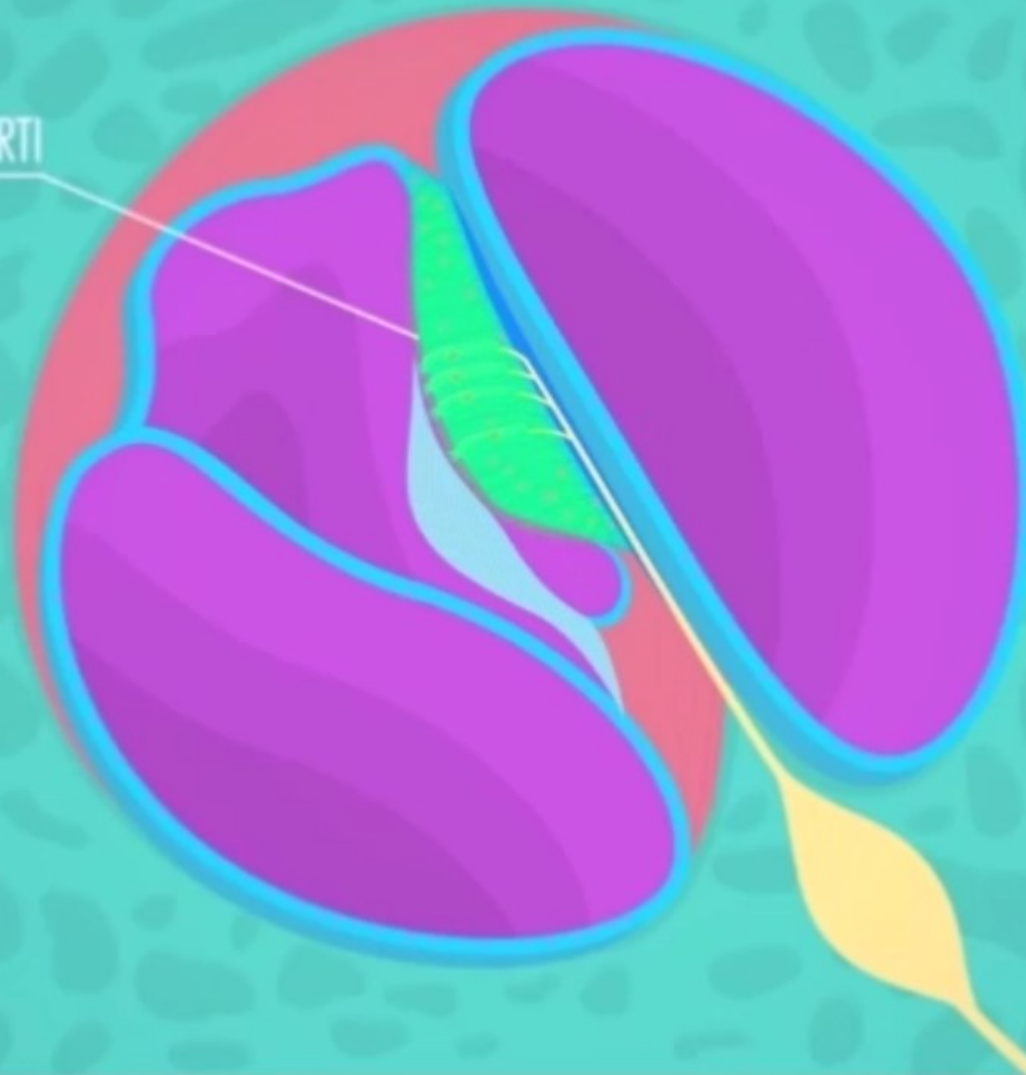


## BASILAR MEMBRANE

*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

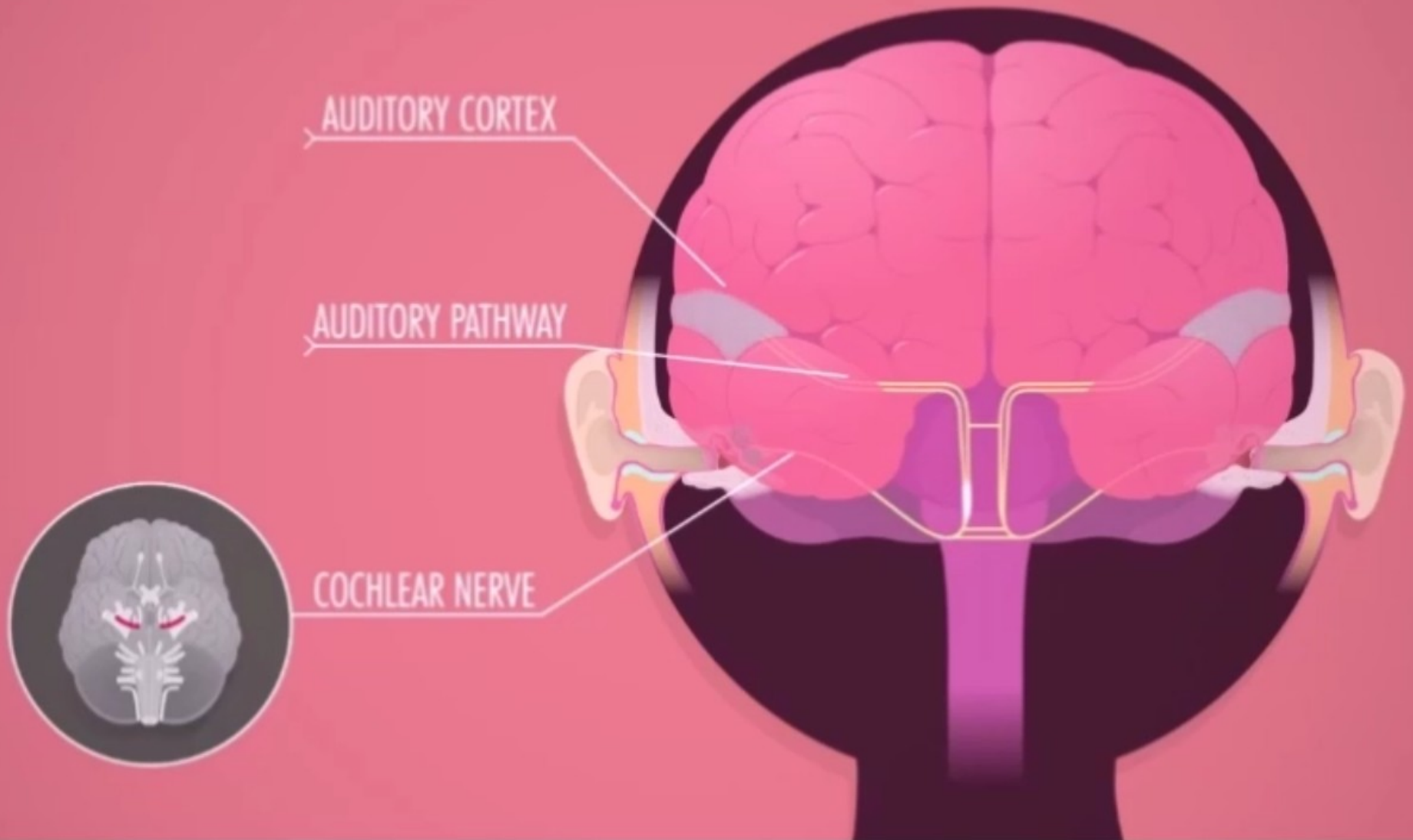
→ pohyb mechanicky řízených iontových kanálů

→ 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

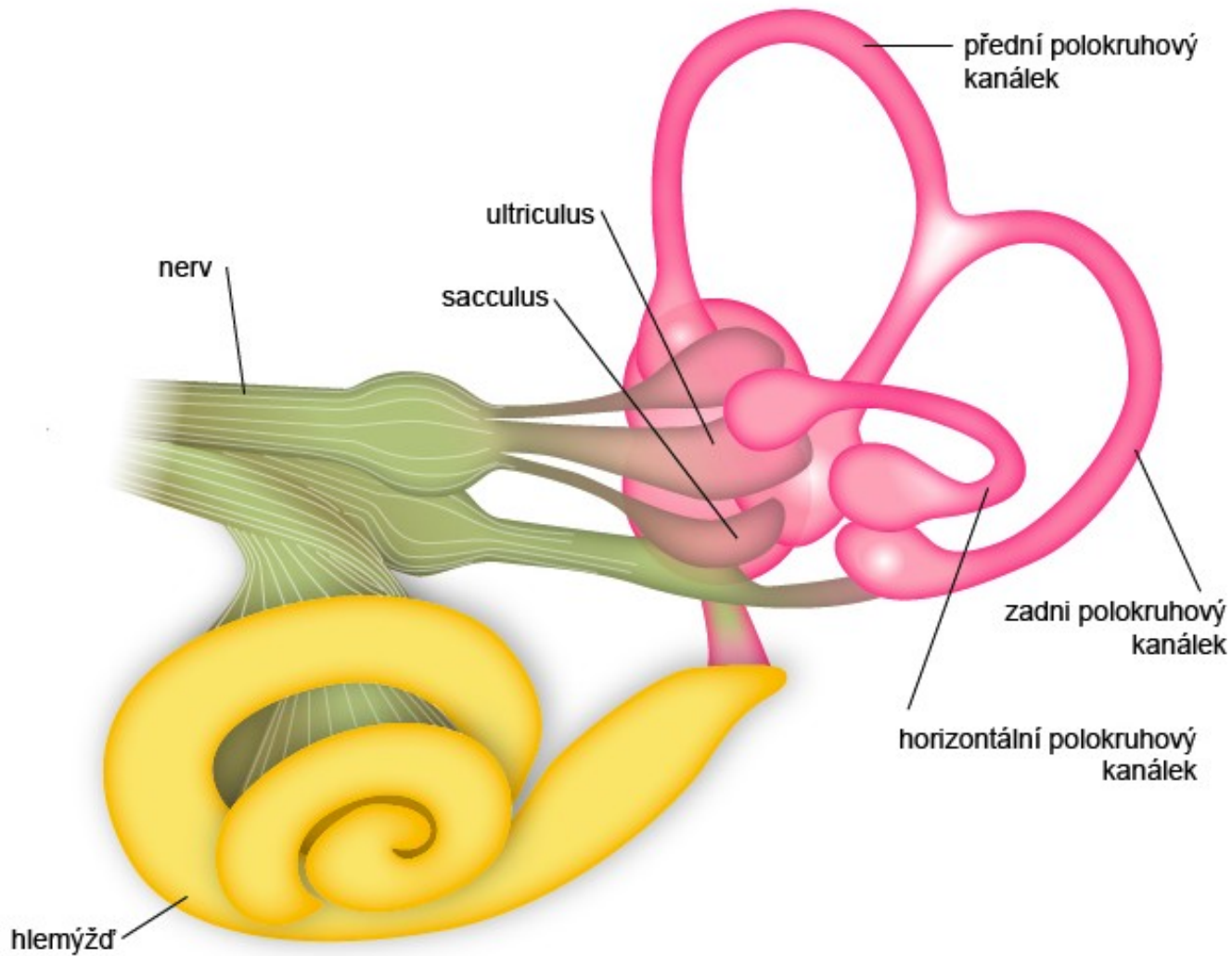
- mechanoreceptory
- vláskové buňky
  - v ampulách polokruhovitých kanálků
  - ve váčcích otolitového orgánu
- aktivovány
  - poloha hlavy
  - lineární a úhlové zrychlení

# Rovnováha

## Polokruhové kanálky

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

# 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, dolu



# 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 $\delta$  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. Základy 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 JANDOVÁ, přeložil Miloš LANGMEIER, přeložil Otomar KITTNAR, přeložil Eduard KURIŠČÁK, přeložil Pavla MLČKOVÁ, přeložil Martina NEDBALOVÁ, 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**