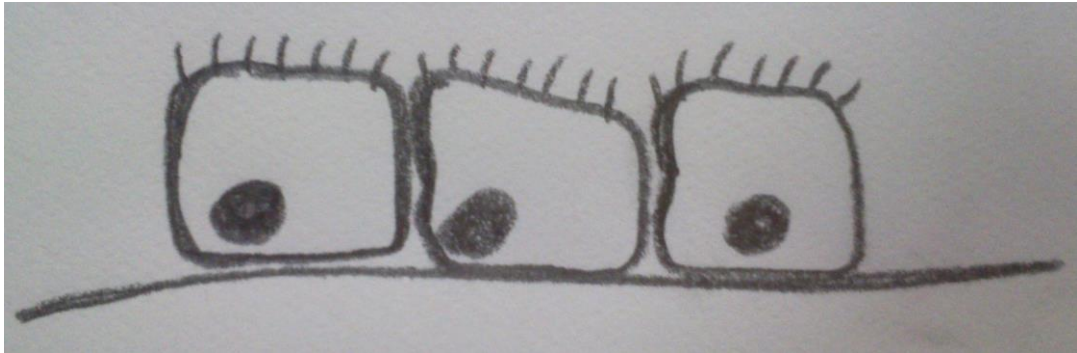


Fyziologie smyslů

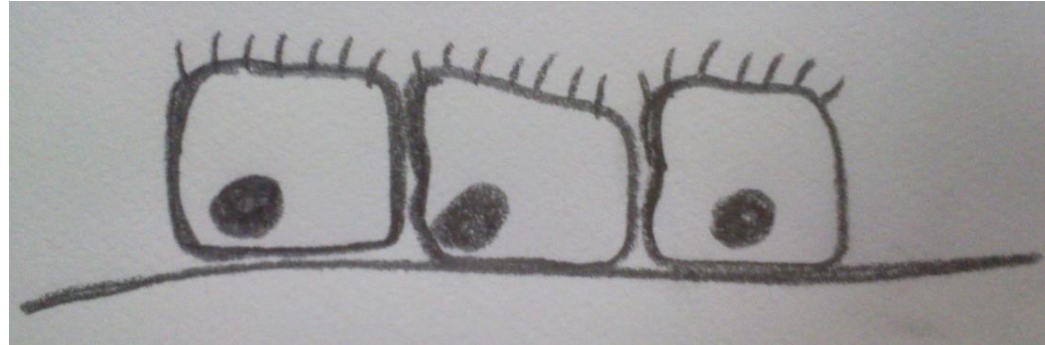
Ing. Hana Polanská, Ph.D.

Receptory

Receptory

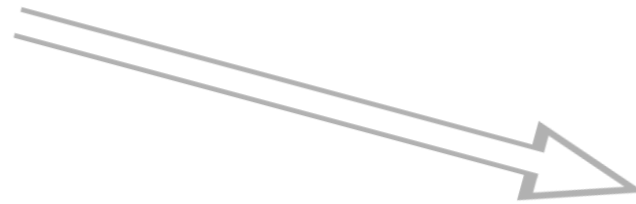
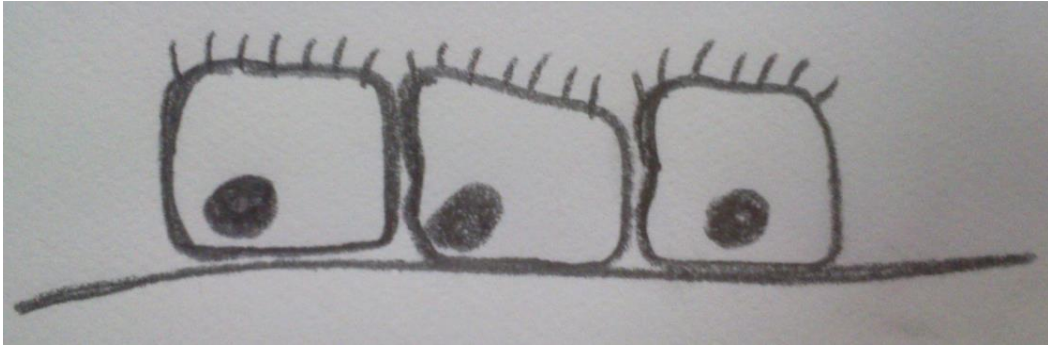


Receptory

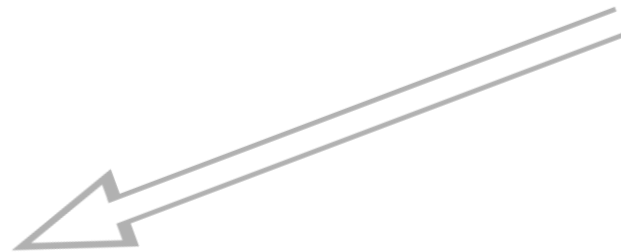
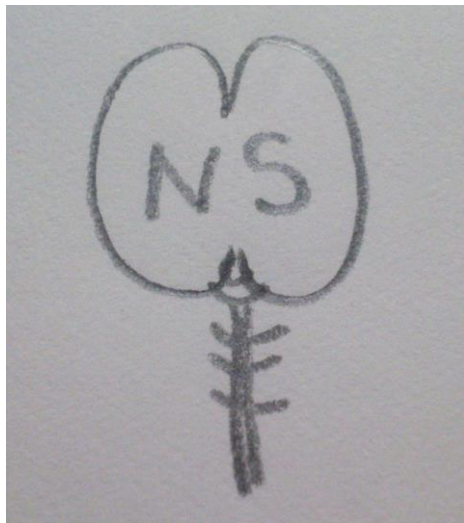


- membránové receptory (z vnějšího prostředí)
- cytosolové receptory (pronikne-li signál membránou)
- jaderné receptory (pronikne-li signál membránou)

Receptory



*změna
akčního
potenciálu*

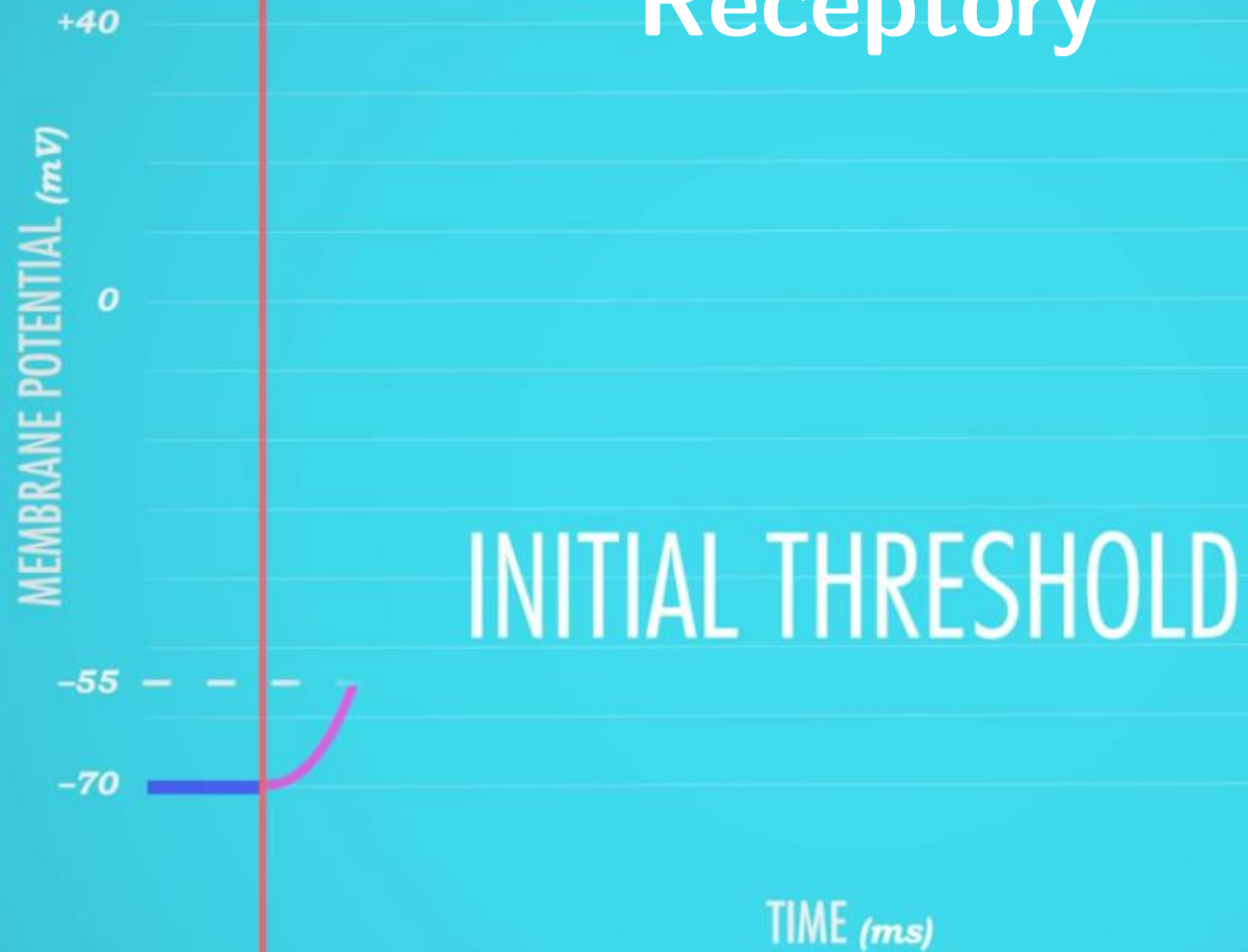


Receptory

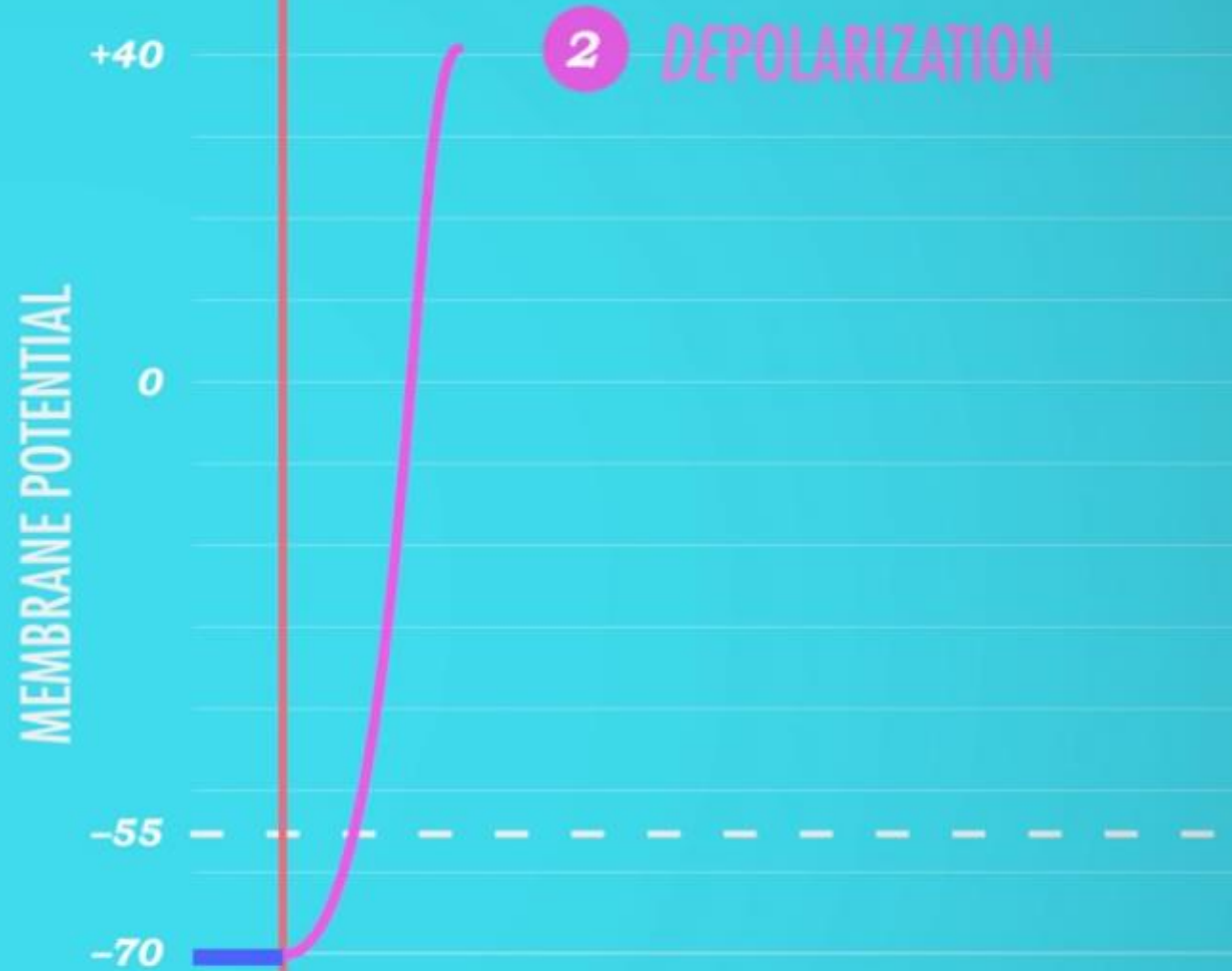


**ACTION
POTENTIAL**

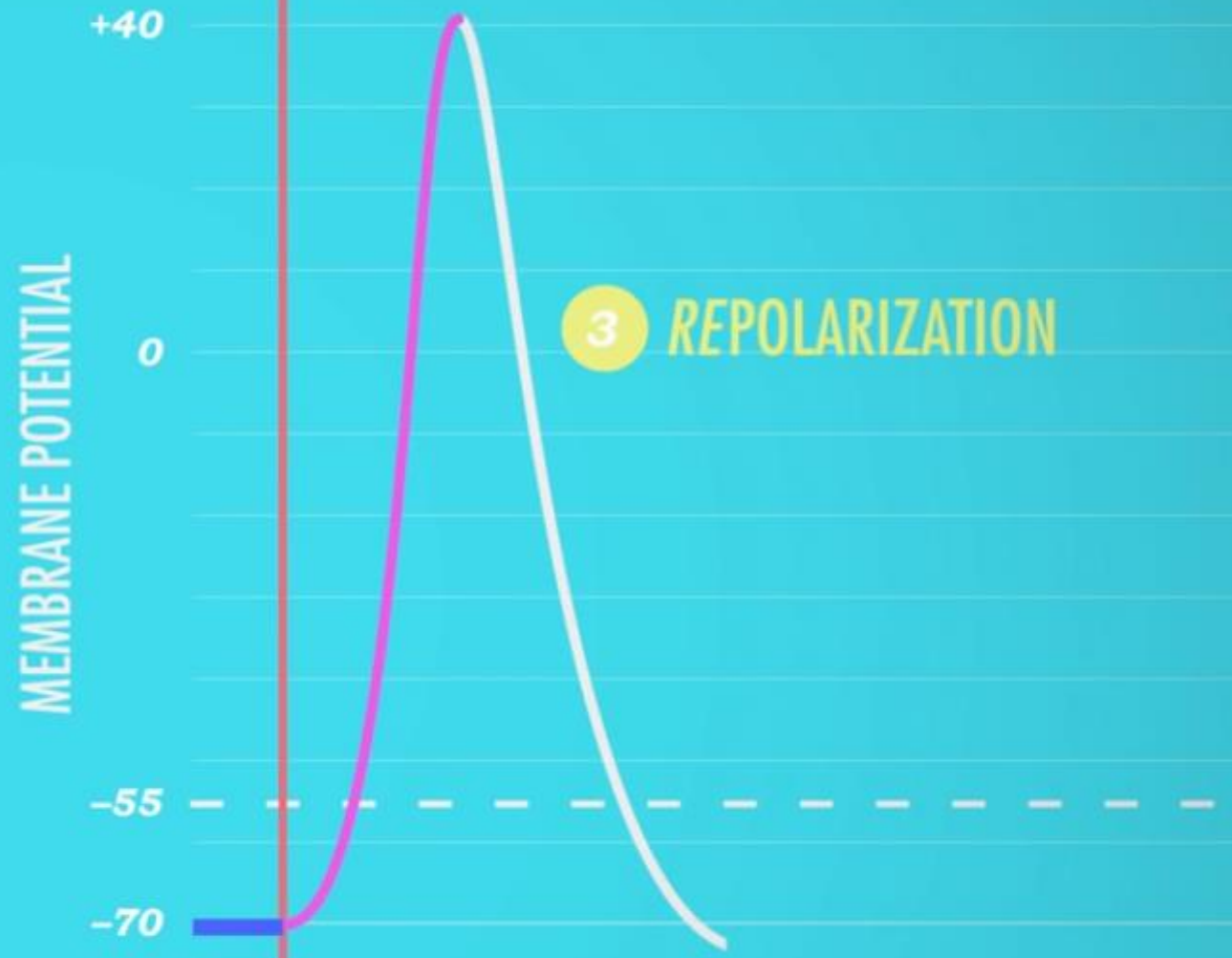
Receptory



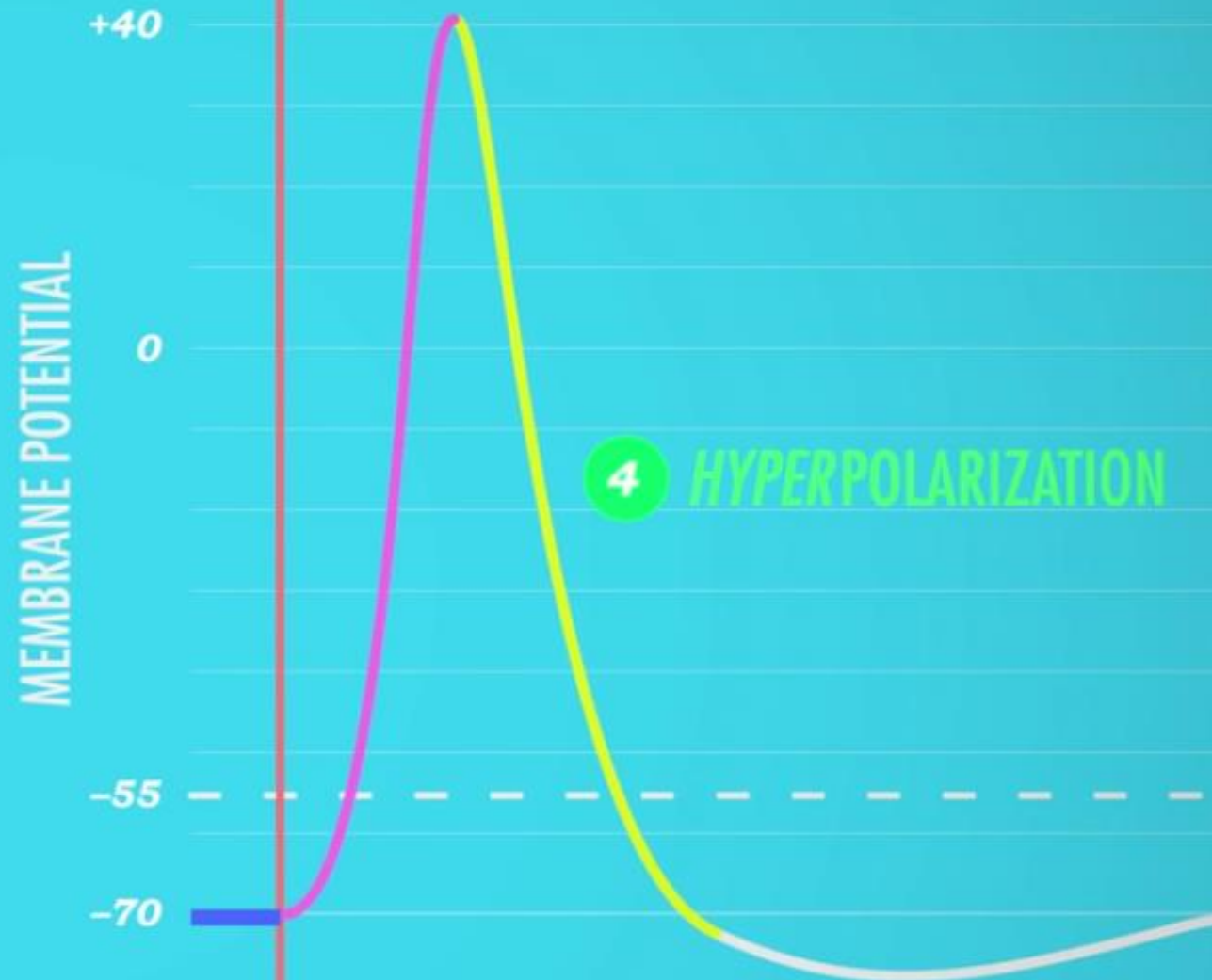
Receptory



Receptory



Receptory

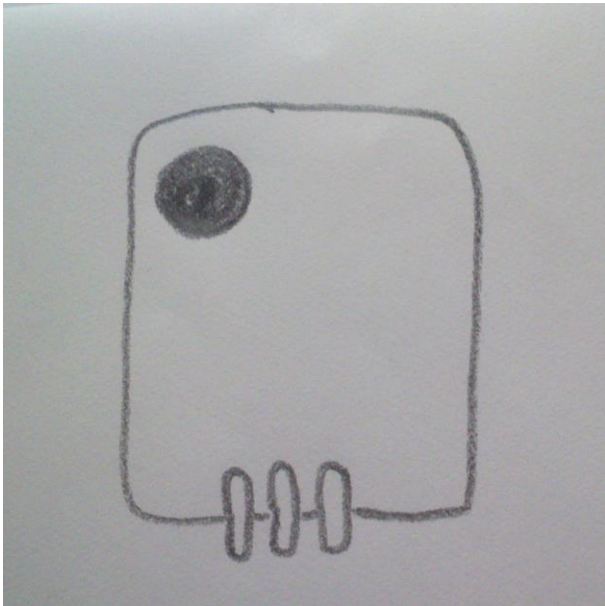


Receptory



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

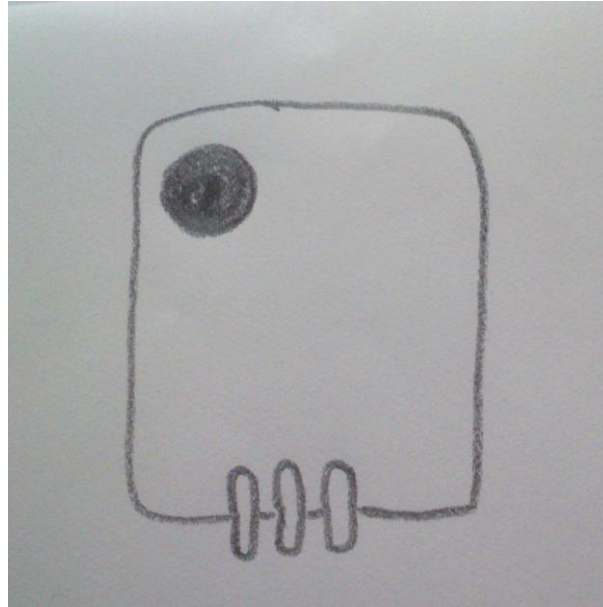
funkce

→ ochranná

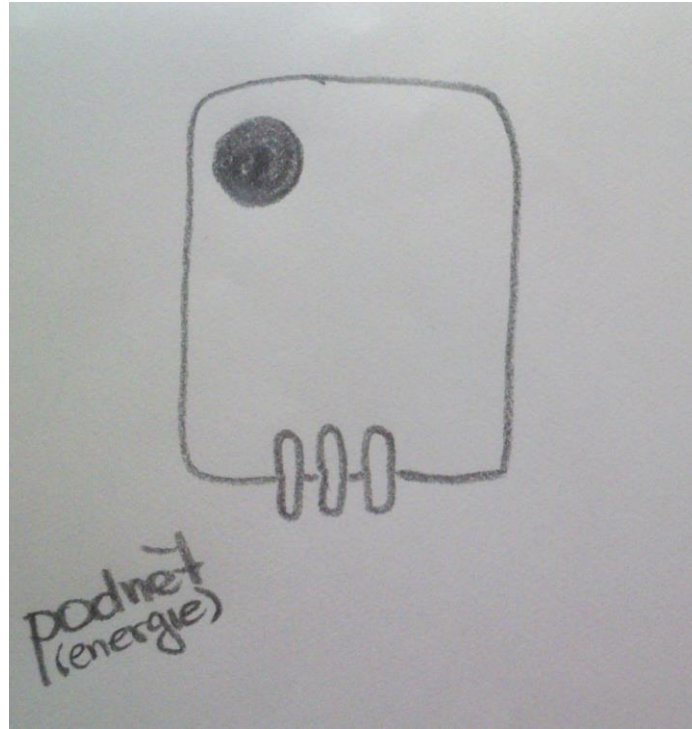
→ transformace/koncentrace signálu

→ převod do/k/na citlivé části receptorových buněk

Receptory



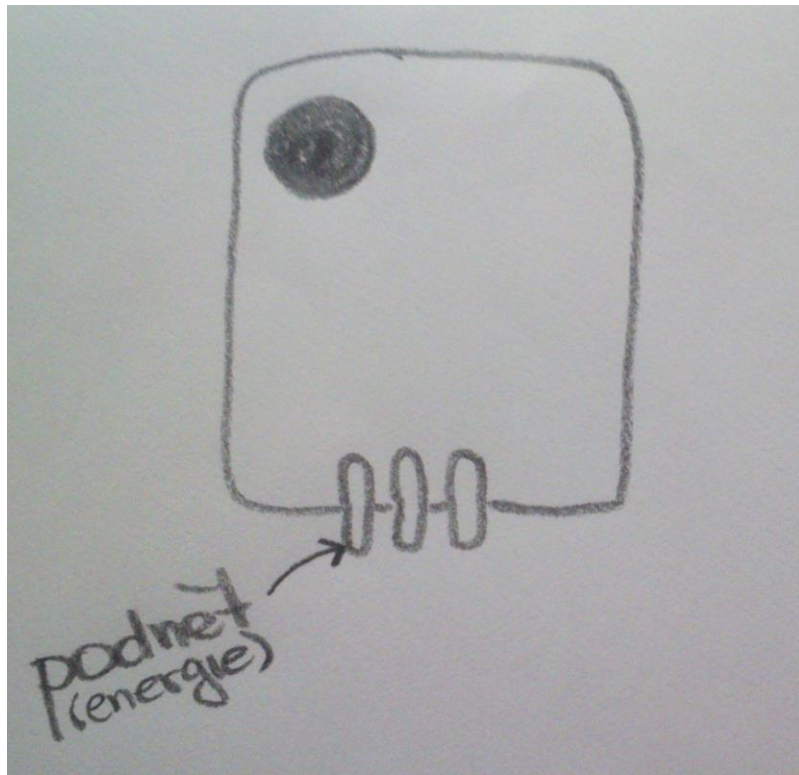
Receptory



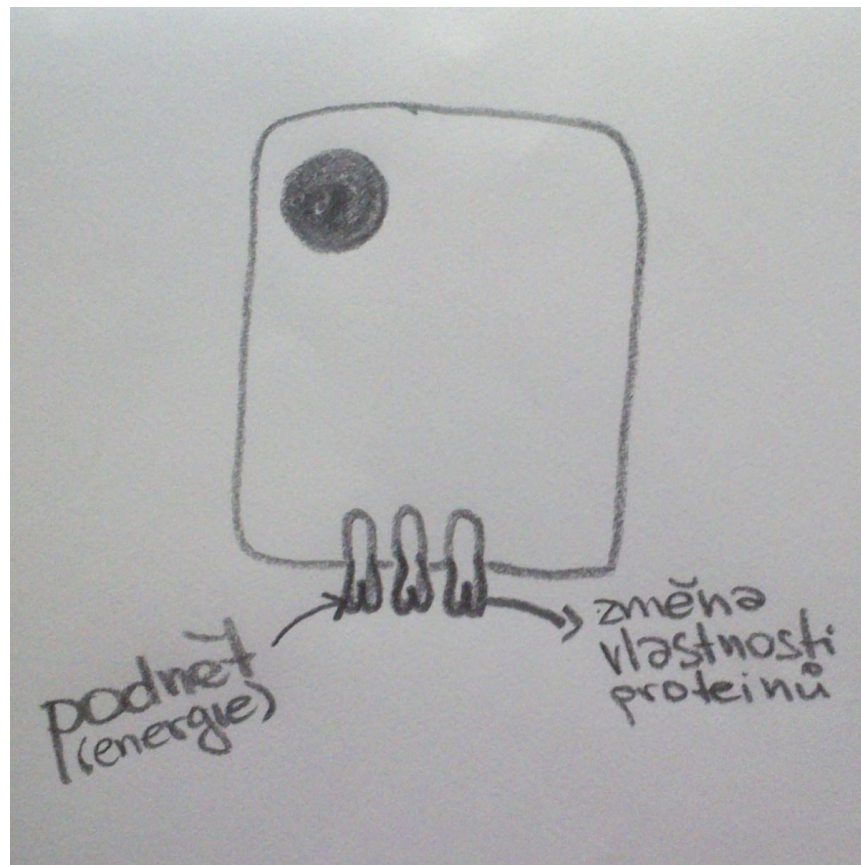
Receptor

- 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

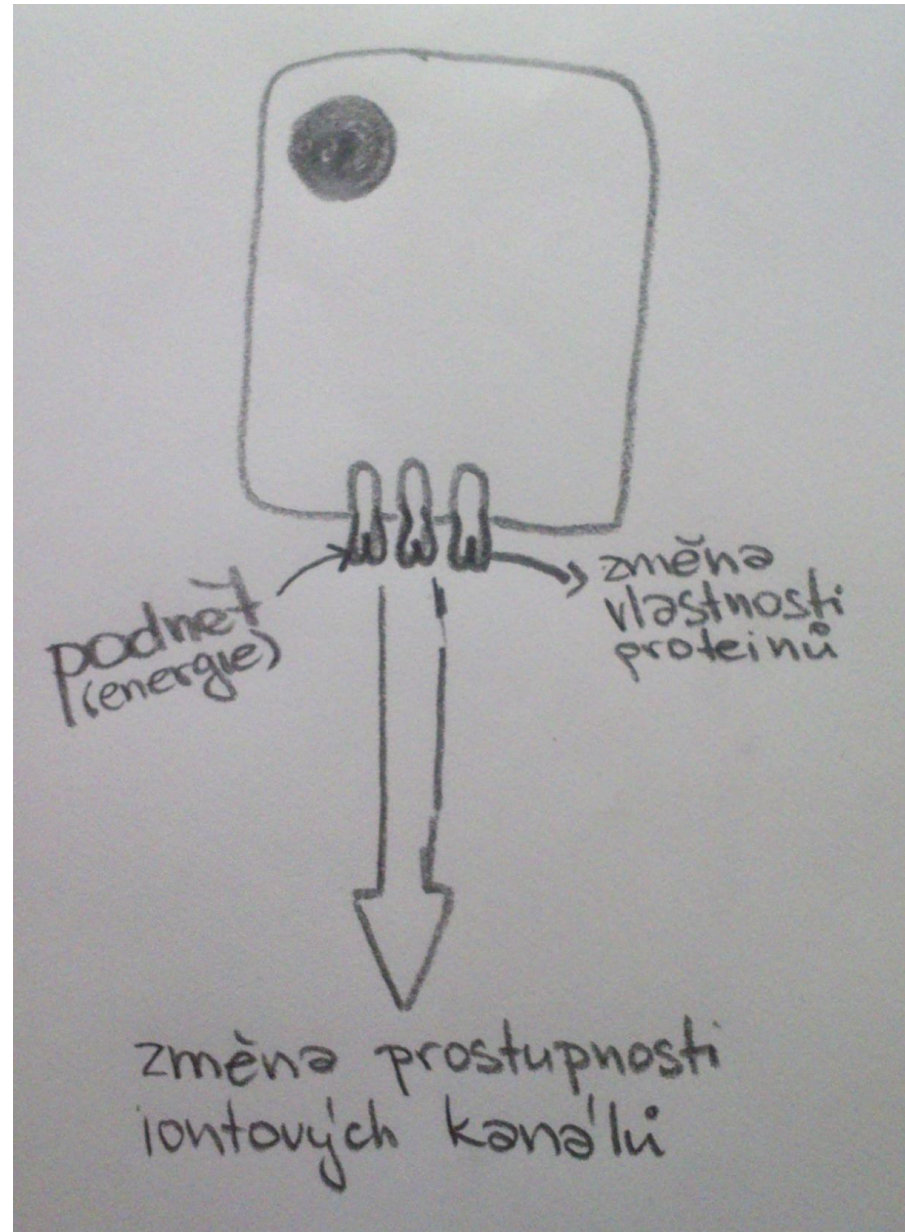
Receptory



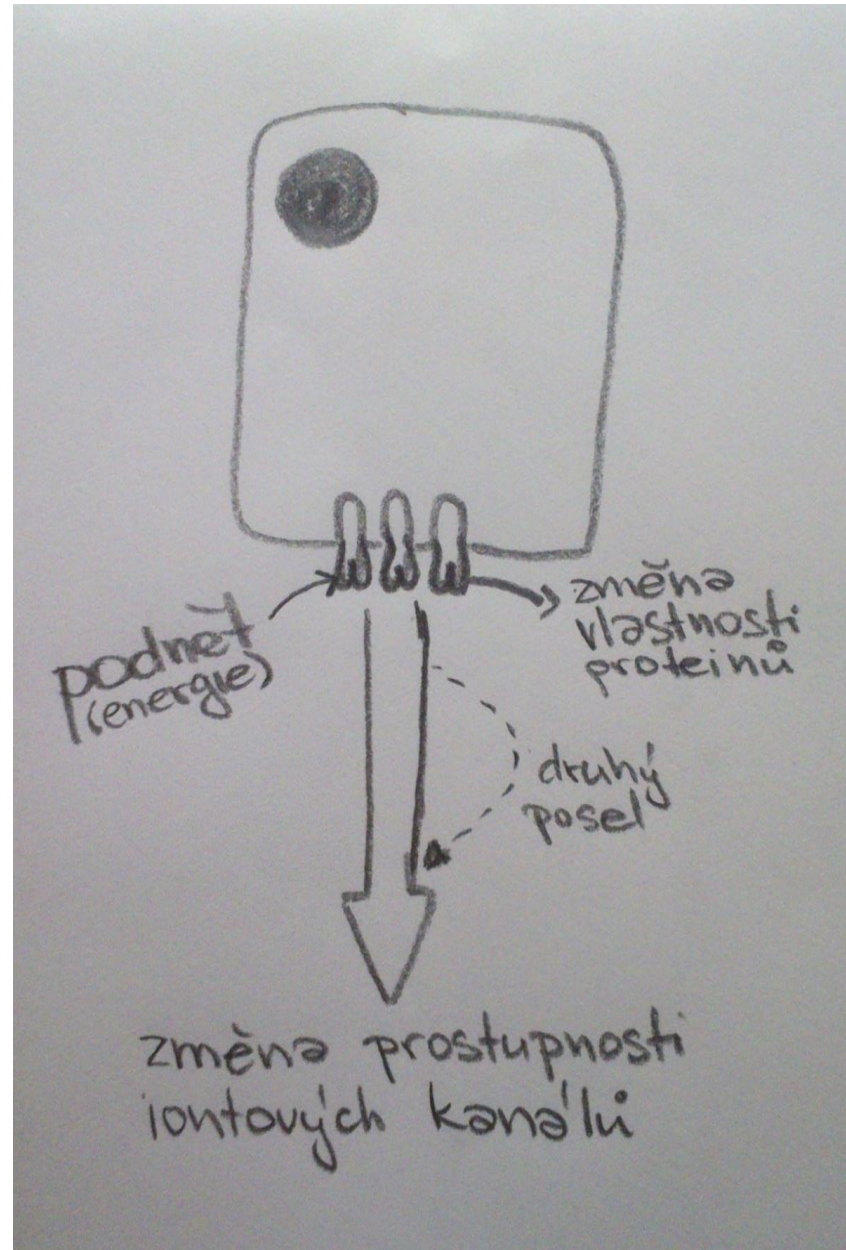
Receptory



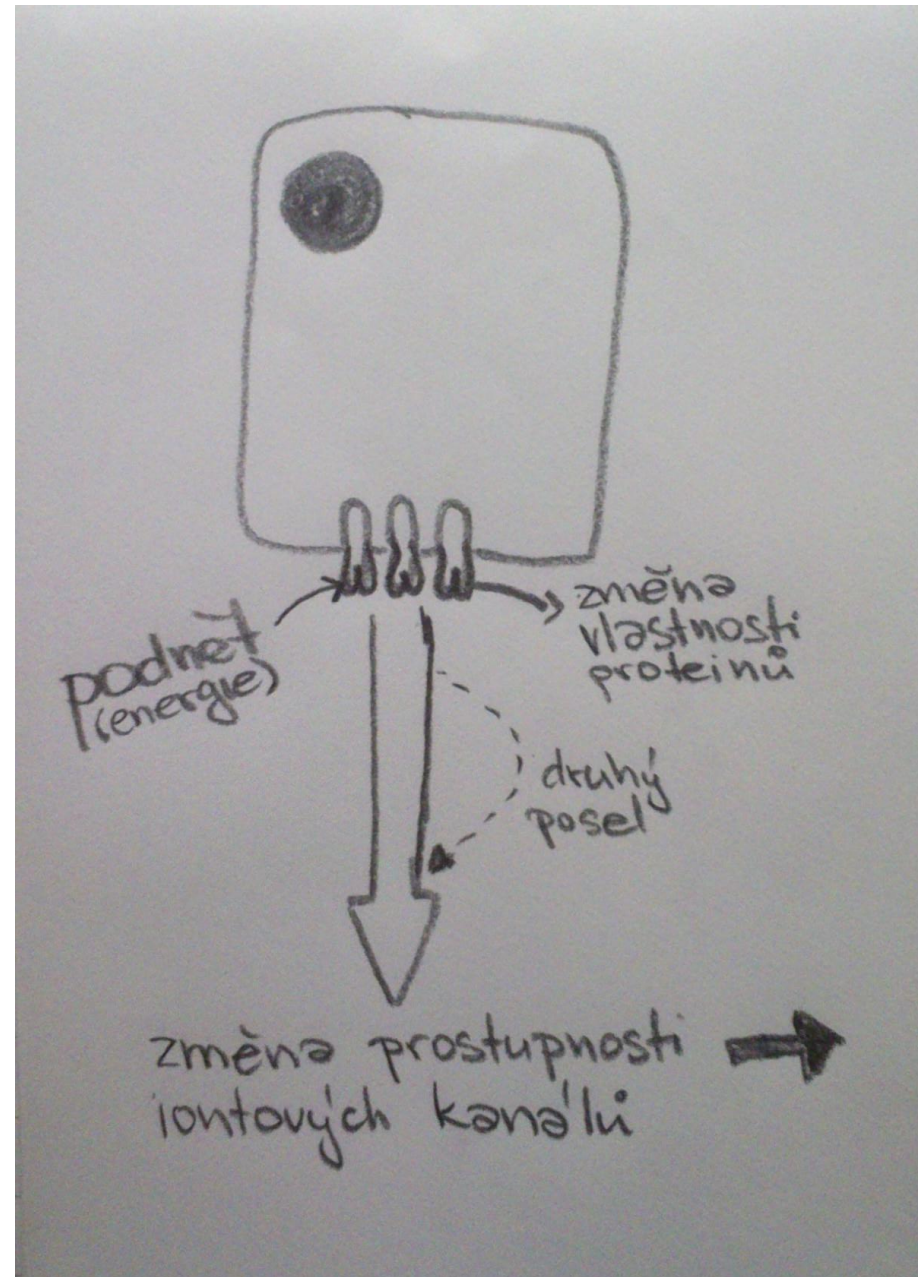
Receptory



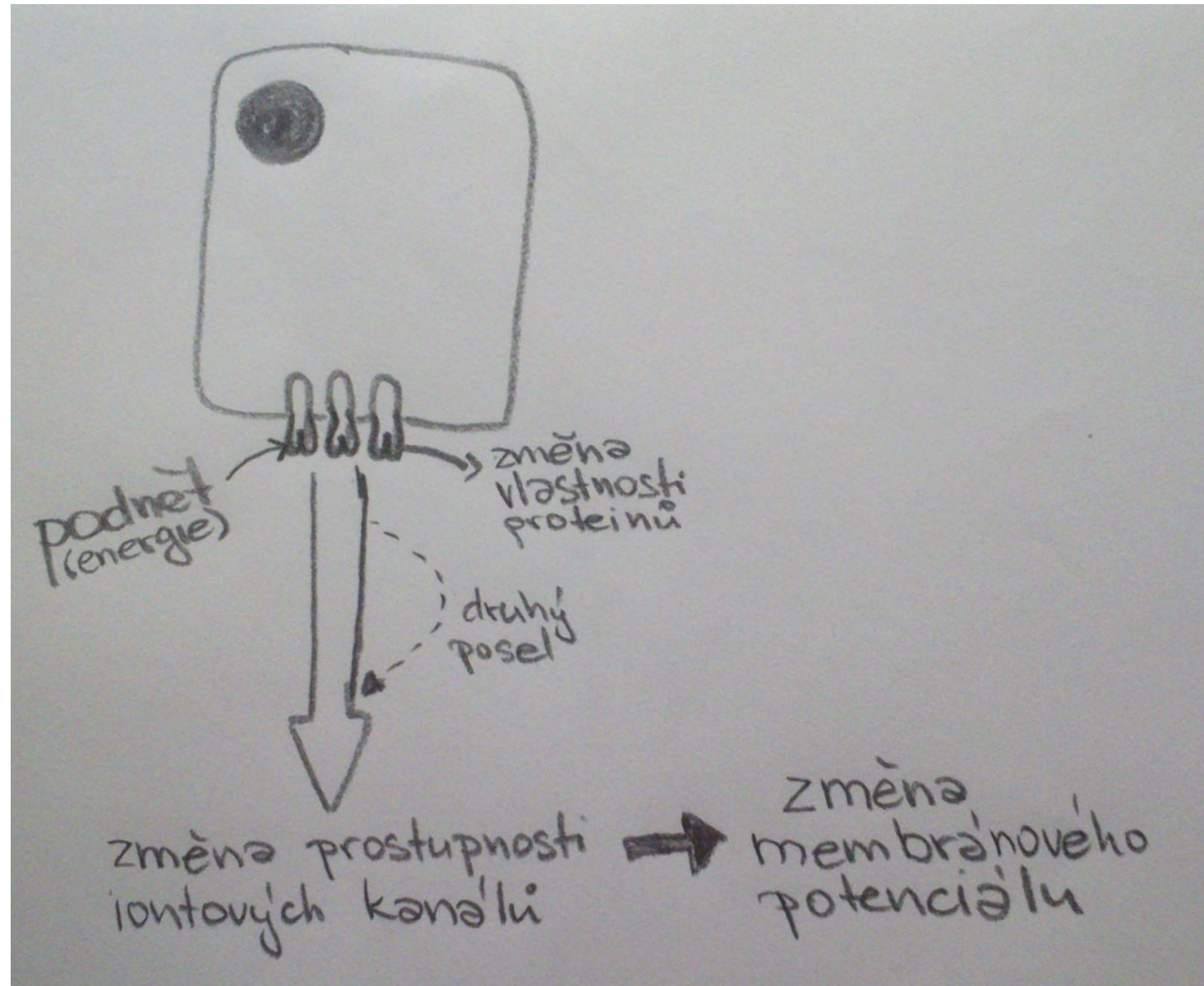
Receptory



Receptory



Receptory



Receptory



Podnět

intenzita = amplituda akčního potenciálu

- relativně nižší při vyšší intenzitě podnětu

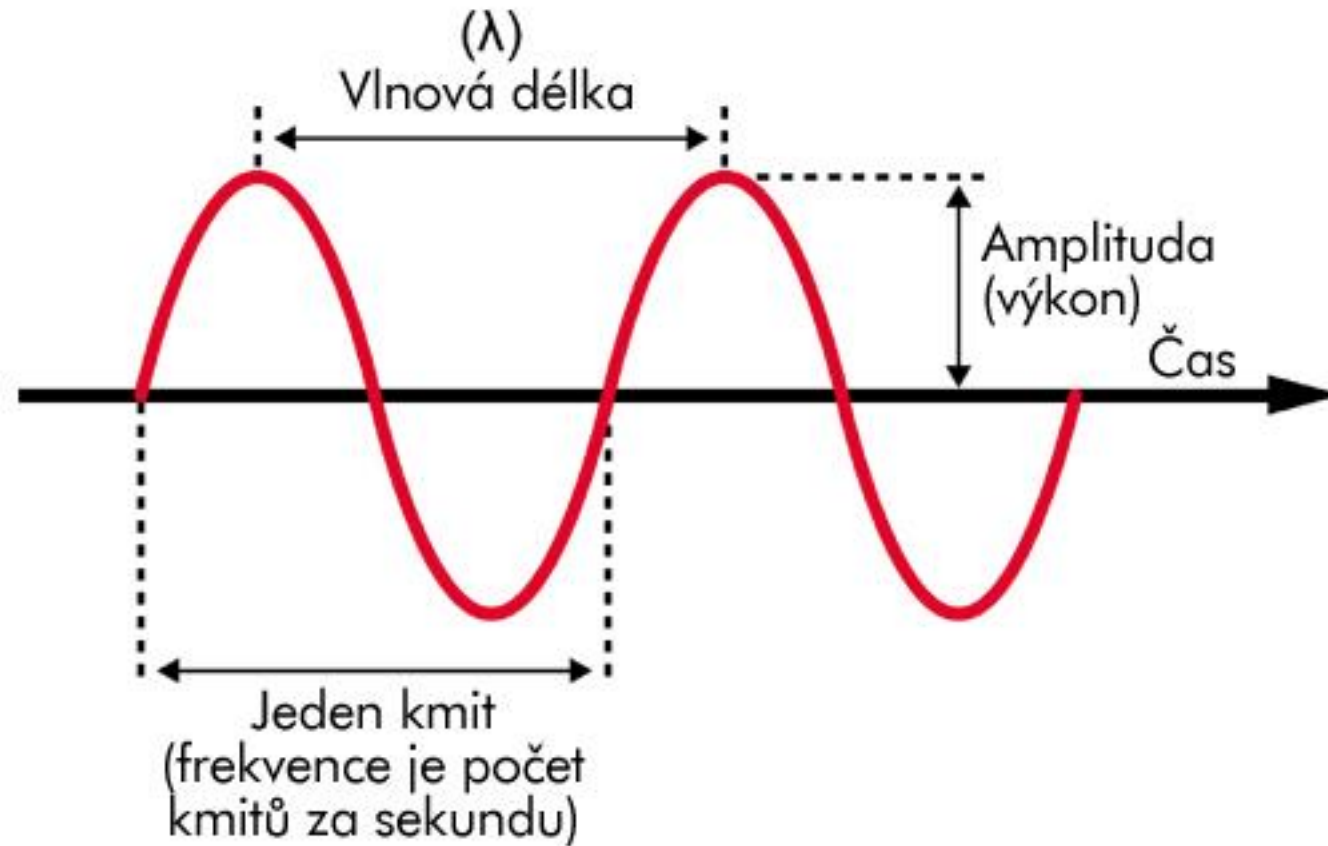
dlouhodobé působení = ADAPTACE

modalita podnětu = výběr specifických receptorů

+ specifické dostředivé neurony

Podnět

intenzita = **amplituda** akčního potenciálu



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)

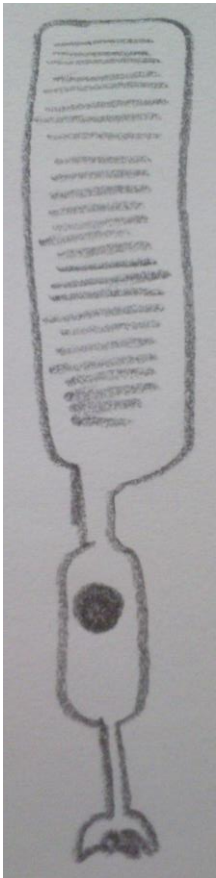
RECEPTOR

nespecifické senzorické dráhy

mozková kůra

Fotoreceptory

- buňky = tyčinky a čípky (3 části)



zevní 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 - rodopsin

- **TMA** – membrána DEpolarizována (= -40 mV)
 - otevřené Na^+ kanály díky cGMP
 - tok K^+ vnitřním segmentem
 - presynaptický útvar – aktivace a otevření Ca^{2+} kanálů
 - rodopsin (-cis forma) → světlo → -trans forma → aktivace cGMP-fosfodiesterázy (pomocí aktivované GTP podjednotky Transducinu)→

Fotoreceptory - rodopsin

→ štěpení cGMP na GMP → uzavření Na^+ kanálů →
HYPERpolarizace → snížení výdeje transmitteru → změna
membránového potenciálu další buňky zrakové dráhy → -trans forma
pomocí rodopsinkináza → konverze na -cis formu → vazba na opsin

Fotoreceptory - rodopsin

Video z Youtube

<https://www.youtube.com/watch?v=Fm45A4yjmvo&list=PL25AE732D9E27096D&index=31>

Od 1:39 do 7:56

Mechanoreceptora

- převod mechanických podnětů na bioenergetický signál
 - nejčastější → kůže (tlak)
 - svaly, šlachy, klouby (hluboké čítí)
 - močový měchýř (tlak)
 - + receptory sluchu, polohy hlavy
- = mechanicky řízené iontové kanály
- záklopy připojeny vláknem k cytoskelety
 - deformace buňky → vlákno → otevření/uzavření iontového kanálu

Mechanoreceptora

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

chemická látka → senzor

→ změna prostupnosti iontových kanálů na membráně

→ receptorový potenciál (DEpolarizace - HYPERpolarizace) → presynaptický oddíl buňky → změna výdeje mediátoru

Termoreceptory

pomalá adaptace → termocitlivé iontové kanály pro Ca^{2+} → vznik receptorového potenciálu

- lepší lokalizace při působení i tlakového podnětu

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

Senzorické vjemy

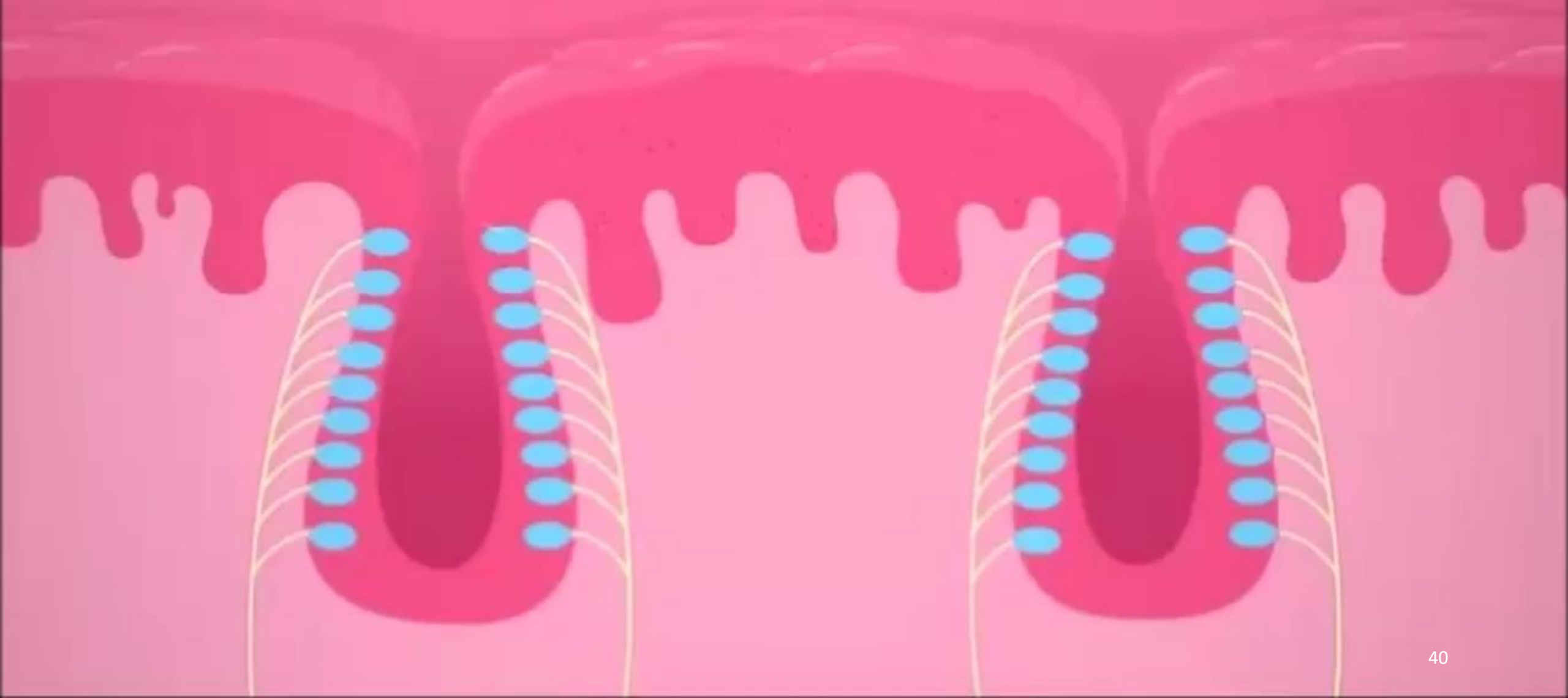
= vstup aferentní informace do vědomí

**Není odrazem podnětu ale
je výsledkem procesu výběru informací!**

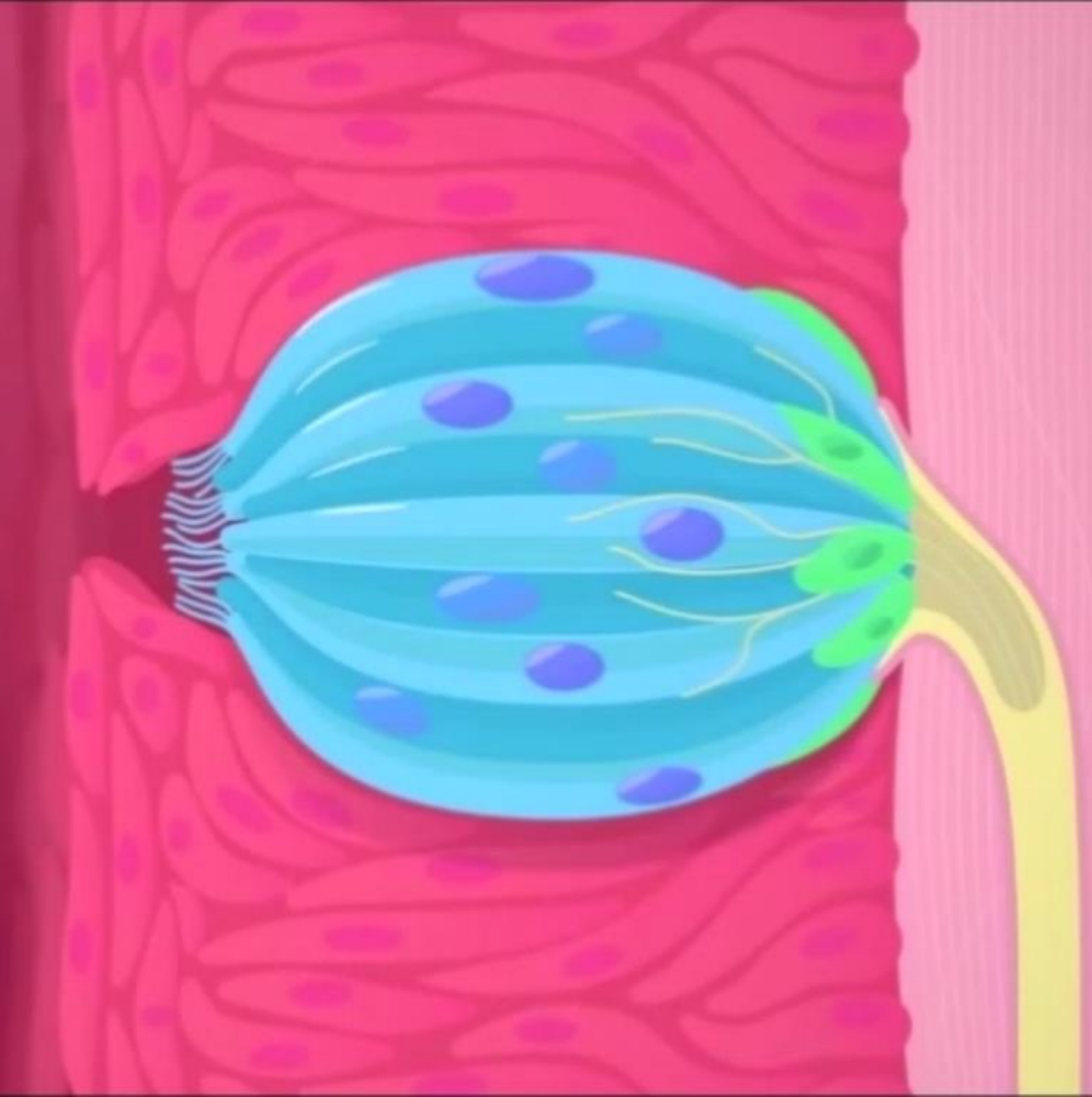
Chuť

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

Chut'



Chut'



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

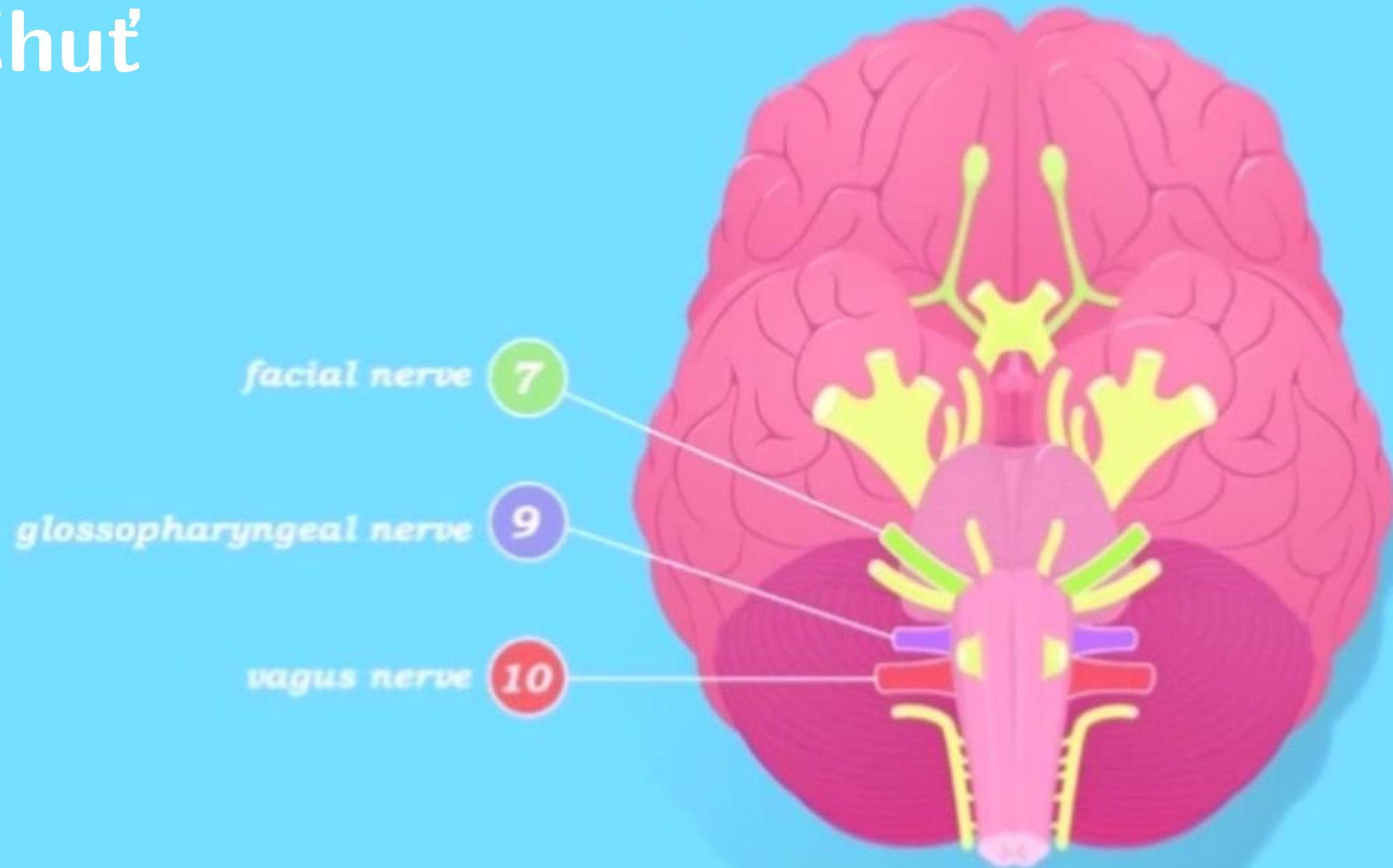
→ VII. = *n. facialis* (lícní nerv)

→ IX. = *n. glossopharyngeus* (jazykohltanový nerv)

→ X. = *n. vagus* (bloudivý nerv)

→ chuťová centra **mozkového kmene** projekce i do **talamu** a **mozkové kůry** + **retikulární formace** mozkového kmene a **lymbický systém** (hypotalamus) = emoce

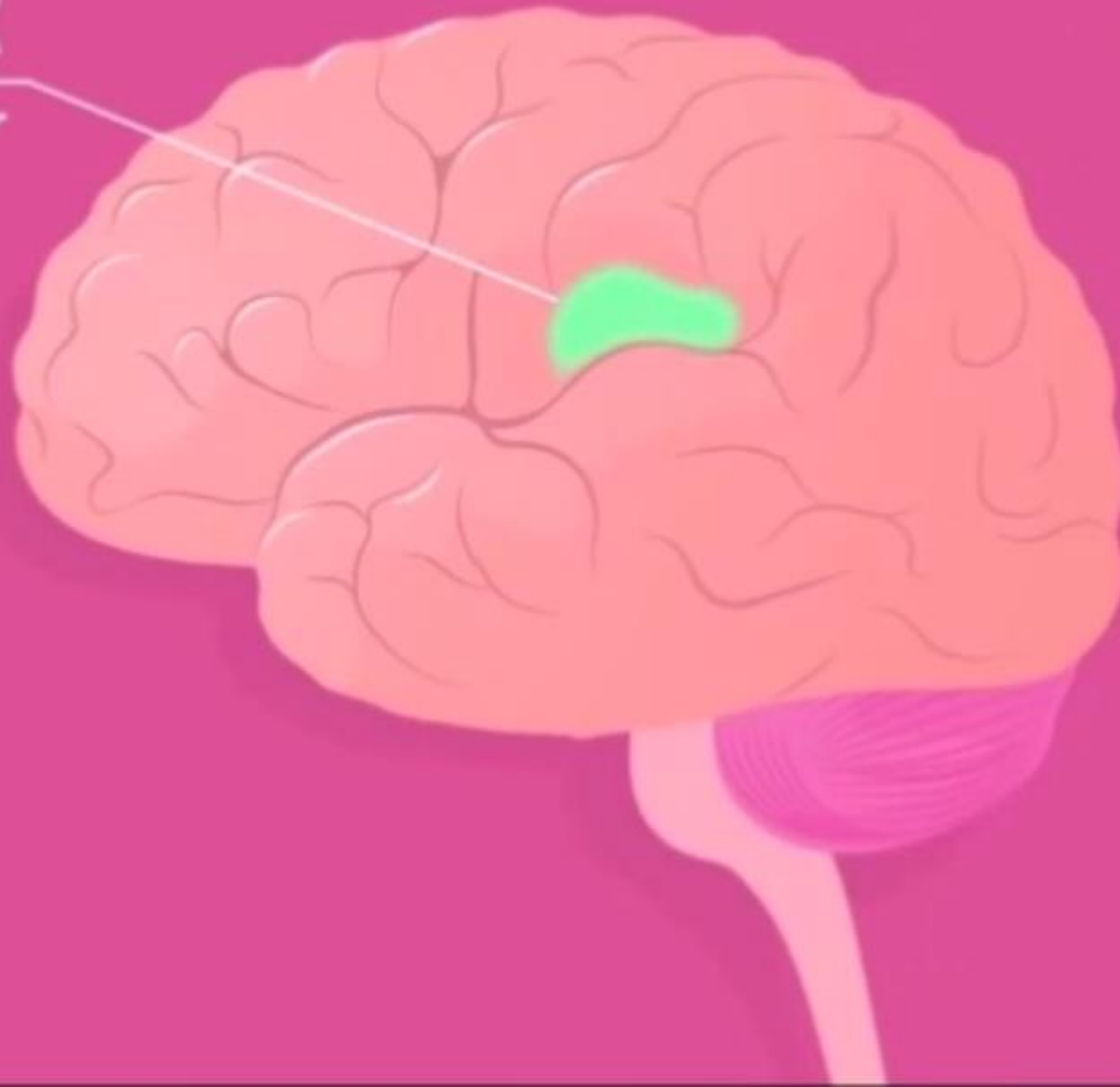
Chut'



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

čichové dráhy z *bulbus olfactorius*

→ různé oddíly mozku

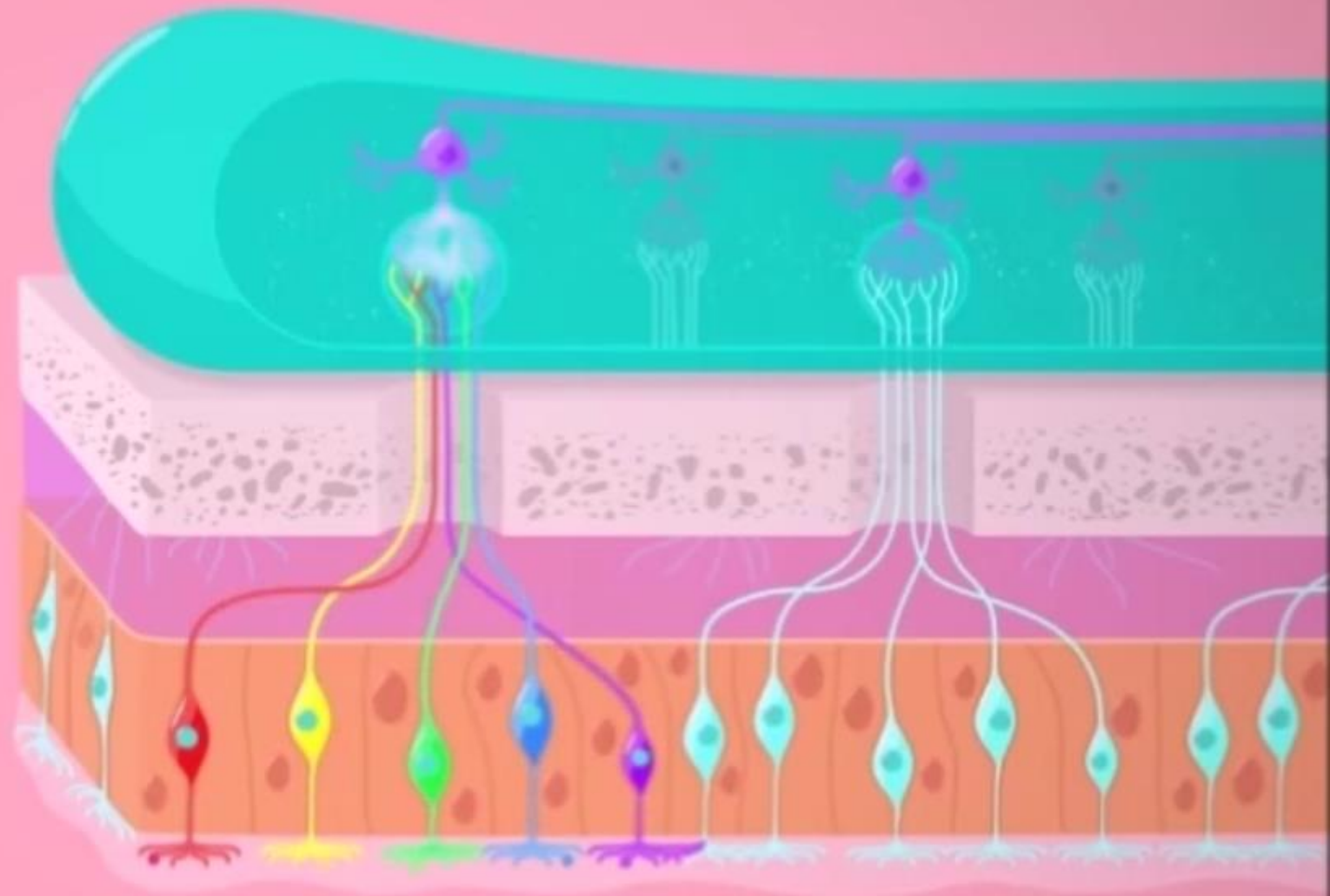
- **korová** projekce + projekce do **lymbického systému**

= emoční zabarvení čichových vjemů

Čich



Čich



Čich

OLFACTORY CORTEX
OLFACTORY TRACT



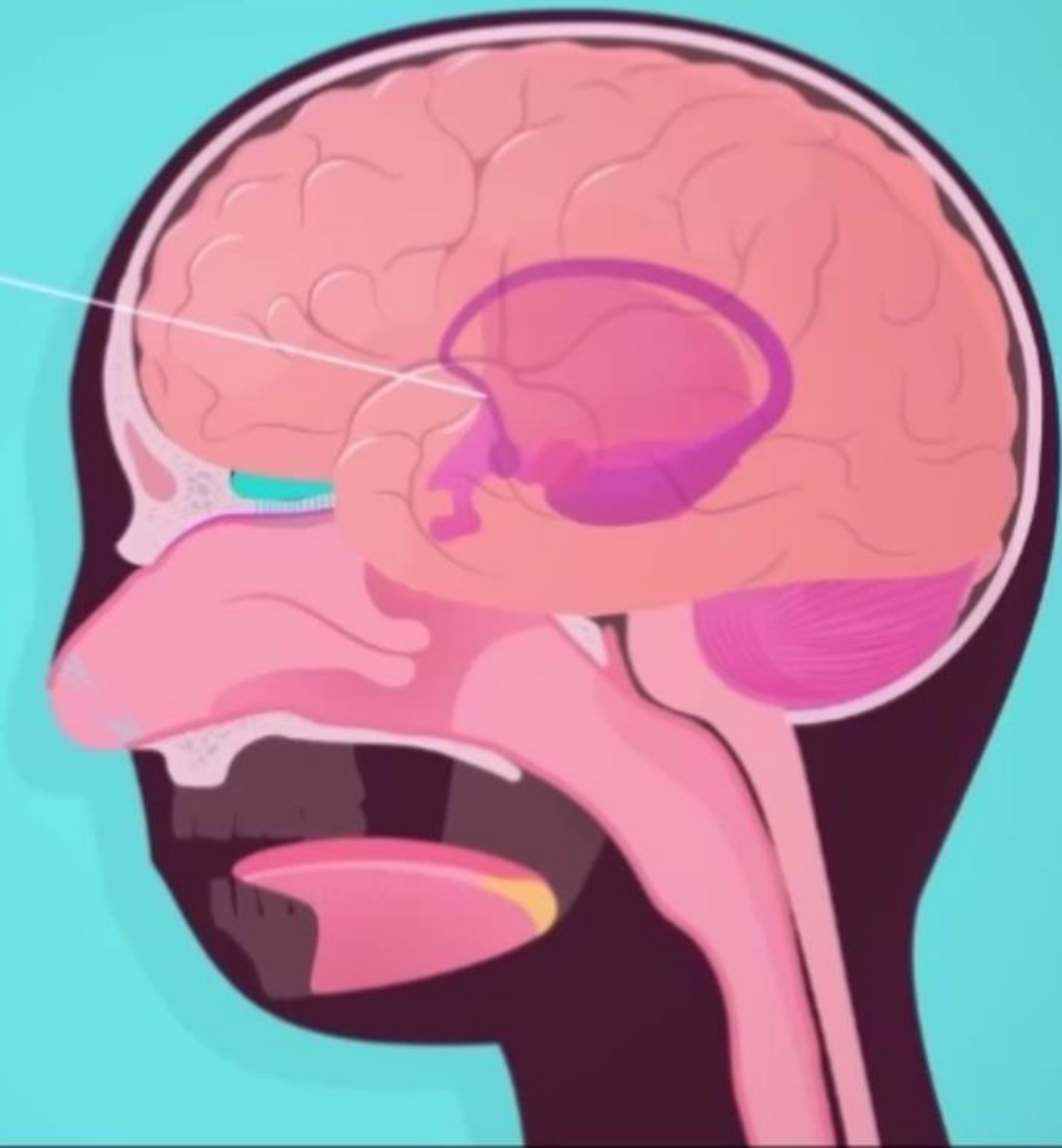
Čich

FRONTAL CORTEX



Čich

LIMBIC SYSTEM



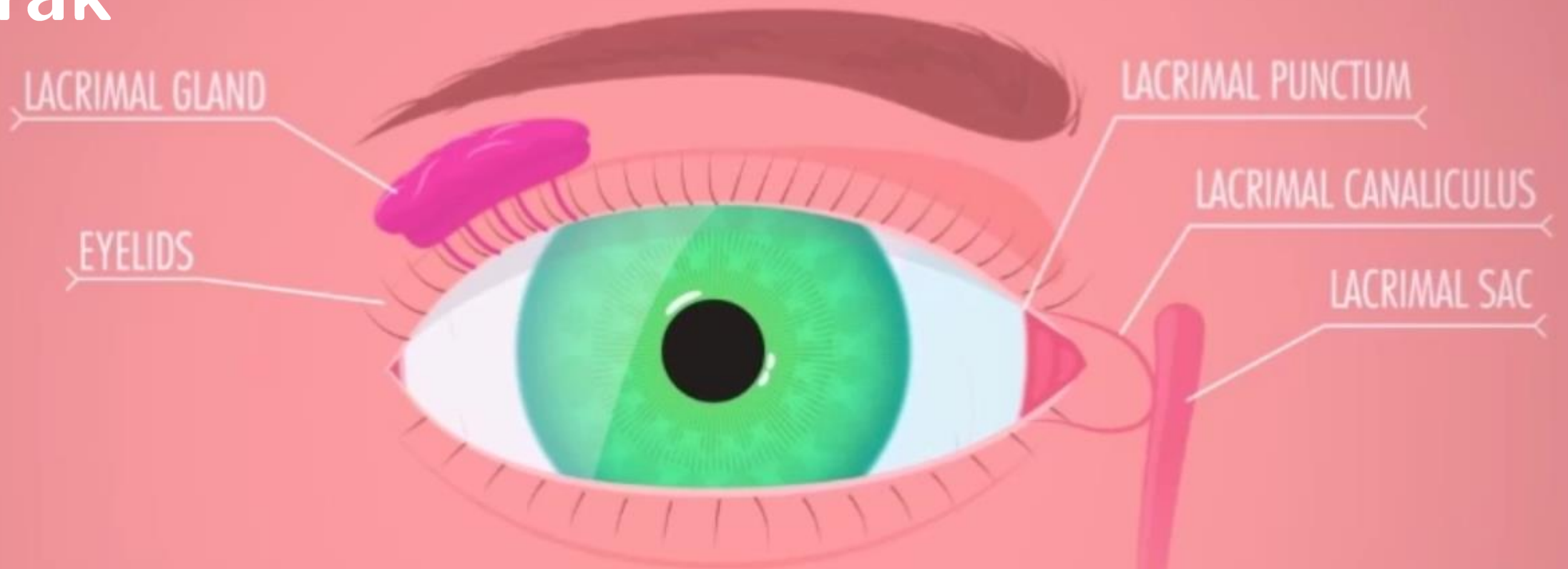
Zrak

- vnímání
 - elektromagnetického záření 400-750 nm
 - jasů
 - 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

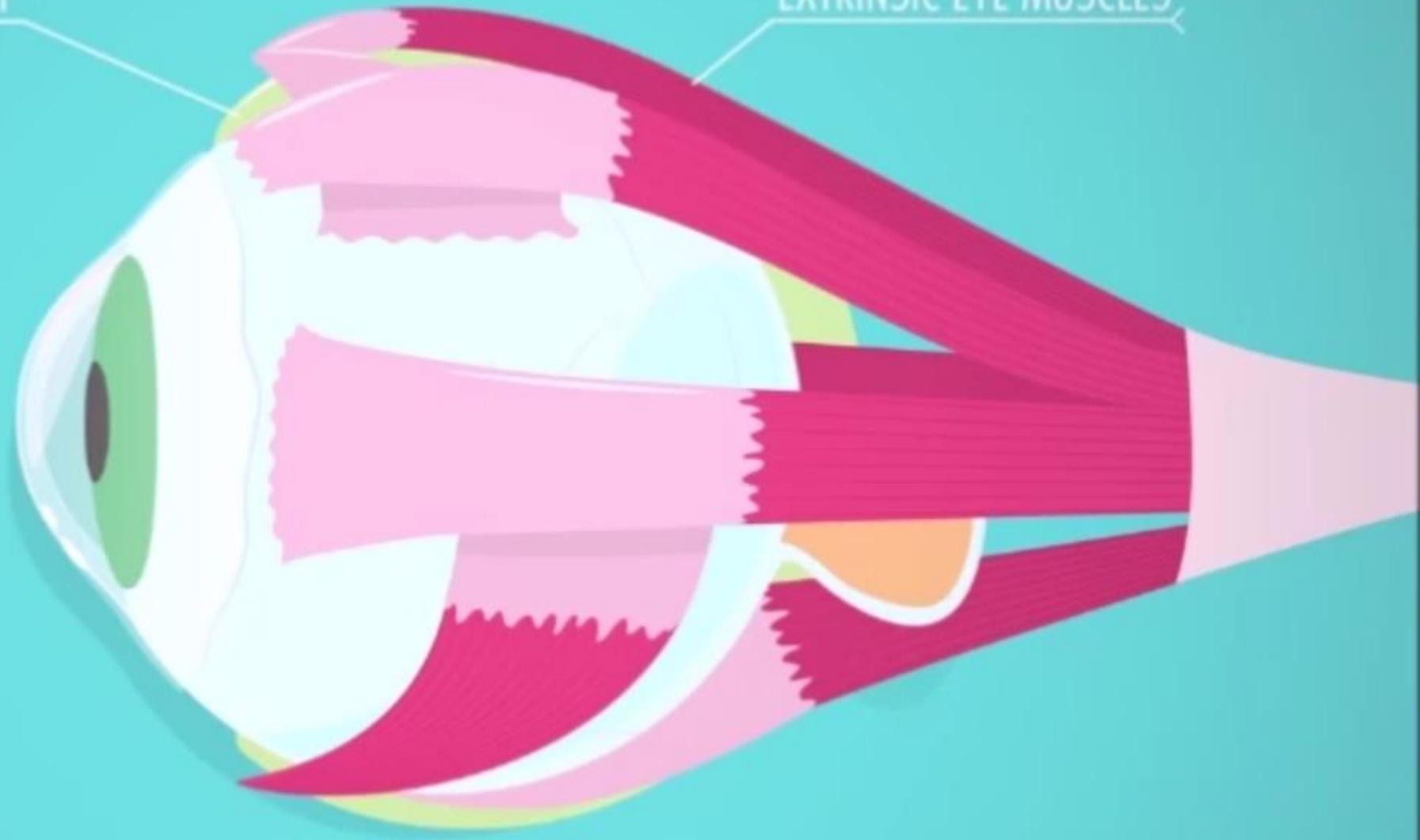
Zrak



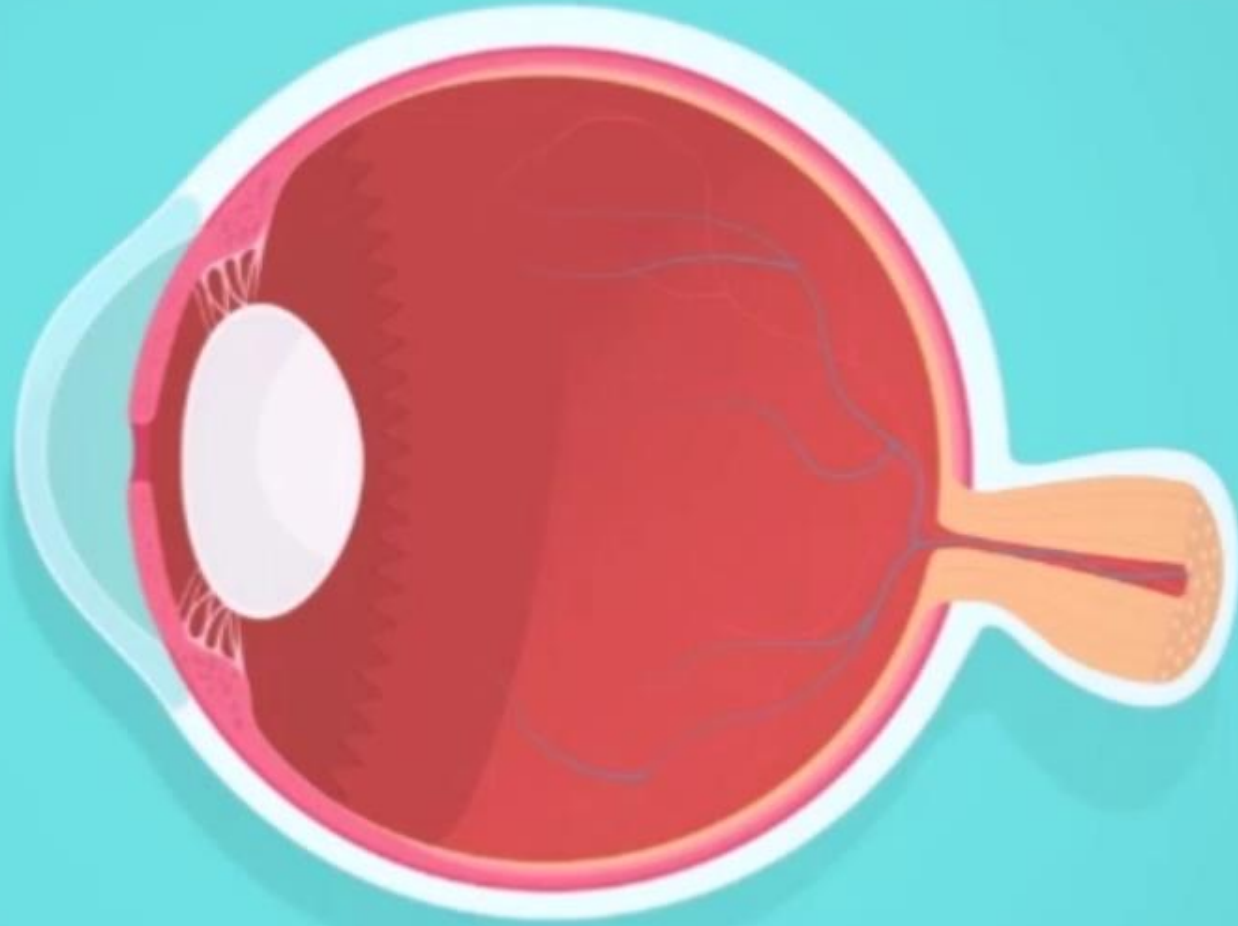
Zrak

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)

vady čočky

- 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

- čípky
- tyčinky
- bipolární neurony
- gangliové buňky

Zrak

zraková dráha

tyčinky + čípky

→ bipolární neurony

→ gangliové neurony

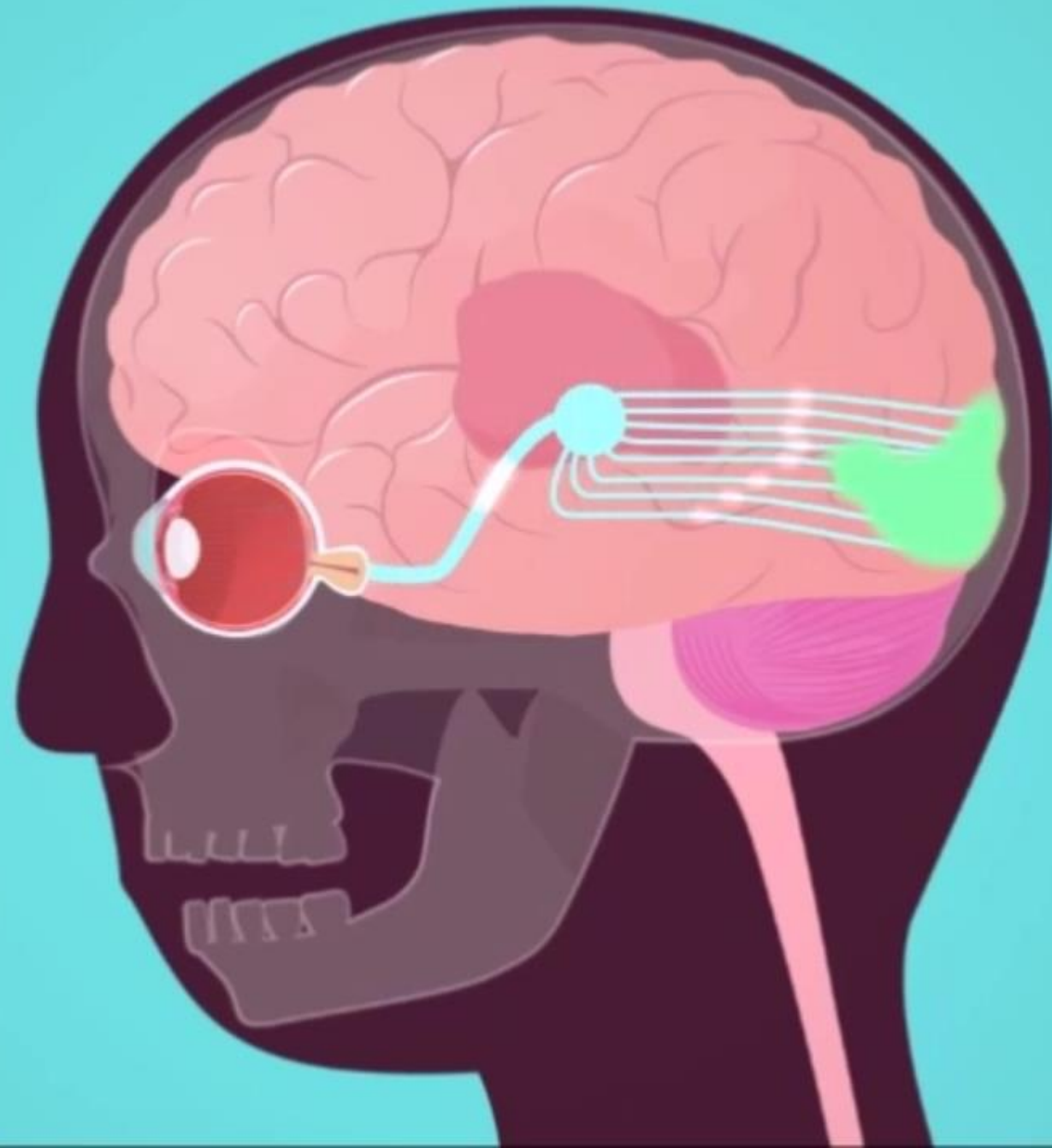
→ zrakový nerv

→ **talamus**

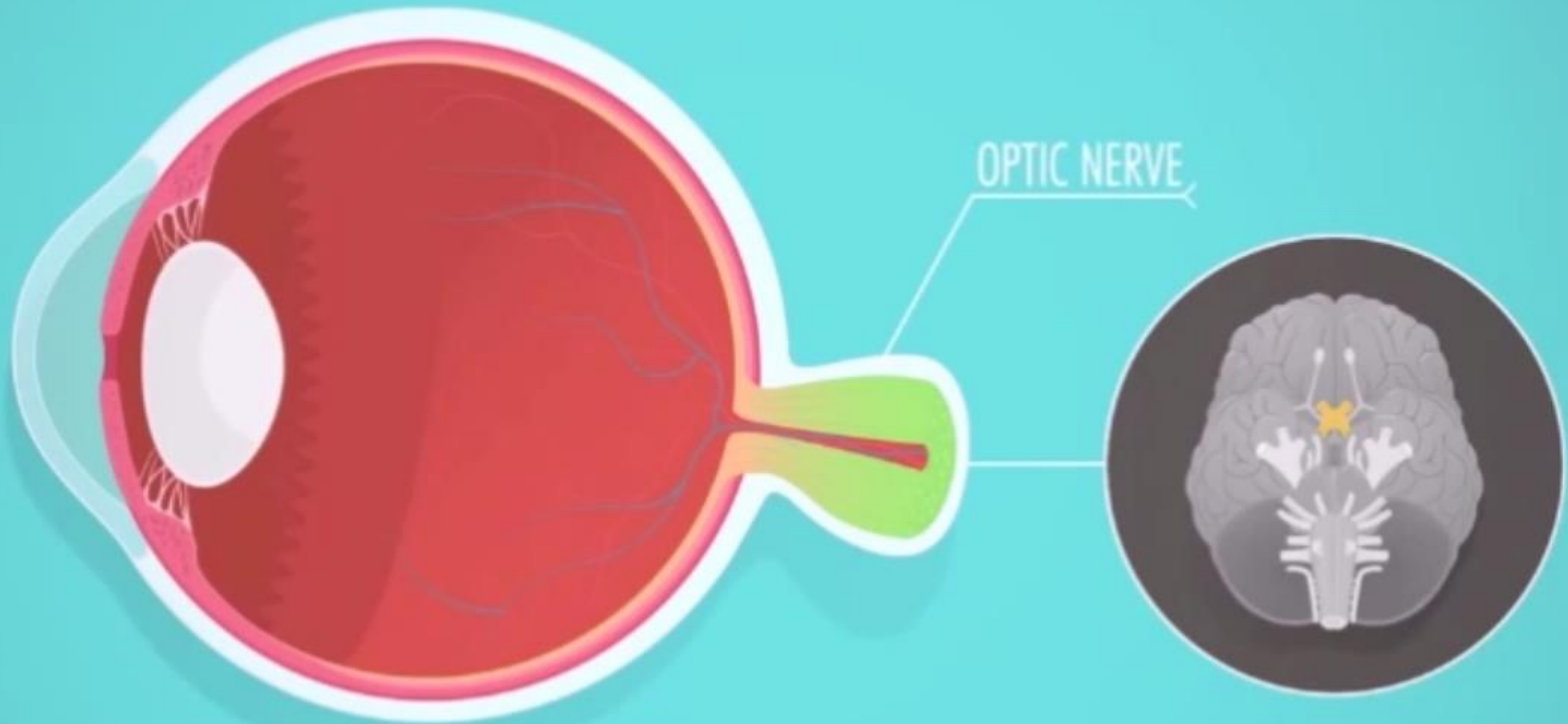
→ týlní oblast **mozkové kůry** (+ vlákna do jader **mozkového kmene**, **mozečku**, **retikulární formace**)

- axony gangliových buněk – křížení = *chiasma opticum*
 - každá mozková hemisféra – informace ze **stejnolehlé** poloviny oka

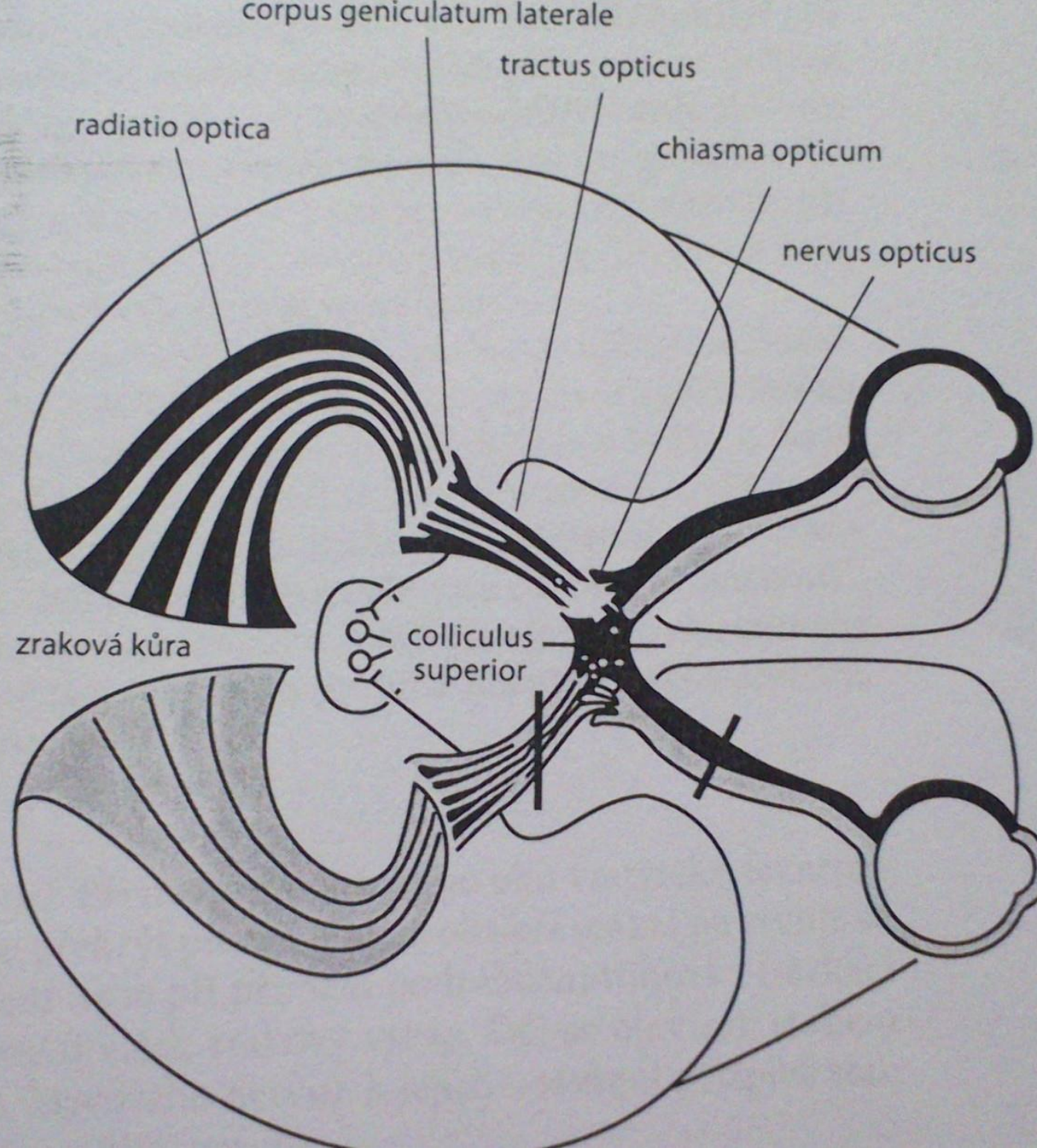
Zrak



Zrak



Zrak



Zrak

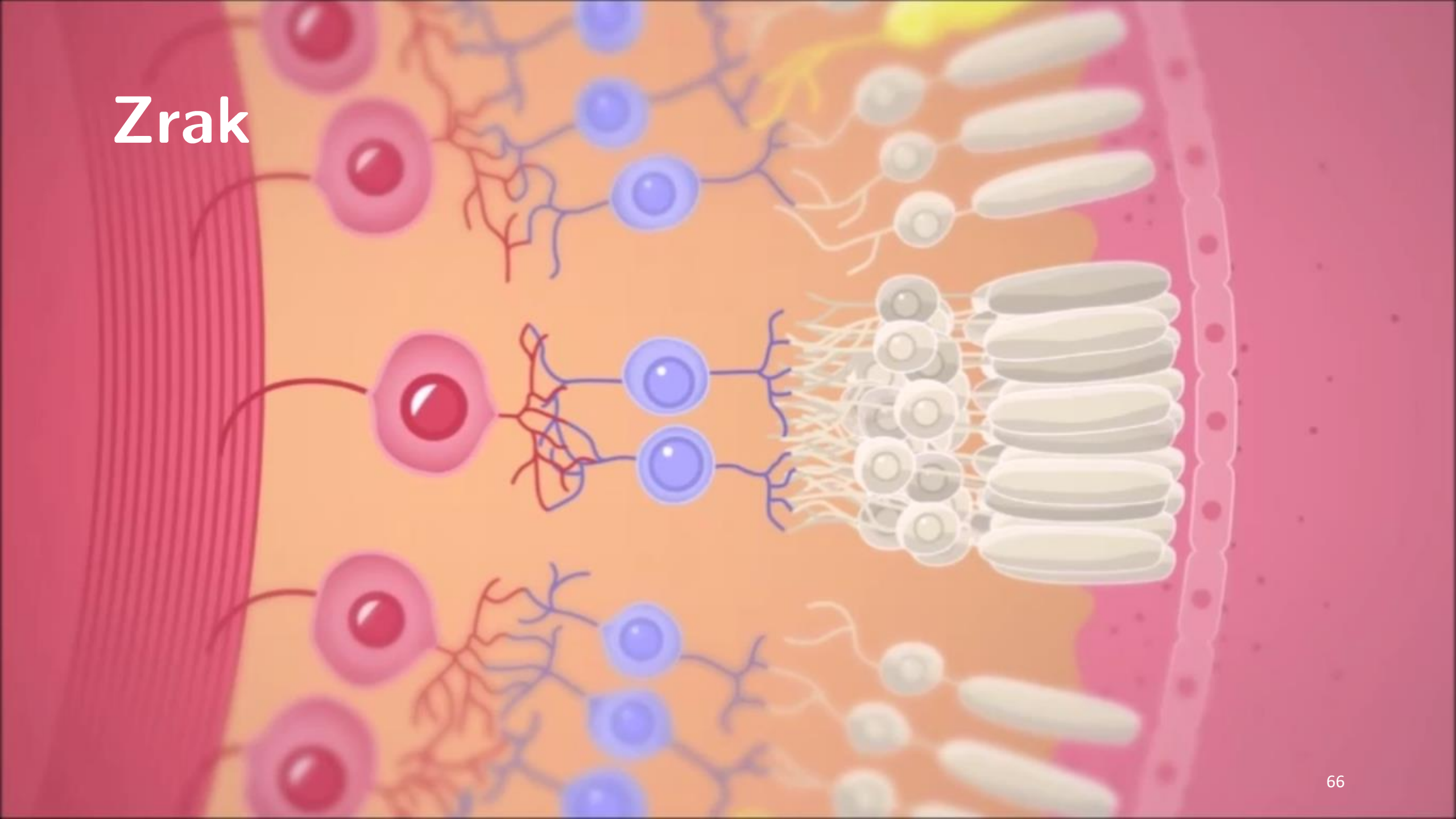
čípky

- v centrálních partiích sítnice
- přímé spojení do vyšších oddílů mozku
- 3 druhy – barevné vidění
- 1 čípek = 1 bipolární neuron

tyčinky

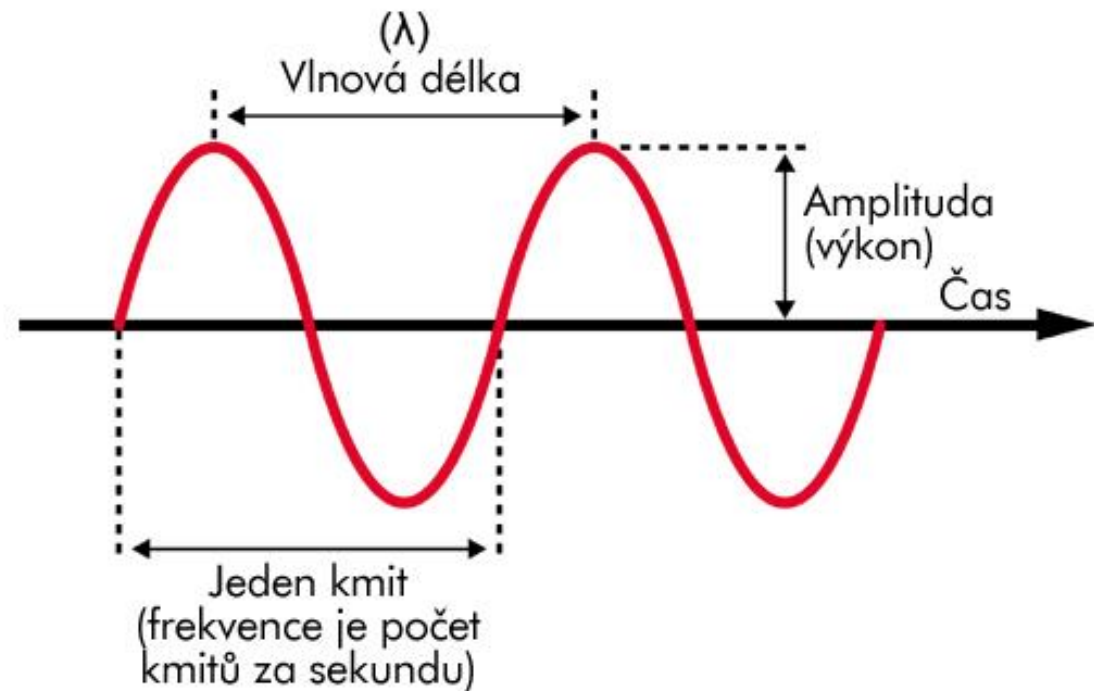
- citlivější
- vidění v horších světelných podmínkách
- konvergence = neurony své dráhy sdílejí → sčítání signálu
→ vyšší citlivost

Zrak



Sluch

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



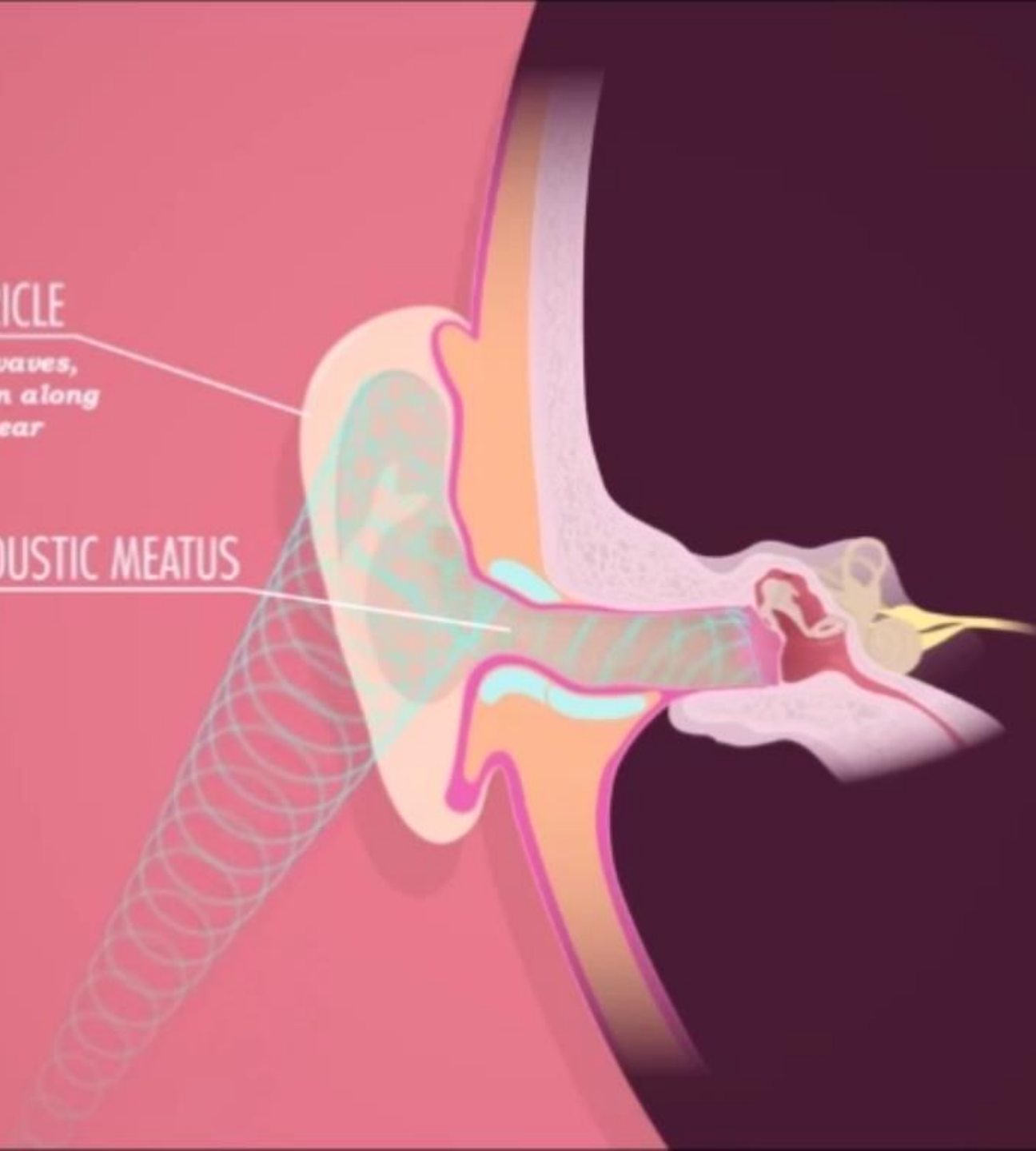
Sluch

PINNA or AURICLE

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

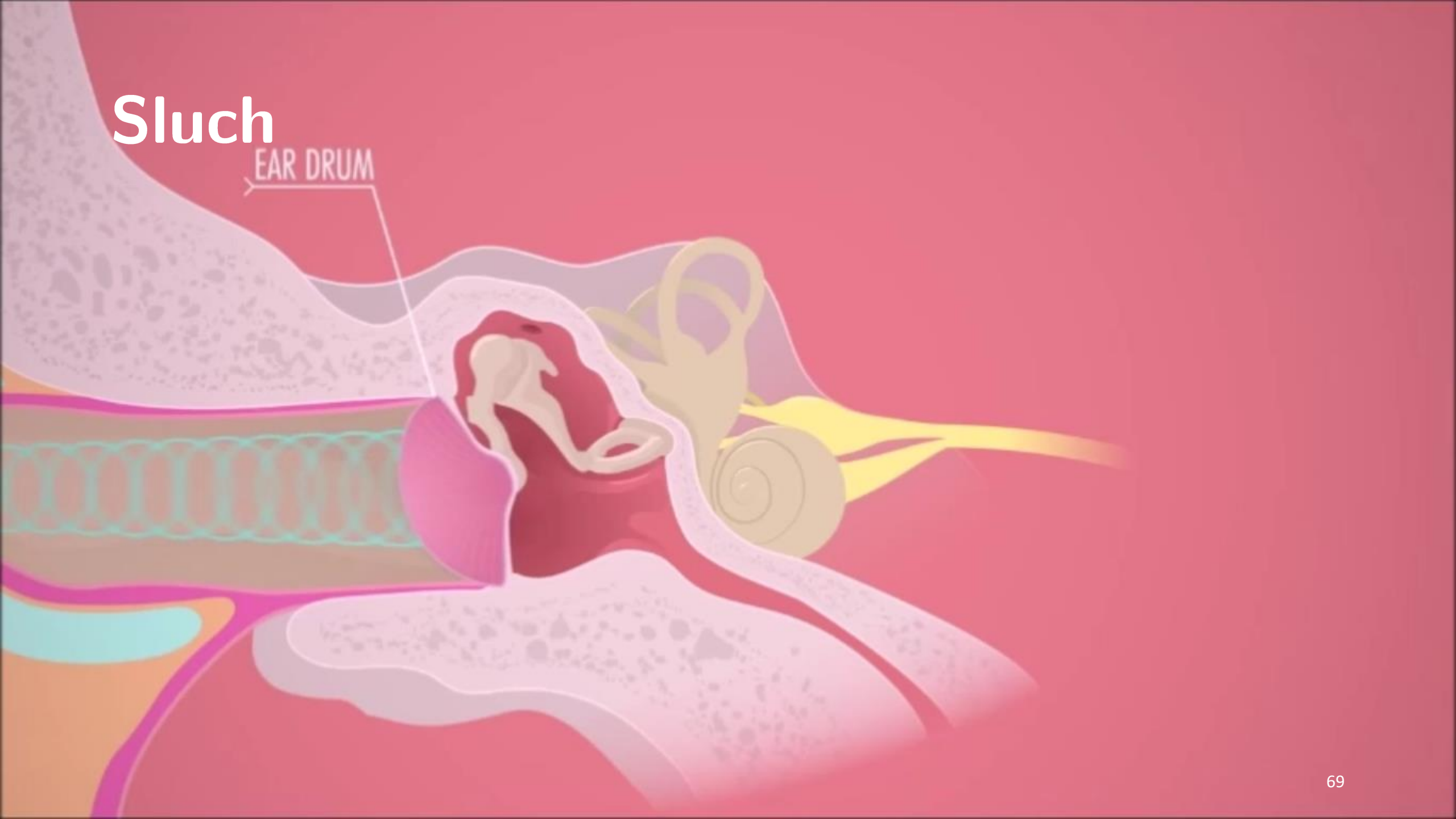
EXTERNAL ACOUSTIC MEATUS

auditory canal



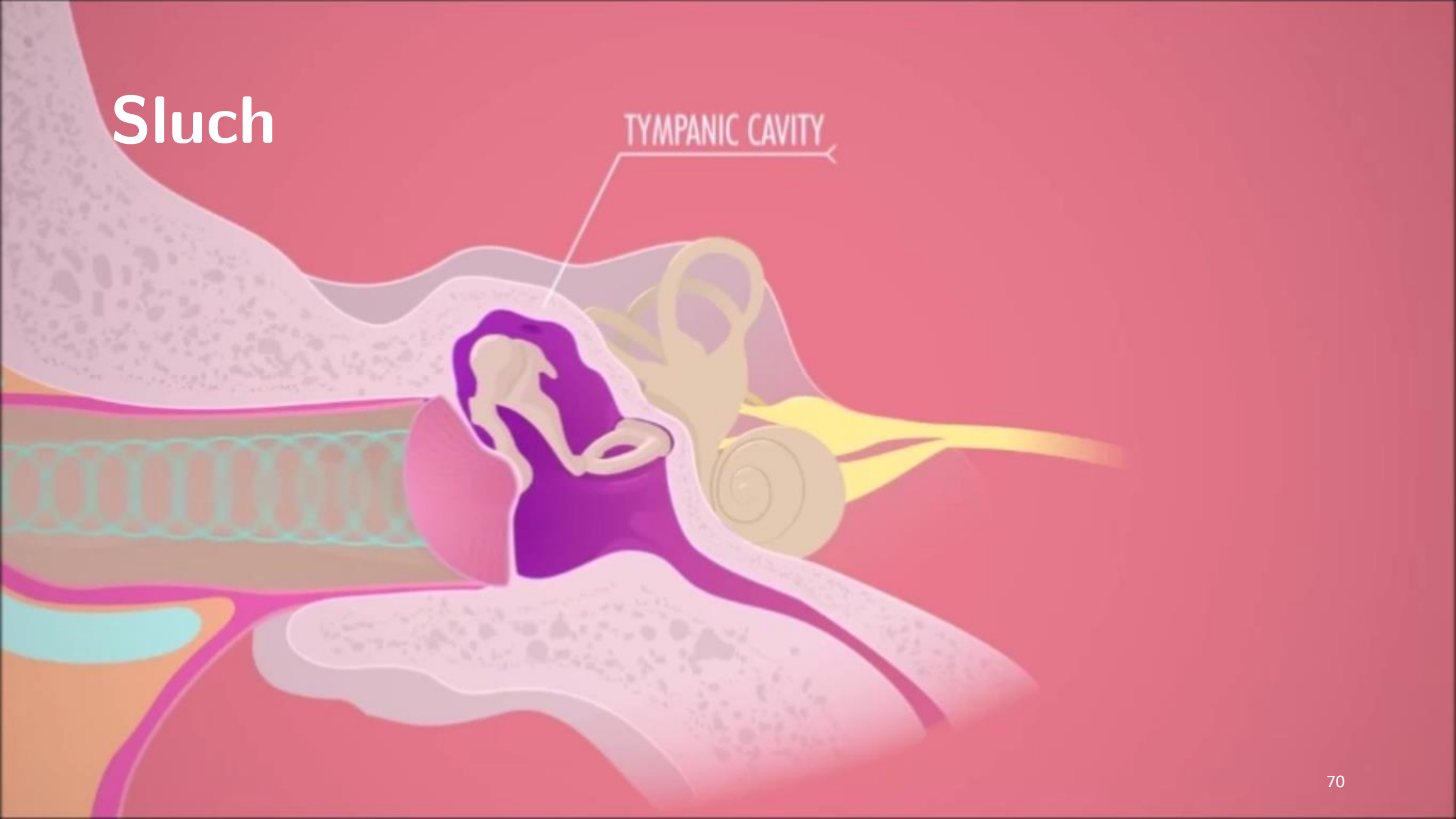
Sluch

EAR DRUM

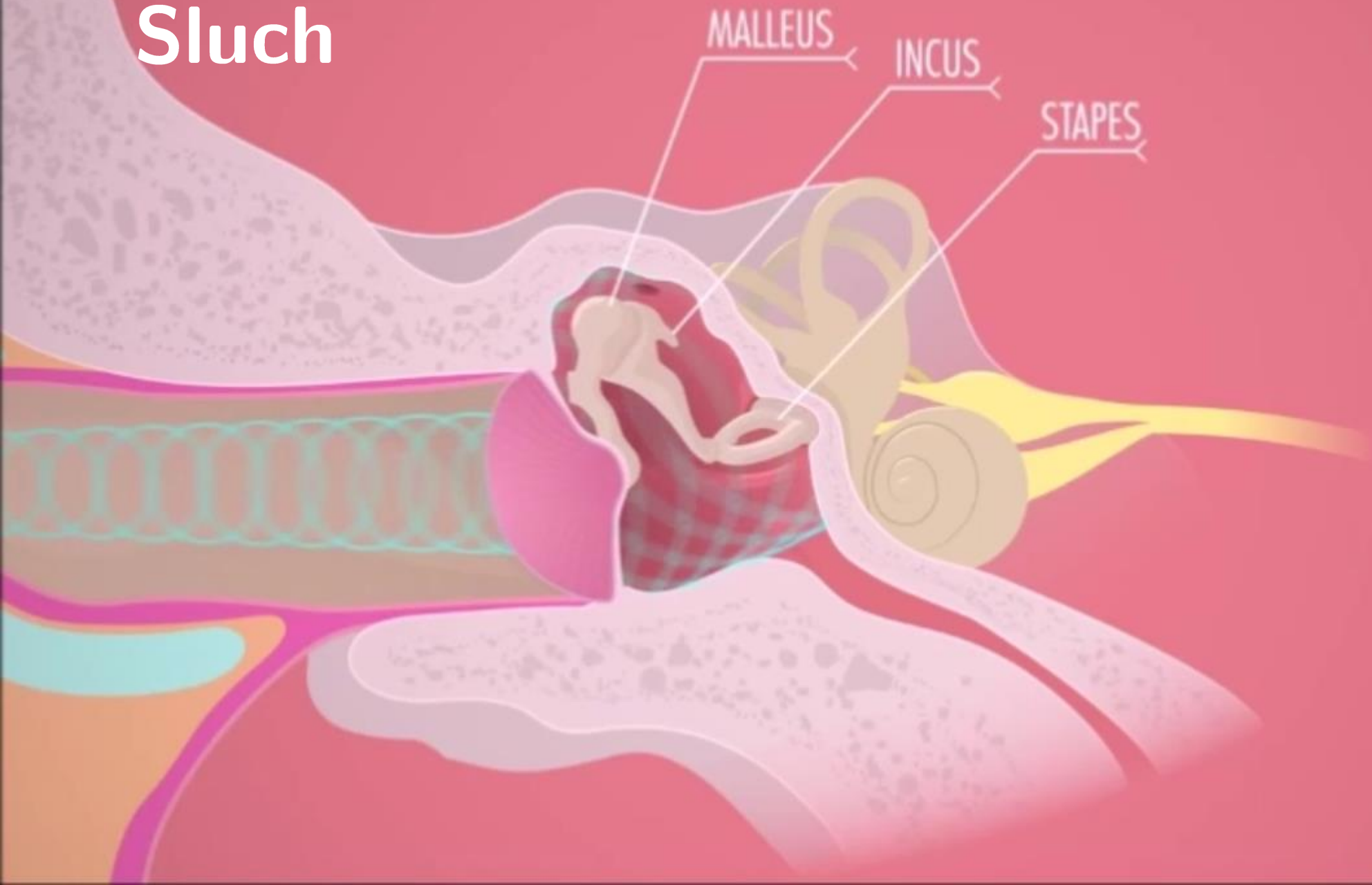


Sluch

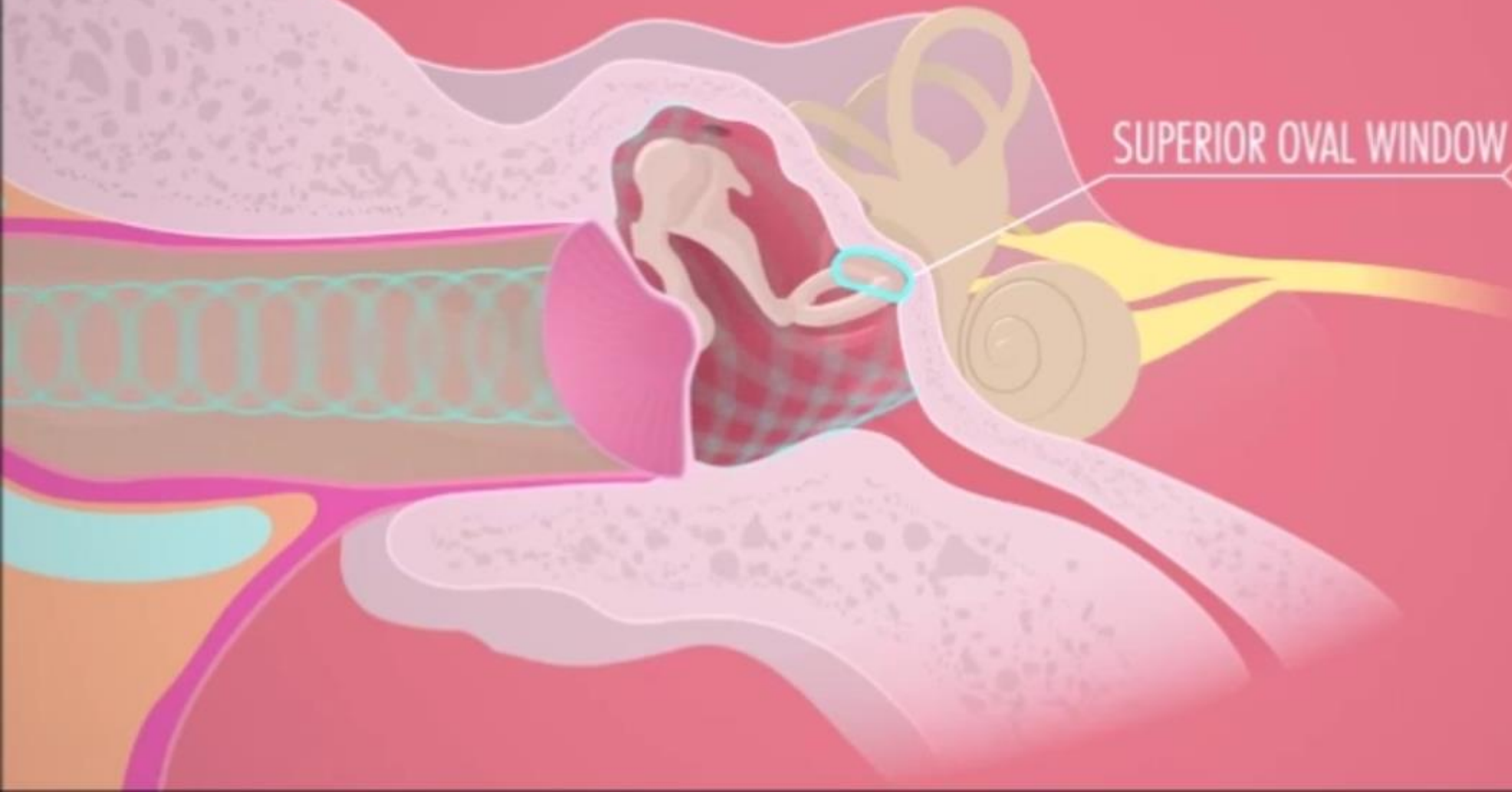
TYMPANIC CAVITY



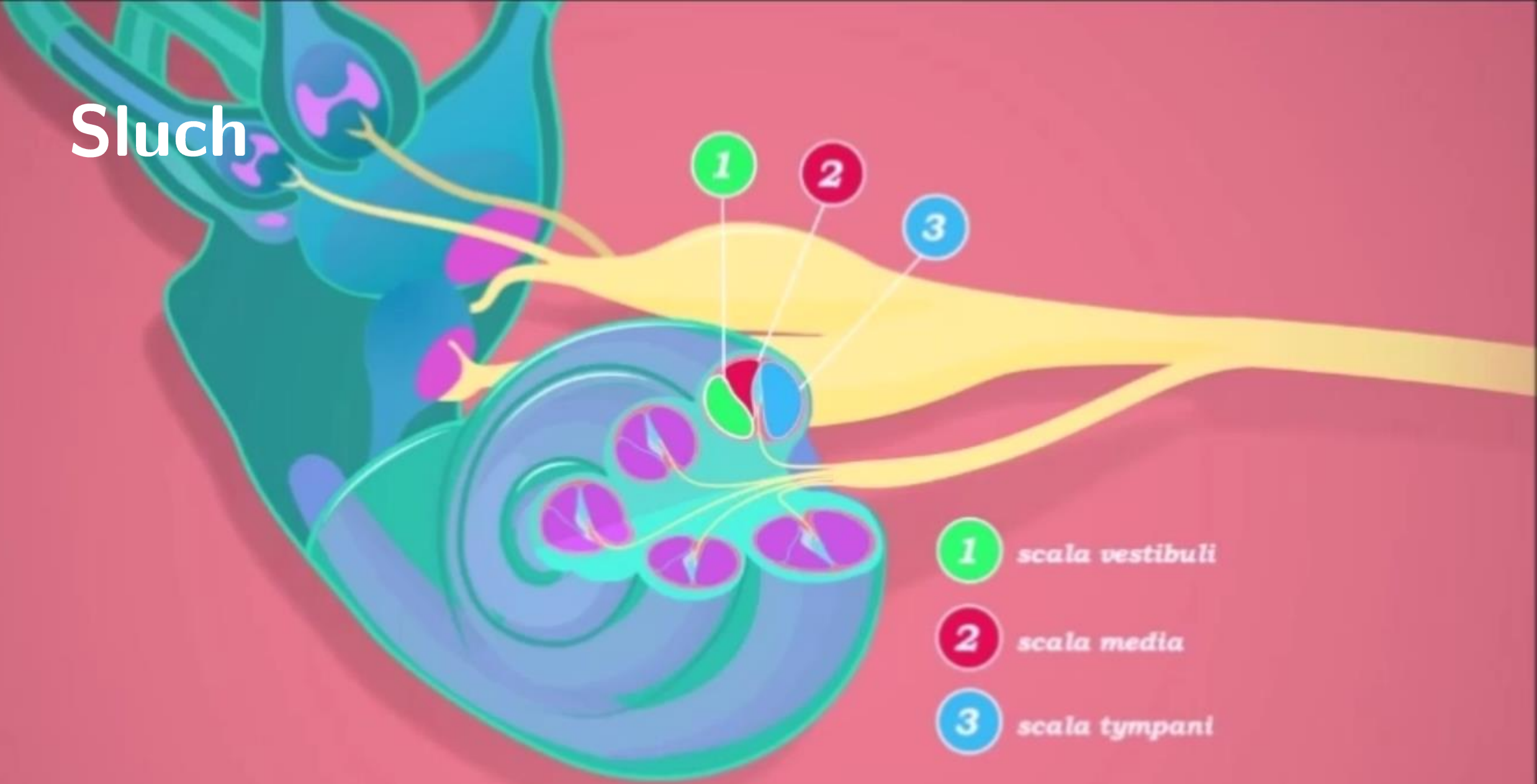
Sluch



Sluch



Sluch



- 1 scala vestibuli
- 2 scala media
- 3 scala tympani

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

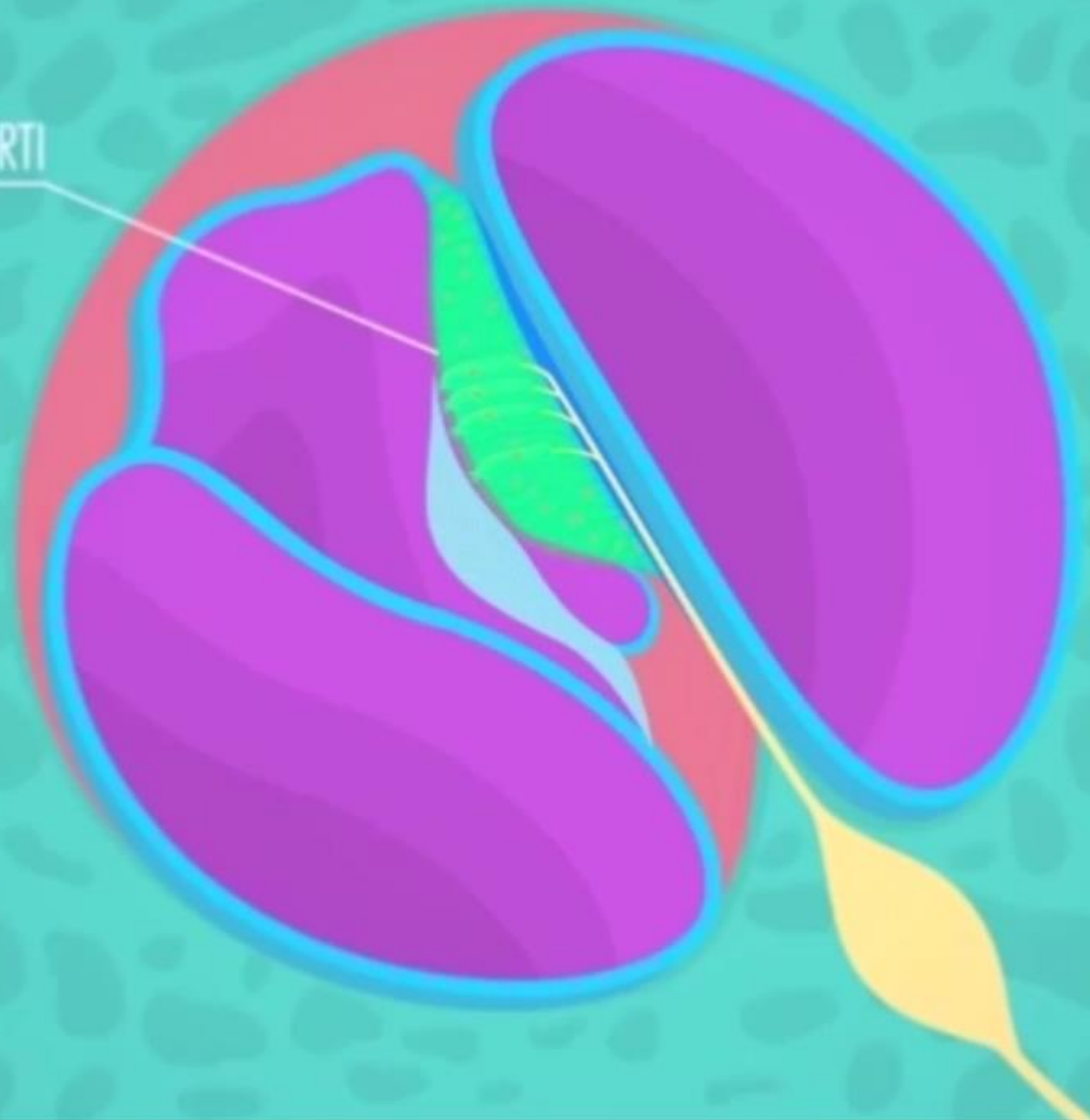


BASILAR MEMBRANE

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

Sluch

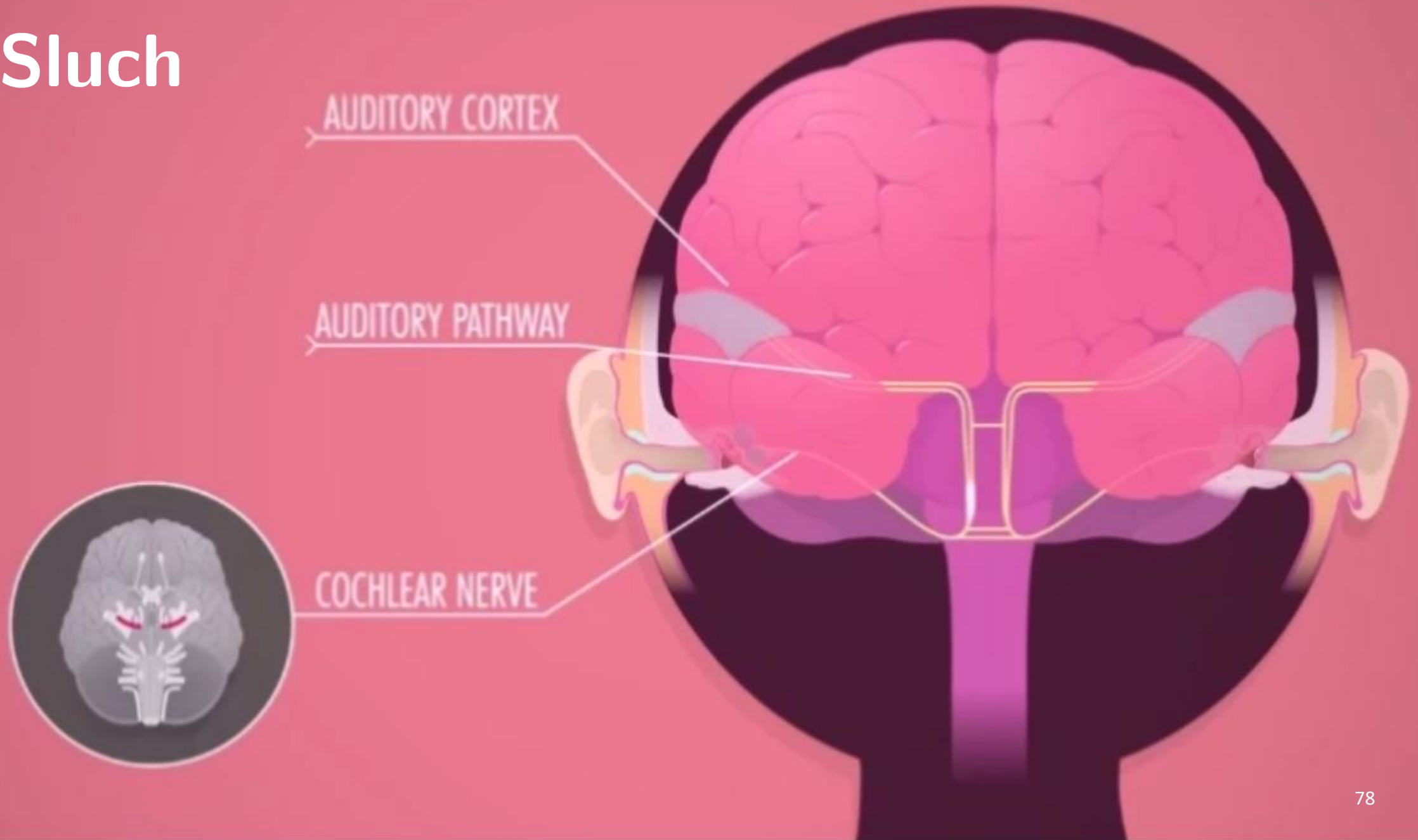
ORGAN OF CORTI



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

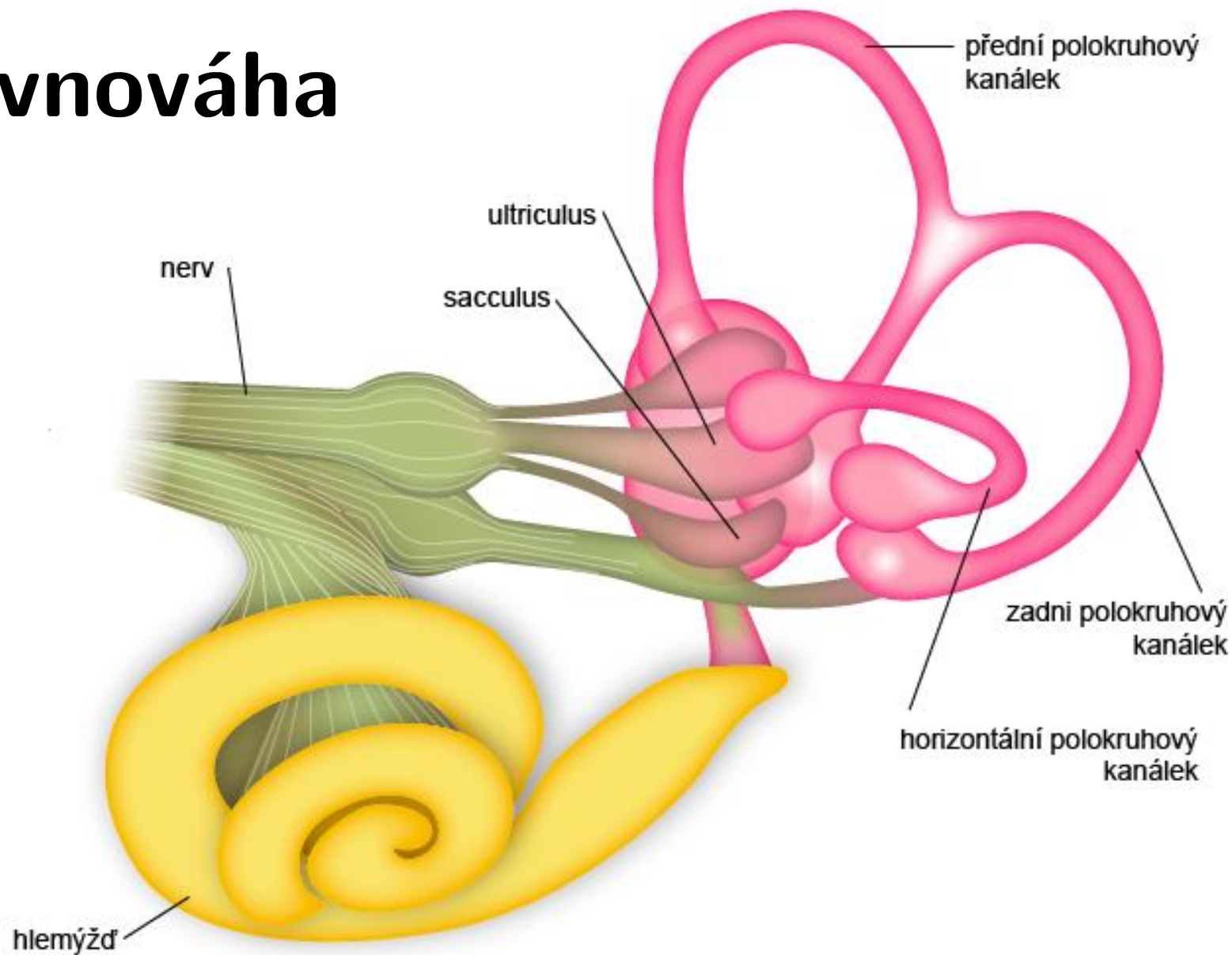
- mechanoreceptory
- vláskové buňky
 - v ampulách polokruhovitých kanálků
 - ve váčcích otolitového orgánu
- aktivovány
 - poloha hlavy
 - lineární a úhlové zrychlení

Rovnováha

Polokruhové kanálky

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

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 δ vláken \rightarrow specifickými drahami \rightarrow **thalamus** a somatosenzorická oblast **kůry** = ostrá, lokalizovaná, „rychlá bolest“
- informace z C-vláken – pomalejší \rightarrow nespecifické dráhy **retikulární formace** = tupá, hůře lokalizovatelná bolest \rightarrow 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. 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>
- Interactive Biology: 031 How Rods and Cones respond to Light. In: Youtube [online]. [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Fm45A4yjmvo&list=PL25AE732D9E27096D&index=31>
- Paroc: Obecné informace o zvuku. In: Paroccz [online]. [cit. 2018-09-17]. Dostupné z: <https://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/obecne-informace-o-zvuku>