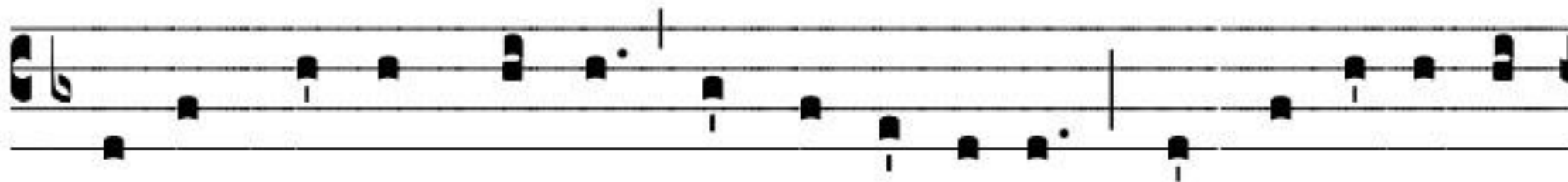
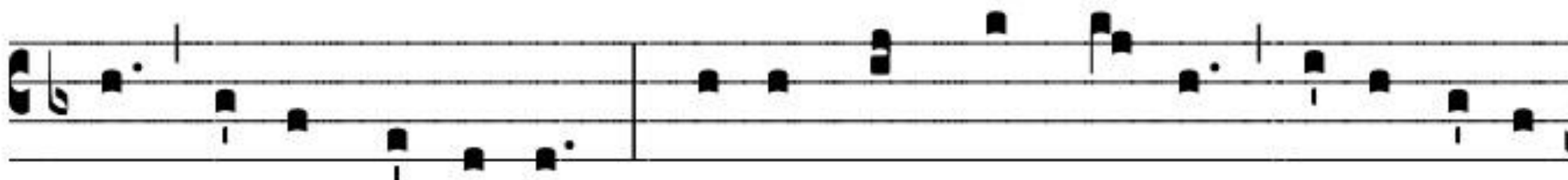


Smysly – chuť, čich, hmat,  
bolest

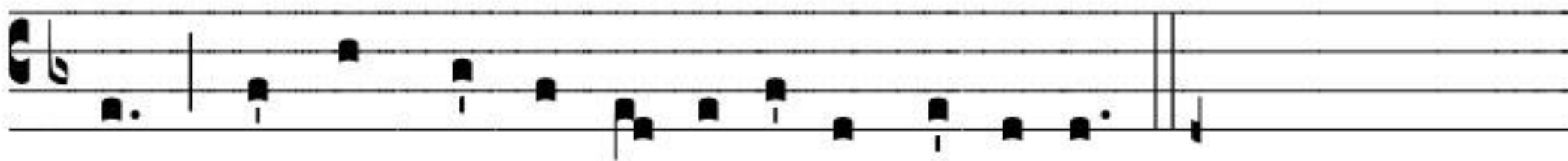




2. Vi-sus, tactus, gustus in te fá-li-tur, Sed audí-tu so-



lo tu-to cré-di-tur: Credo quidquid di-xit De-i Fí-li-



us: Nil hoc verbo ver- i- tá-tis vé-ri- us.





<https://www.online-gartencenter.at/obstbaeume/5818-zwetschke-hauszwetschke.html>



<https://www.daskochrezept.de/magazin/7-infos-zu-pflaumen-und-zwetschgen-die-du-garantiert-noch-nicht-wusstest>

# Smysly

přijímají určitý druh podnětů (informací):

- z **vnějšího** prostředí pomocí exteroceptorů
- **čich, chuť, zrak, sluch, hmat a bolest**
- z **vnitřního** prostředí pomocí interoceptorů
- **polohocit, bolest, vnitřní prostředí**
  - na **hranici** obou stojí vnímání **rovnováhy**

vnímání pohybu těla je založeno na interoceptorech a na využití setrvačných sil ve vnitřním uchu

obecně dělí se na:

- **primární** – receptorem je přímo neuron
- **sekundární** (epitelové) – receptor je epitelová buňka podložená dendritem

# Receptory smyslových orgánů

## morfologická klasifikace

- 1/ **primární smyslové buňky** – modifikované neurony (čich, zrak)
- **periferní zakončení aferentních neuronů** (hmat, bolest, vnitřní prostředí)
  - a) opouzdřená
  - b) volná
- 2/ **sekundární smyslové buňky** – modifikované epitelové buňky (chuť, sluch, rovnováha)
-

# Receptory smyslových orgánů

## funkční klasifikace

1. **fotoreceptory** – světlo
2. **chemoreceptory** – chuť, čich, koncentrace látek v tělních tekutinách
3. **mechanoreceptory**
  - audioreceptory – zvukové vlny
  - proprioceptory – poloha v prostoru, napětí
  - další mechanoreceptory – tlak, dotek, vibrace
4. **termoreceptory** – teplo, chlad
5. **nociceptory** – bolest



# Chemoreceptory

orgán chuti

orgán čichu


ostatní chemoreceptory (glomus caroticum, chomáčkové buňky DC, nervová zakončení ve střevní výstelce, buňky kanálku nefronu se sensorickými řasinkami)

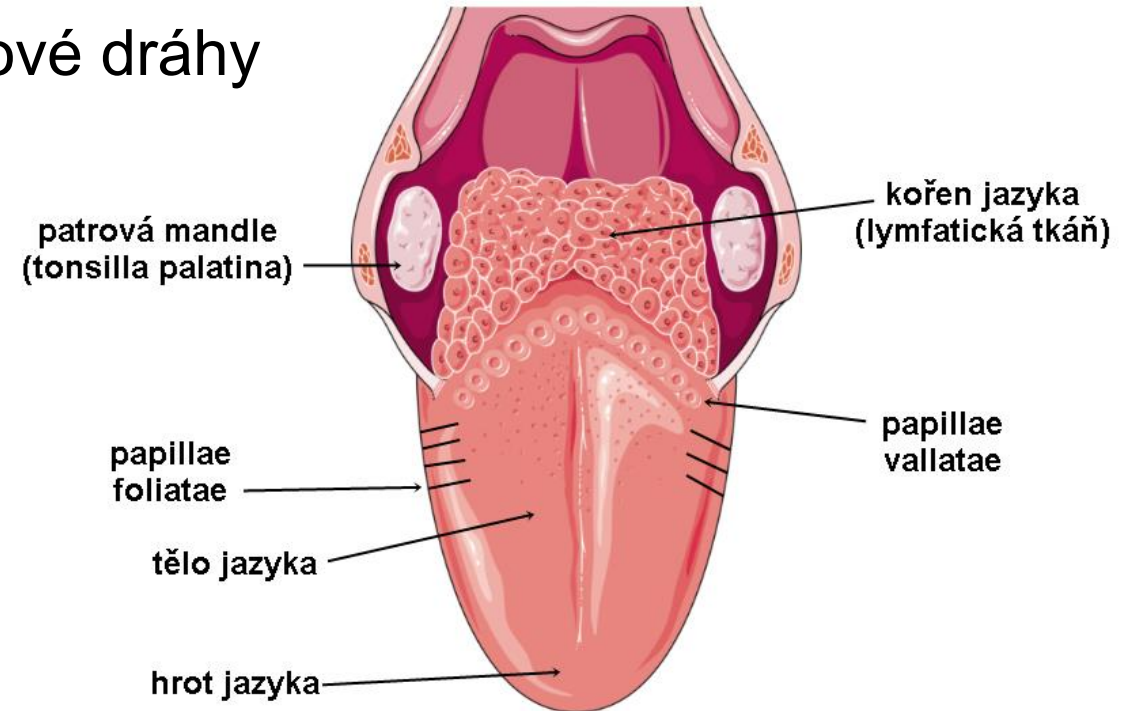
# Chuť (*Gustus*)

řecky: **geusis**



# Chuť

- sekundární receptory
- receptorová buňka  1. neuron chuťové dráhy
- ve sliznici hrazených papil jazyka (seřazených do tvaru písmene V těsně před sulcus terminalis linguae)
- rovněž ve sliznici houbových a listových papil
- i ve sliznici měkkého patra, patrových oblouků, zadní stěny hltanu, plicae glossoepiglotticae hrtanové příklopy



© Servier Medical Art  
upravil: dr. Jiří Štěfánek

# Chuť

- smysl rozpoznávací a obranný
- chemoreceptory – látky rozpuštěné ve vodě
  
- slané
- sladké
- kyselé
- hořké
- umami
  
- (vápníkové)
- (tukové)
- (škrobnaté)

## Slané

- „zdroj minerálů“
- ionty solí



## Kyselé

- „nezralé či zkažené“
- vodíkový kationt



## Sladké

- „zdroj energie“
- především látky organického původu - jednoduché cukry; látky používané jako sladidla



## Hořké

- „jedovaté“
- organické látky a soli hořčíku



## Umami

- „zdroj bílkovin“
- některé aminokyseliny a jejich soli (zejména glutamová a inosilová) a ribonukleotidy



# (Vápník)

## ARTICLE Calcium: Taste, Intake, and Appetite

Michael G. Tordoff  
10 JAN 2001 // <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1567>

Sections PDF (378 KB) TOOLS SHARE

### Abstract

This review summarizes research on sensory and behavioral aspects of calcium homeostasis. These are fragmented fields, with essentially independent lines of research involving gustatory electrophysiology in amphibians, ethological studies in wild birds, nutritional studies in poultry, and experimental behavioral studies focused primarily on characterizing the specificity of the appetite in rats. Recently, investigators have begun to examine potential physiological mechanisms underlying calcium intake and appetite. These include changes in the taste perception of calcium, signals related to blood calcium concentrations, and actions of the primary hormones of calcium homeostasis: parathyroid hormone, calcitonin, and 1,25-dihydroxyvitamin D. Other influences on calcium intake include reproductive and adrenal hormones and learning. The possibility that a calcium appetite exists in humans is discussed. The broad range of observations documenting the existence of a behavioral limb of calcium homeostasis provides a strong foundation for future genetic and physiological analyses of this behavior.

# (Škrobnaté)

Figures References Related Information



Volume 81, Issue 4  
January 2001  
Pages 1567-1597

Copyright & Permissions  
Copyright © 2001 The American Physiological Society

<https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1567>

PubMed 11581497

History Published online 10 January 2001  
Published in print 10 January 2001

**JN THE JOURNAL OF NUTRITION**

Issues More Content Research Needs Submit Purchase About



Volume 147, Issue 12  
December 2017

### Article Contents

Abstract  
Introduction  
Methods  
Results  
Discussion  
Acknowledgments  
References  
Abbreviations  
Footnotes  
Author notes  
Supplementary data

< Previous Next >

## Carbohydrate Taste Sensitivity Is Associated with Starch Intake and Waist Circumference in Adults

Julia YQ Low, Kathleen E Lacy, Robert L McBride, Russell SJ Keast Author Notes

The Journal of Nutrition, Volume 147, Issue 12, December 2017, Pages 2235-2242, <https://doi.org/10.3945/jn.117.254078>

Published: 25 October 2017 Article history

PDF Split View Cite Permissions Share

### Abstract

**Background:** Recent studies have proposed that humans may perceive complex carbohydrates and that sensitivity to simple carbohydrates is independent of sensitivity to complex carbohydrates. Variation in oral complex carbohydrate sensitivity may influence food consumption.

**Objective:** This study aimed to investigate the associations between oral complex carbohydrate sensitivity, anthropometry, and dietary intake in adults.

**Methods:** We assessed oral sensitivity to complex carbohydrates (maltodextrin and oligofructose) by measuring detection thresholds (DTs) and suprathreshold intensity perceptions (STs) for 34 participants, including 16 men (mean  $\pm$  SEM age: 26.2  $\pm$  0.4 y; range: 24–30 y) and 18 women (age: 29.4  $\pm$  2.1 y; range: 24–55 y). We also measured height, weight, and waist circumference (WC) and participants completed a 4-d food diary and a food-frequency questionnaire.

**Results:** Measurements of oral sensitivity to complex carbohydrates were significantly correlated with WC and dietary energy and starch intakes (DT:  $r = -0.38$ ,  $P < 0.05$ ; ST:  $r = 0.36$ – $0.48$ ,  $P < 0.05$ ). When participants were grouped into tertiles, there were significant differences in WC and total energy or starch intakes for those who were more sensitive or experienced high intensity compared with those who were less sensitive or experienced low intensity. Being more sensitive or experiencing high intensity was associated with greater energy (7968–8954 kJ/d) and starch (29.1–29.8% of energy) intakes and a greater WC (88.2–91.4 cm) than was being less sensitive or experiencing low intensity (6693–7747 kJ/d, 20.9–22.2% of energy, and 75.5–80.5 cm, respectively).

**Conclusion:** Complex carbohydrate sensing is associated with WC and consumption of complex carbohydrates and energy in adults. This trial was registered at [anctz.org.au](http://anctz.org.au) as ACTRN12616001356459.

# (Tuk)

OXFORD  
ACADEMIC

Sign In Register

## Chemical Senses

Issues Advance articles Submit Purchase Alerts About

All Chemical Senses Advanced Search



Volume 40, Issue 7  
September 2015

### Article Contents

Abstract  
Introduction  
Materials and methods  
Results  
Discussion

## Oleogustus: The Unique Taste of Fat

Cordelia A. Running, Bruce A. Craig, Richard D. Mattes

Chemical Senses, Volume 40, Issue 7, September 2015, Pages 507–516, <https://doi.org/10.1093/chemse/bjv036>

Published: 03 July 2015

PDF Split View Cite Permissions Share

### Abstract

Considerable mechanistic data indicate there may be a sixth basic taste: fat. However, evidence demonstrating that the sensation of nonesterified fatty acids (NEFA, the proposed stimuli for “fat taste”) differs qualitatively from other tastes is lacking. Using perceptual mapping, we demonstrate that medium and long-chain NEFA have a taste sensation that is distinct from other basic tastes (sweet, sour, salty, and bitter). Although some overlap was observed between these NEFA and umami taste, this overlap is likely due to unfamiliarity with umami sensations rather than true similarity. Shorter chain similar to sour, but as chain length increases oral signaling, and the different signals caused may hold implications for food product and public health policy.

[fat+acid+structure+nonesterified+fat+acid](#)

348 View Metrics

### Email alerts

Article activity alert  
Advance article alerts  
New issue alert  
In progress issue alert

Receive exclusive offers and updates from Oxford Academic

### Related articles in

Web of Science  
Google Scholar

### Citing articles via

Web of Science (13)

310 View Metrics

### Email alerts

Article activity alert  
Advance article alerts  
New issue alert  
Subject alert  
Research Needs alert

Receive exclusive offers and updates from Oxford Academic

### More on this topic

Pigs Ferment Enzymatically Digestible Starch when it is Substituted for Resistant Starch  
High Pancreatic Amylase Expression Promotes Adiposity in Obesity-Prone Carbohydrate-Sensitive Rats  
Replacement of Refined Starches and Added Sugars with Egg Protein and Unsaturated Fats Increases Insulin Sensitivity and Lowers Triglycerides in Overweight or Obese Adults with Elevated Triglycerides  
Reduced Feed Intake, Rather than Increased Energy Losses, Explains Variation in Growth Rates of Normal-Birth-Weight Pigslets

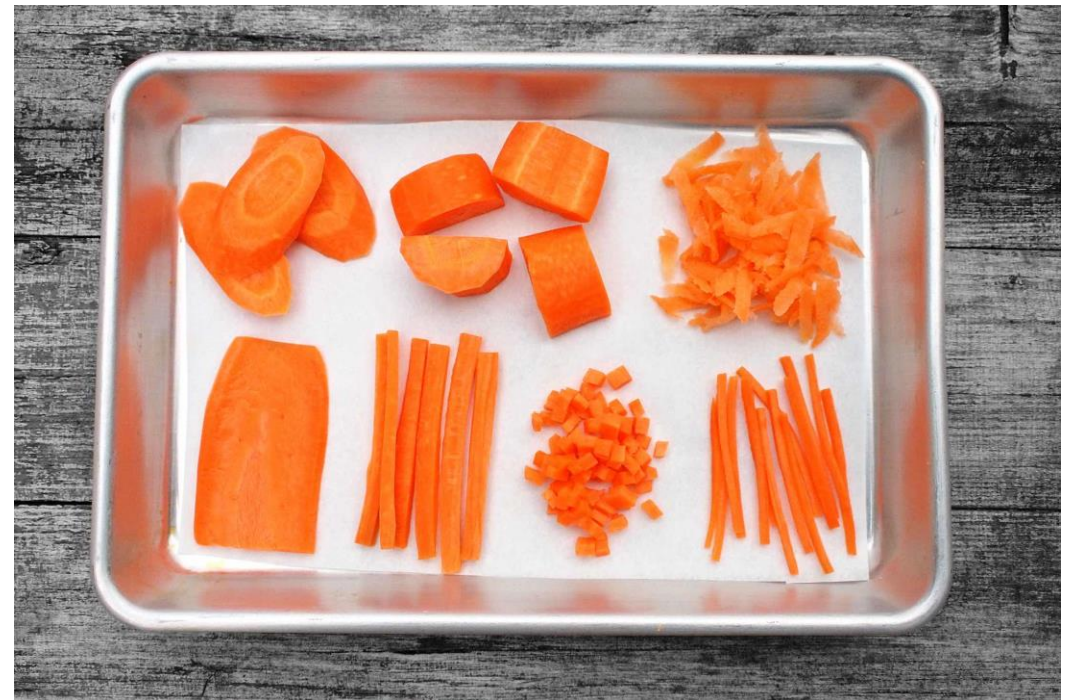
### Related articles in

Web of Science  
Google Scholar

Dalšími vjemy, které se podílí na celkovém vnímání chuti potraviny jsou **vjemy bolestivé** - to je podstatou palčivosti potravin, tedy "chuti pikantní". Látky způsobující palčivost dráždí receptory bolesti v dutině ústní. Další receptory nám zprostředkují **vjem tepelný a vjem hmatový** - jím rozlišujeme konzistenci potraviny

## Pikantní

Výraz pochází z francouzského "**piquant**", tedy ostrý. Do francouzštiny se slovo dostalo pravděpodobně ze základů latinských slov "**pica**" (straka) a "**picus**" (datel), tedy ptáků s ostrými zobáky. Kořeny slova zřejmě vycházejí z ještě staršího indoevropského výrazu "**piko**", což znamená něco špičatého, ostrého.





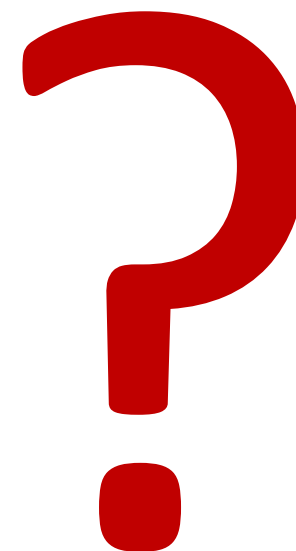
hořké

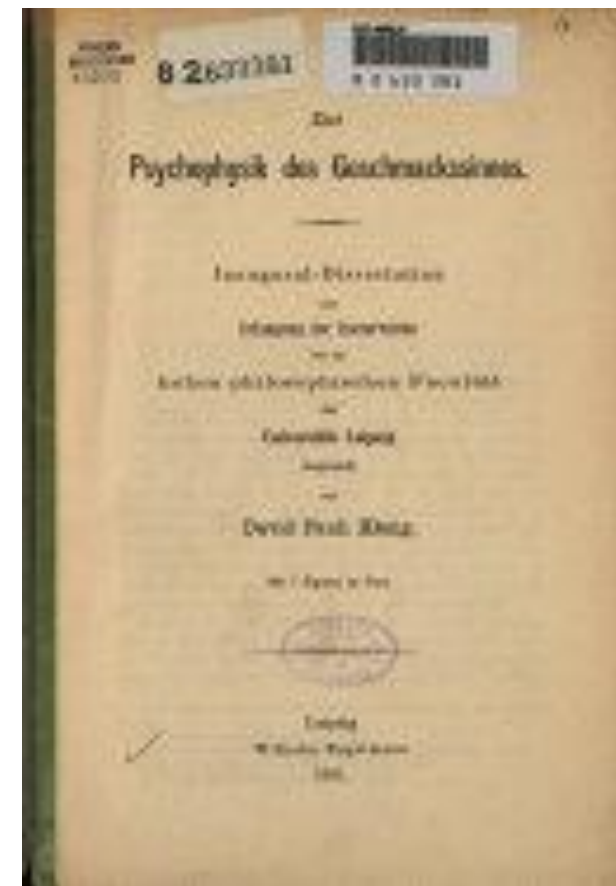
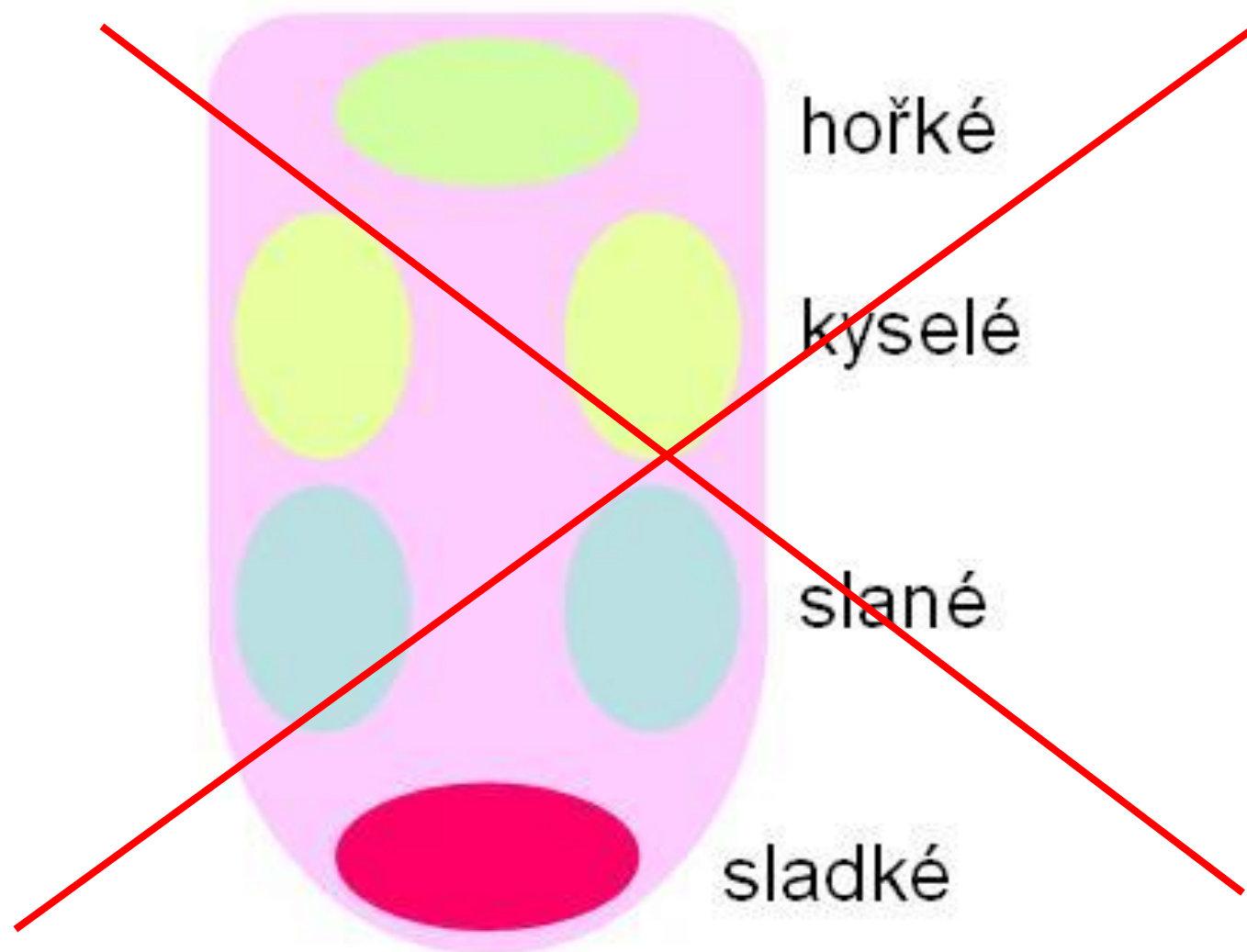
kyselé

slané

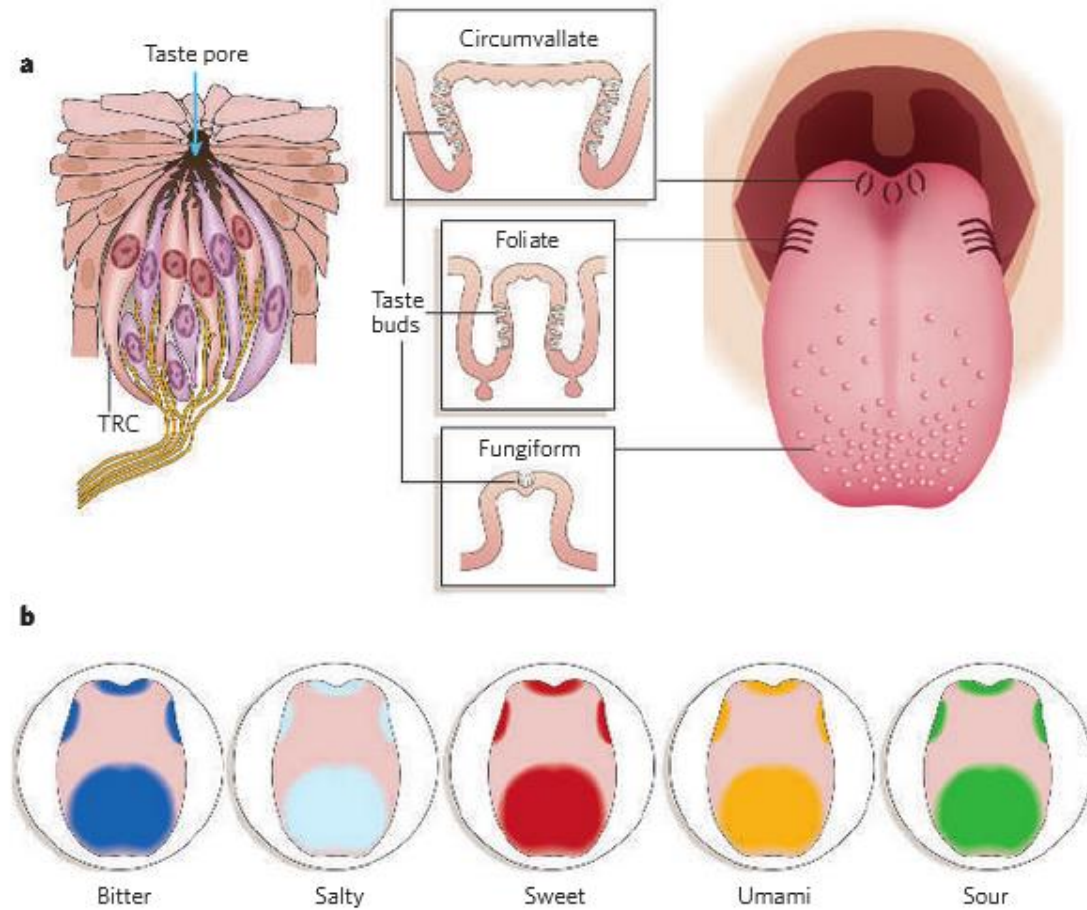
sladké





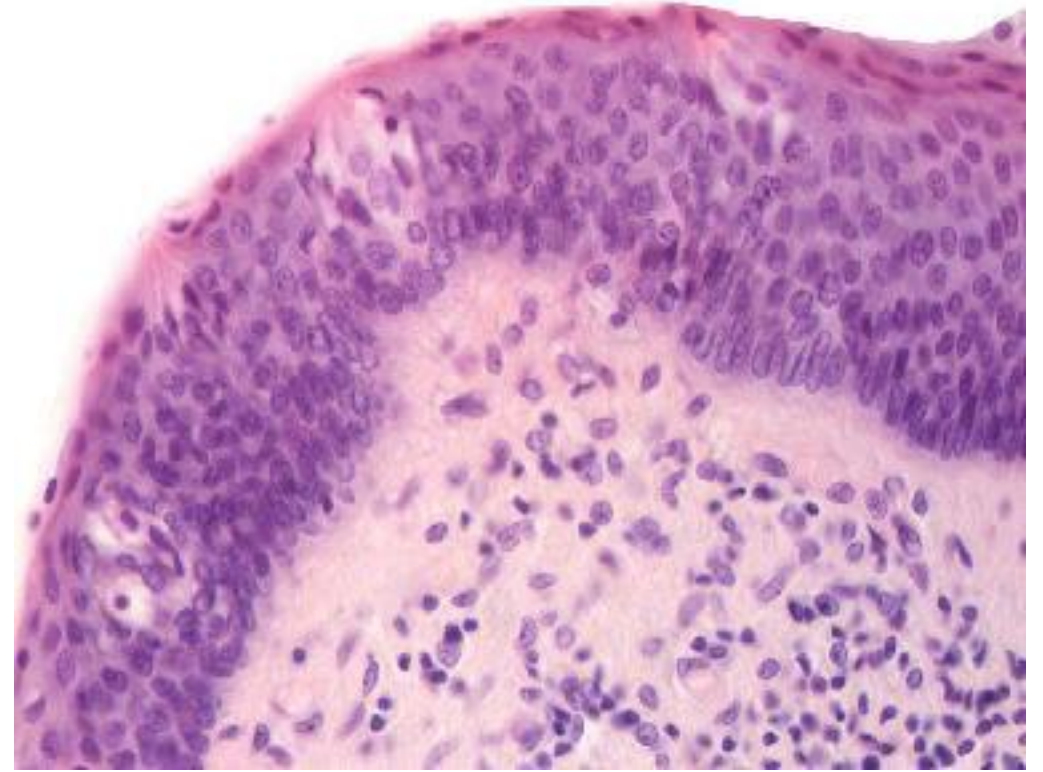
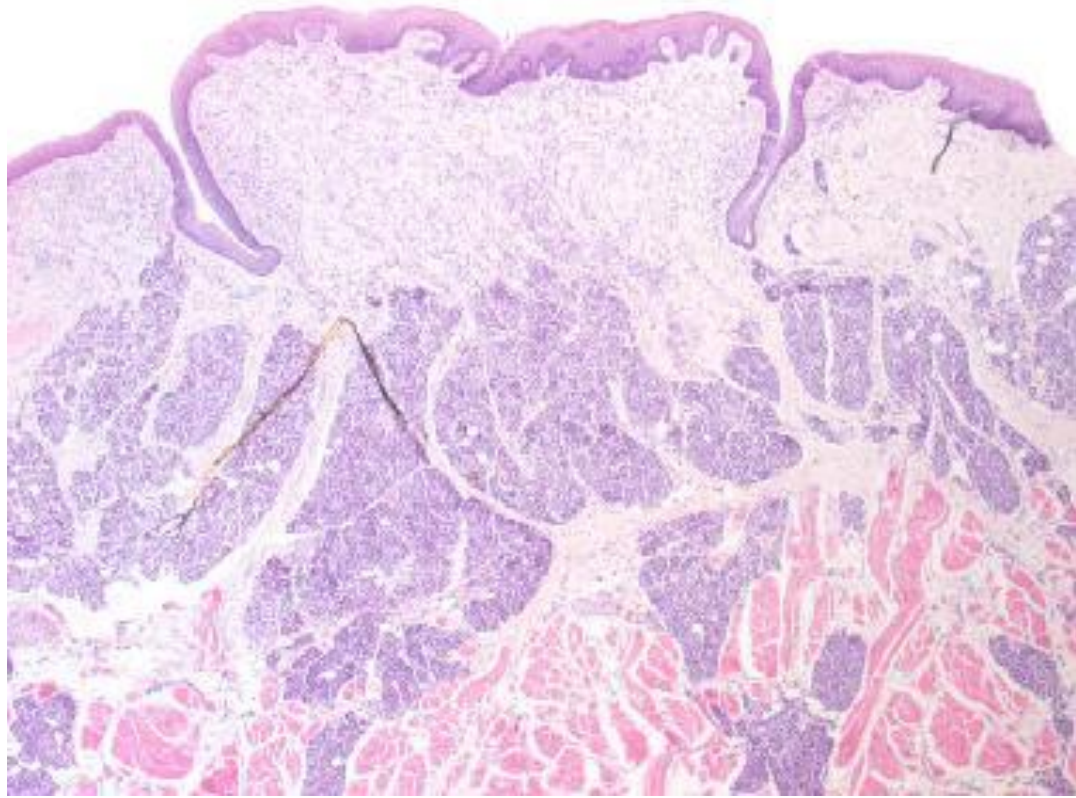


[https://books.google.cz/books?id=FmAUQAIAAJ&pg=PA1&redir\\_esc=y&hl=cs#v=onepage&q&f=false?xid=PS\\_smithsonian](https://books.google.cz/books?id=FmAUQAIAAJ&pg=PA1&redir_esc=y&hl=cs#v=onepage&q&f=false?xid=PS_smithsonian)

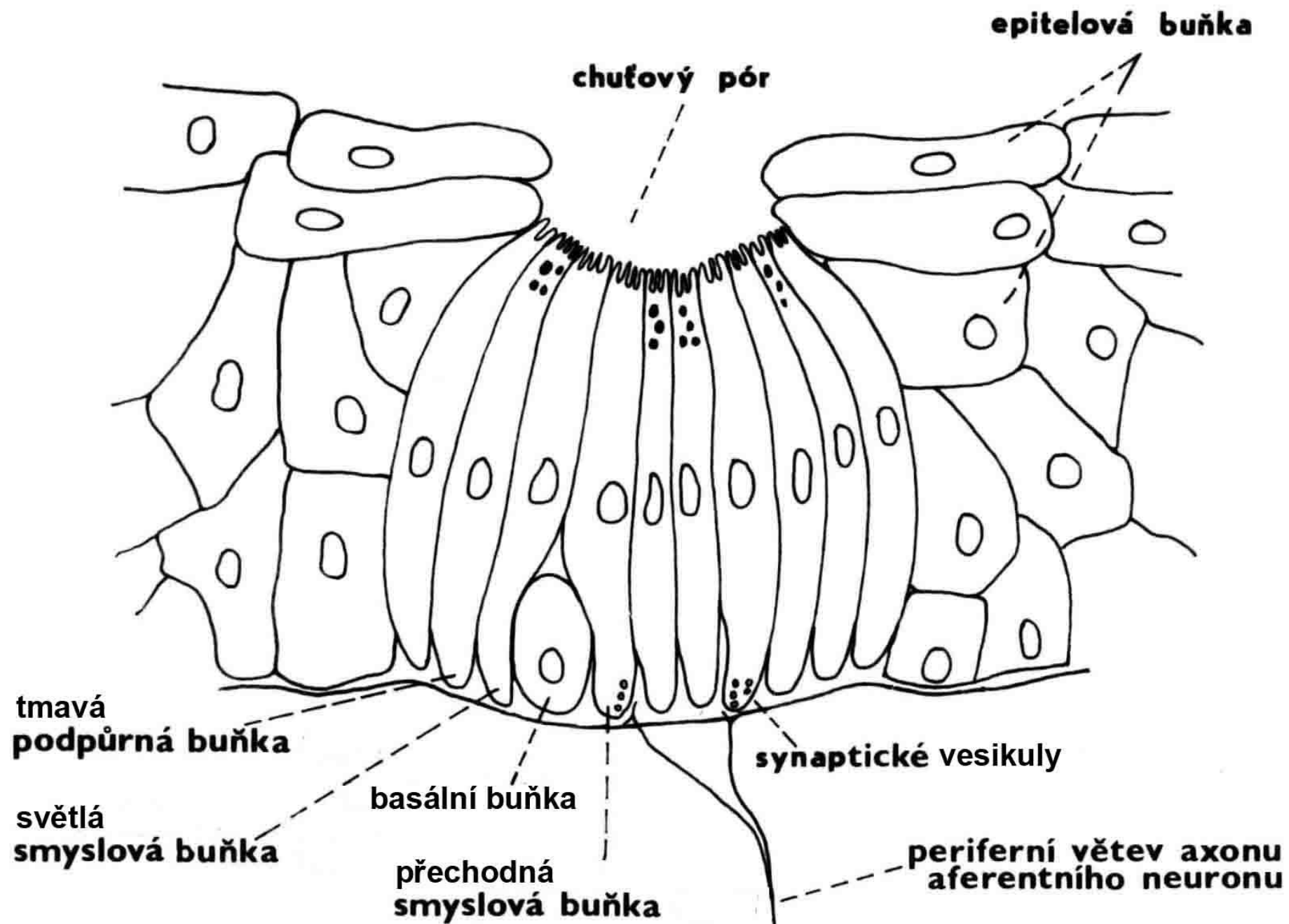


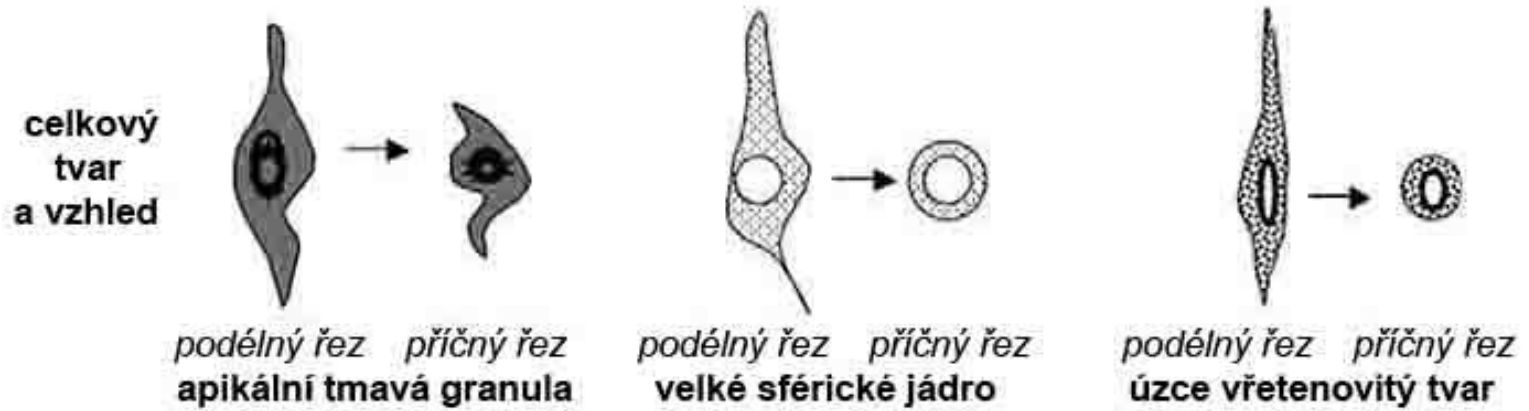
**Figure 1 | Taste-receptor cells, buds and papillae.** **a**, Taste buds (left) are composed of 50–150 TRCs (depending on the species), distributed across different papillae. Circumvallate papillae are found at the very back of the tongue and contain hundreds (mice) to thousands (human) of taste buds. Foliate papillae are present at the posterior lateral edge of the tongue and contain a dozen to hundreds of taste buds. Fungiform papillae contain one or a few taste buds and are found in the anterior two-thirds of the tongue. TRCs project microvillae to the apical surface of the taste bud, where they form the ‘taste pore’; this is the site of interaction with tastants. **b**, Recent molecular and functional data have revealed that, contrary to popular belief, there is no tongue ‘map’: responsiveness to the five basic modalities — bitter, sour, sweet, salty and umami — is present in all areas of the tongue<sup>6,8,9,32,78</sup>.

<sup>1</sup>Howard Hughes Medical Institute and Departments of Neurobiology and Neurosciences, University of California at San Diego, La Jolla, California 92093-0649, USA. <sup>2</sup>National Institute of Dental and Craniofacial Research, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland 20892, USA.



# CHUŤOVÝ POHÁREK





**TMAVÁ  
PODPŮRNÁ BUŇKA**

**SVĚTLÁ  
SMYSLOVÁ BUŇKA**

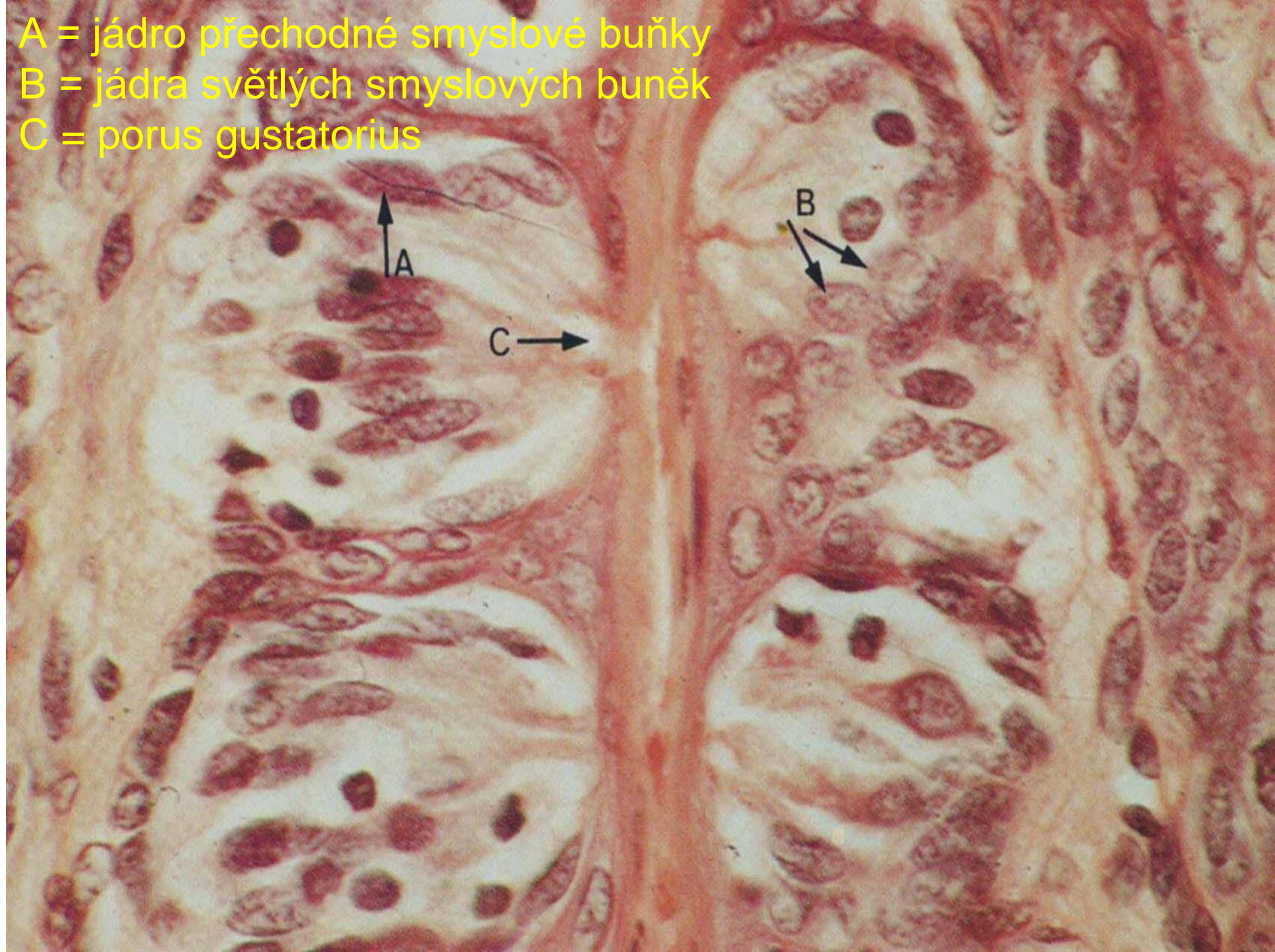
**PŘECHODNÁ  
SMYSLOVÁ BUŇKA**



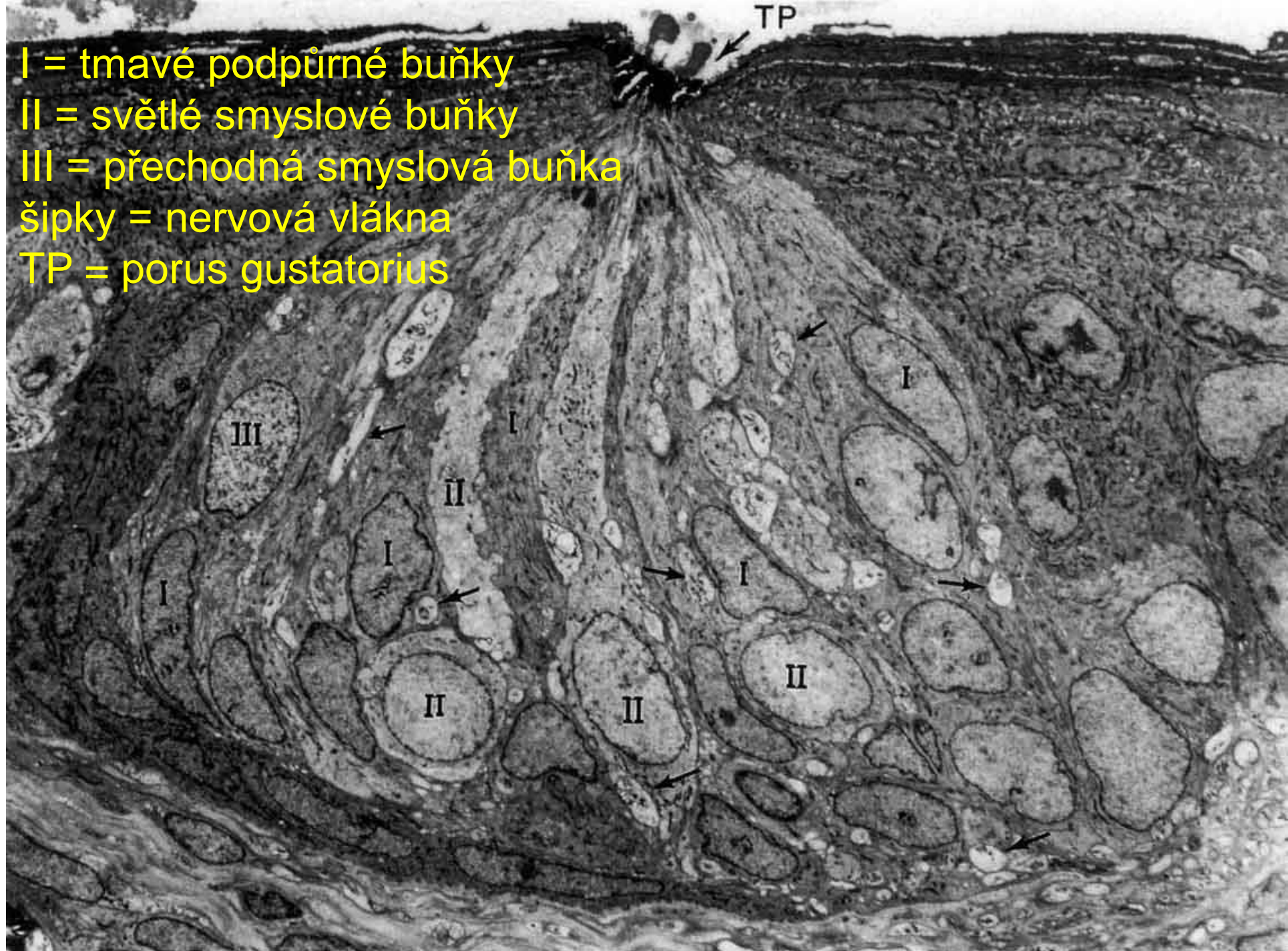
kontakt s purinergními zakončeními pomocí ATP (mechanismus uvolňování neznámý)

typická synapse ATP

A = jádro přechodné smyslové buňky  
B = jádra světlých smyslových buněk  
C = porus gustatorius



I = tmavé podpůrné buňky  
II = světlé smyslové buňky  
III = přechodná smyslová buňka  
šipky = nervová vlákna  
TP = porus gustatorius

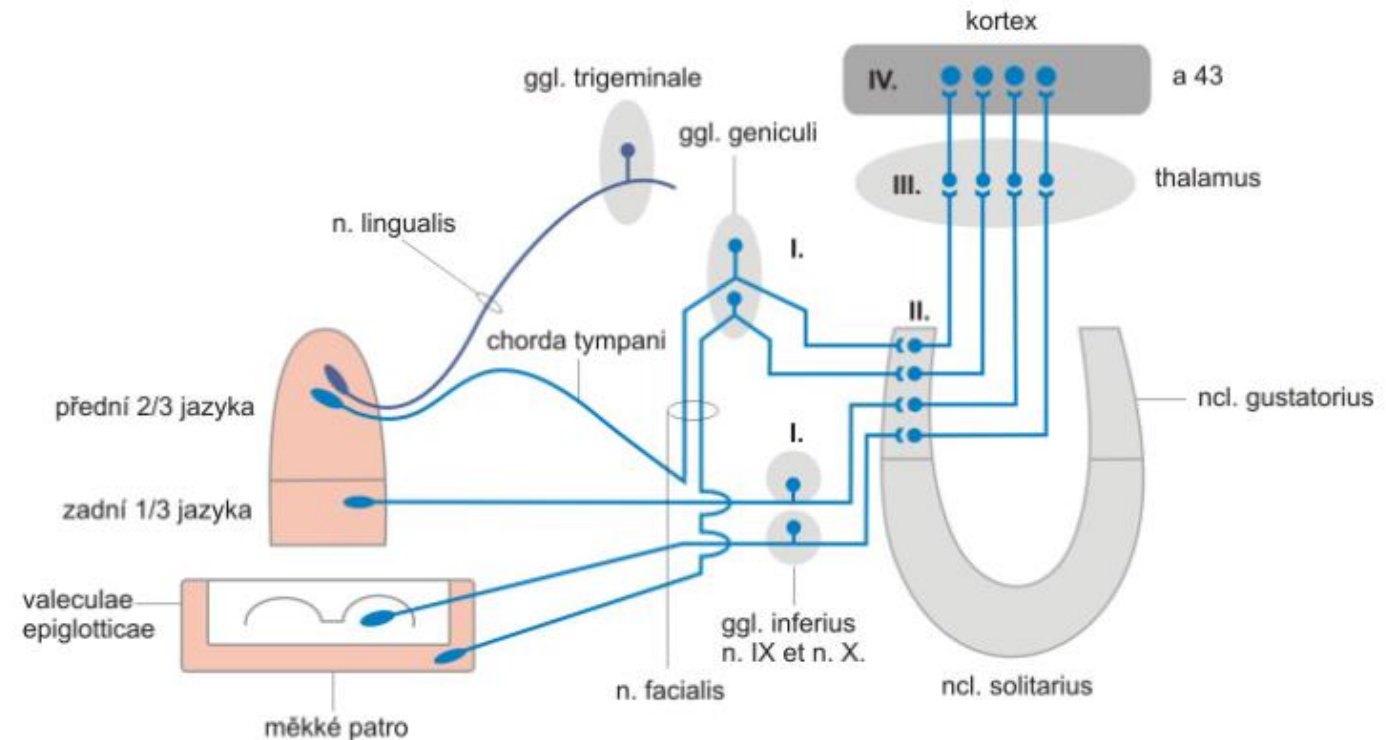




# Chutová dráha – tříneuronová dráha

## 1.neuron: cestou hlavových nervů

- **přední 2/3 jazyka** (= dorsum linguae) → n. lingualis → chorda tympani → n. intermedius → n. VII → **nuclei tractus solitarii**
- **zadní 1/3 jazyka** (= radix linguae) → n. IX → ganglion inf. et sup. n. IX → **nuclei tractus solitarii**
- **epiglottis, aditus laryngis** → n. X → ganglion inf. et sup. n. X. → **nuclei tractus solitarii**
- **měkké patro** → nn. palatini minores → ggl. pterygopalatinum (bez přepojení) → n. petrosus major → ggl. geniculi → n. intermedius → n. VII → **nuclei tractus solitarii**



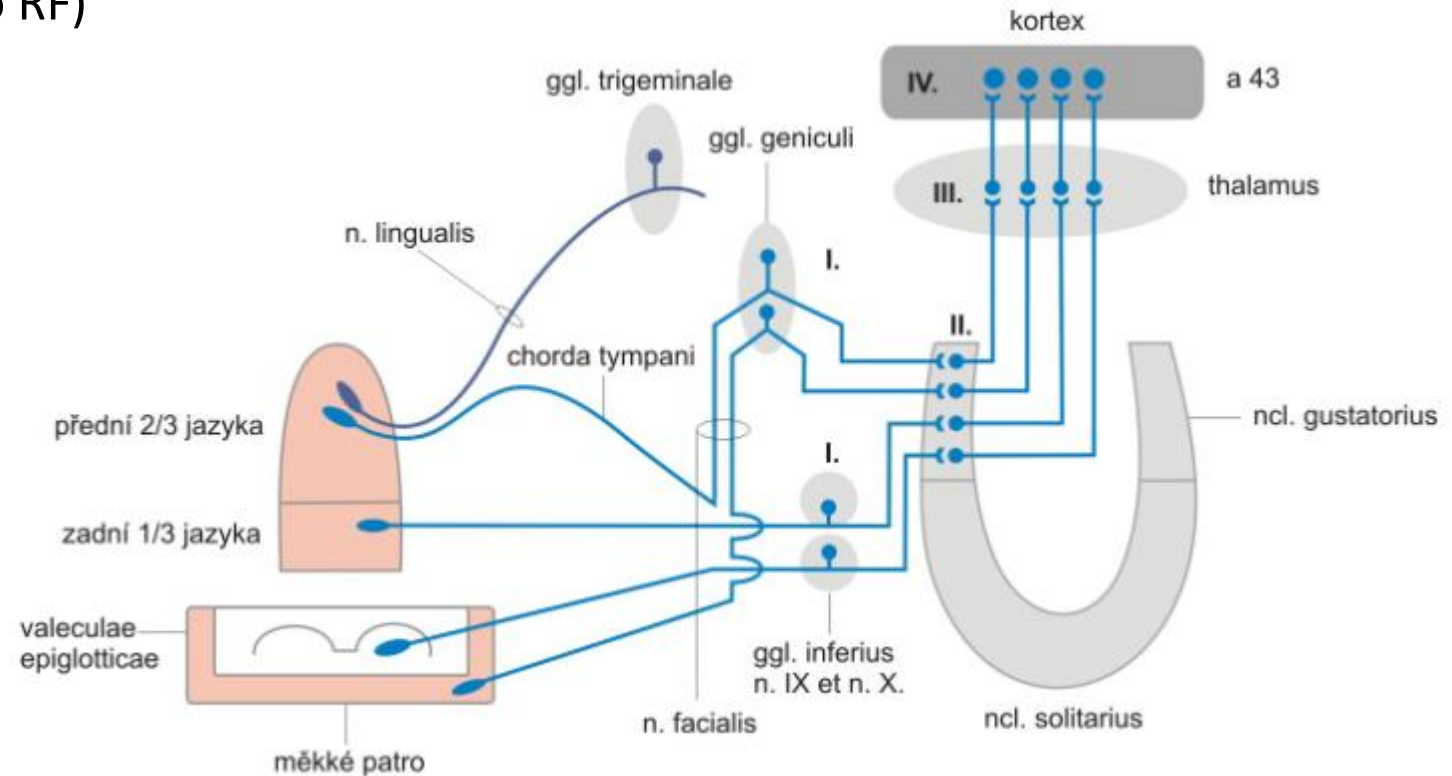
# Chuťová dráha – tříneuronová dráha

## 2.neuron:

- nuclei tractus solitarii → tractus tegmentalis centralis (při tr. trigeminothalamicus posterior) → ncl. VPM thalami (k motorickým jádrům hlavových nervů, do RF)

## 3.neuron:

- thalamus → mozková kůra - lobus parietalis, gyrus postcentralis (area 43) a přední části inzuly (do gyrus parahippocampalis)
- cesta do hypotalamu, amygdaly a kůry přes ncll. parabrachiales míjí thalamus – *antigenní vlastnosti potravy -imunita*



# Čich (*Olfactus*)

řecky: **osmé** - pach



# Čich

čichová sliznice v nosní dutině

strop, horní skořepa a stěny ve výši horní skořepy

3-5 cm<sup>2</sup> v jedné polovině nosní dutiny

čich = olfactus

vnímání chemických látek (odoranty) rozpuštěných ve vzduchu či vodě, obvykle ve velmi nízkých koncentracích = pach/vůně

primární receptor

čichový epitel

čichová dráha (n.I)

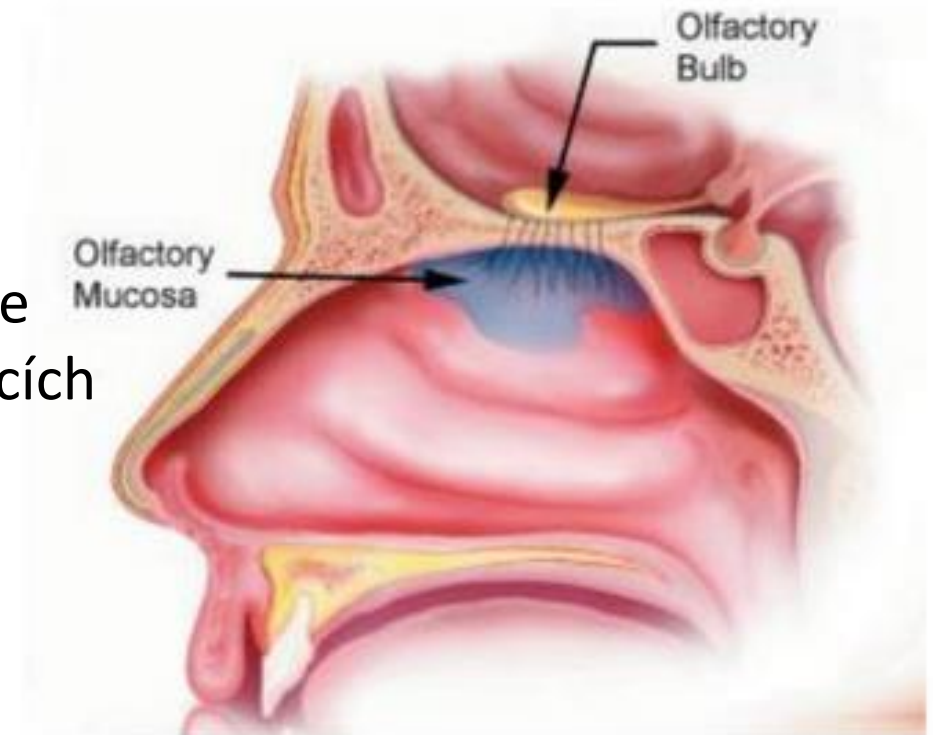
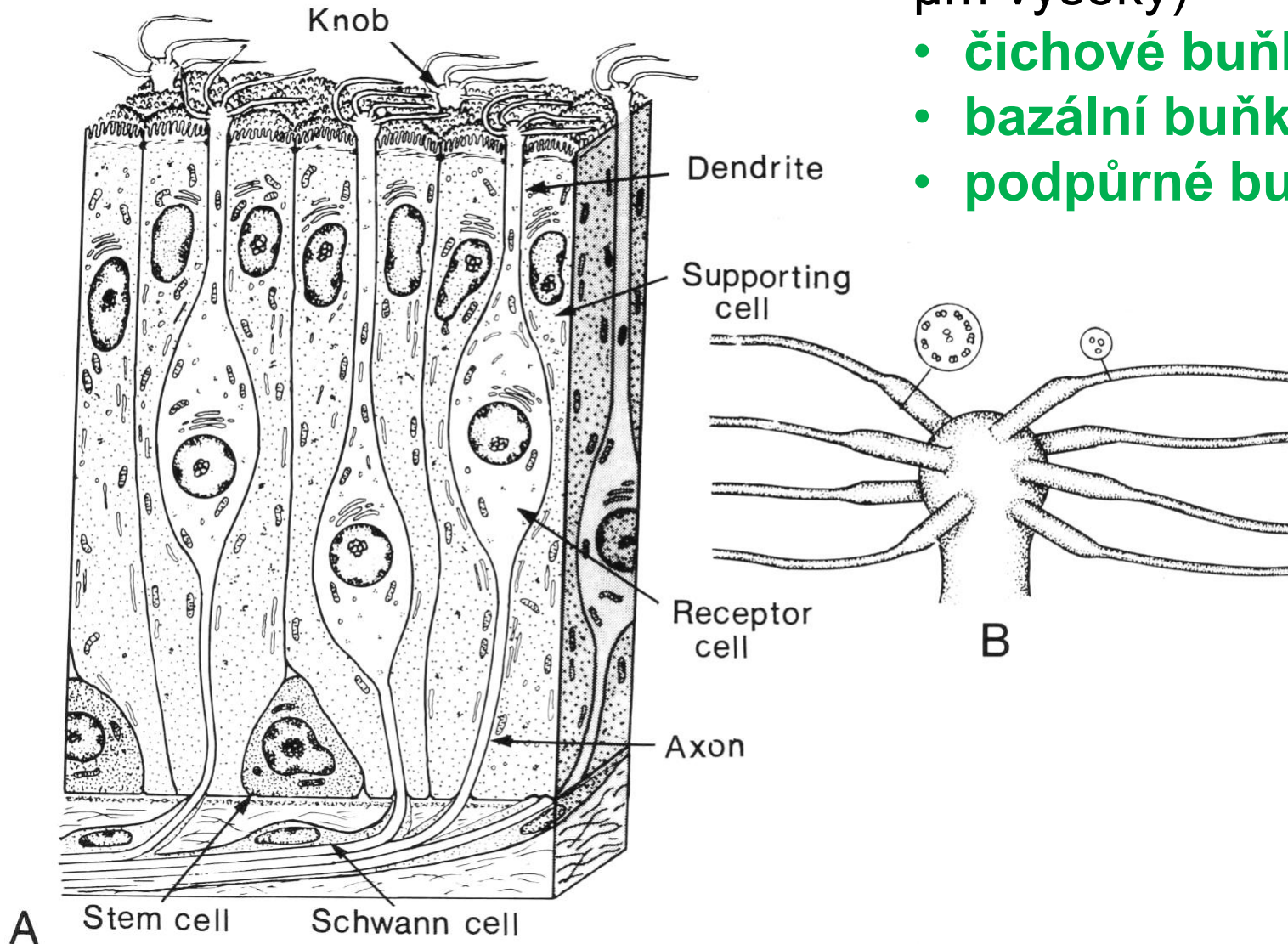


Fig 2: Olfactory mucosa and Olfactory bulb.

# Čichový epitel

specializovaný víceřadý cylindrický epitel (100  $\mu\text{m}$  vysoký)

- čichové buňky
- bazální buňky
- podpůrné buňky



# Čichový epitel

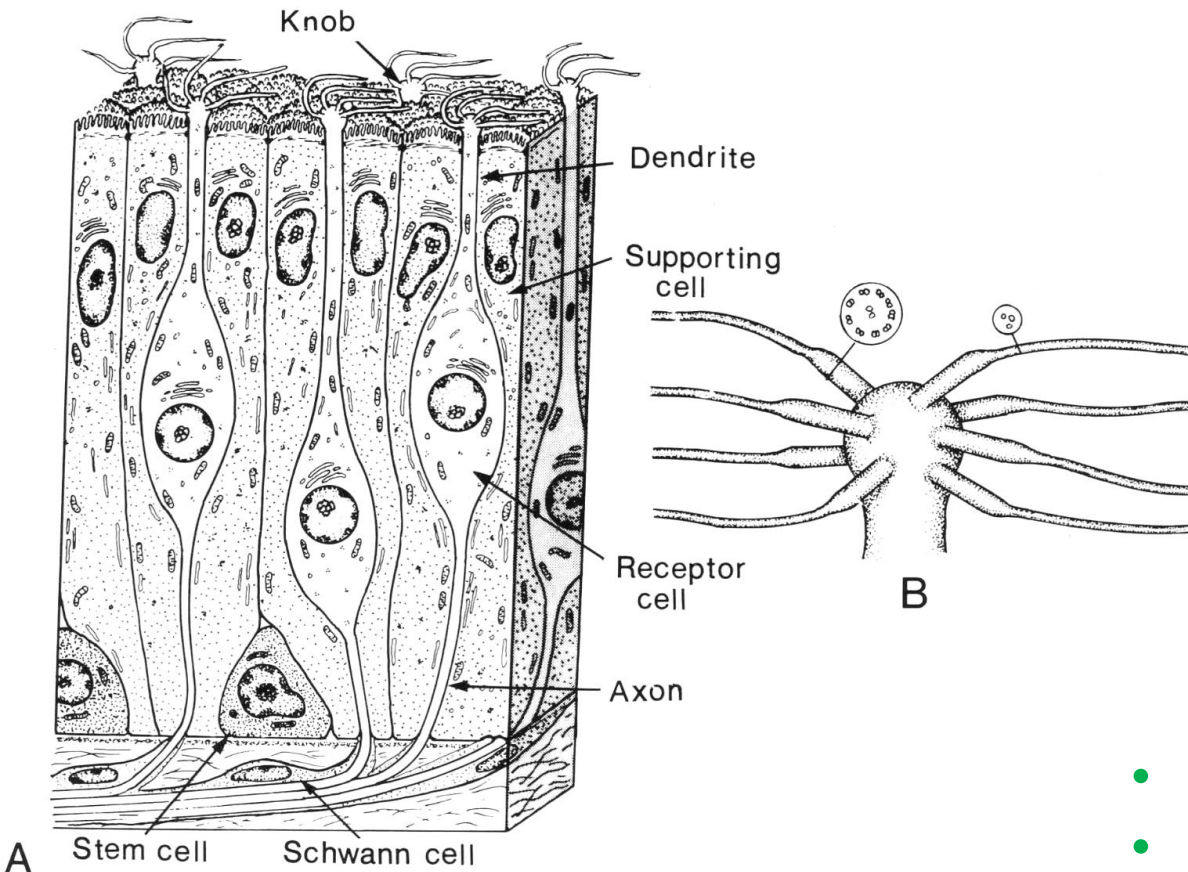
specializovaný víceřadý cylindrický epitel (100  $\mu\text{m}$  vysoký)

- **čichové buňky**

- bipolární neurony, životnost 30-60 dnů
- apikální konec (dendrit) s knoflíkovým zakončením (*bulbus dendriticus*) obsahuje 10-20 pozměněných (nepohyblivých) řasinek (a nízký kartáčový lem mikroklků)
- řasinky (*cilia*) mají na povrchu odorantové receptory
- jádra jsou uprostřed výšky epitelu
- bazální konec (axon) obklopen cytoplazmatickými výběžky gliových buněk
- jedná se o poměrně rychle se dělící neurony

- **bazální buňky**

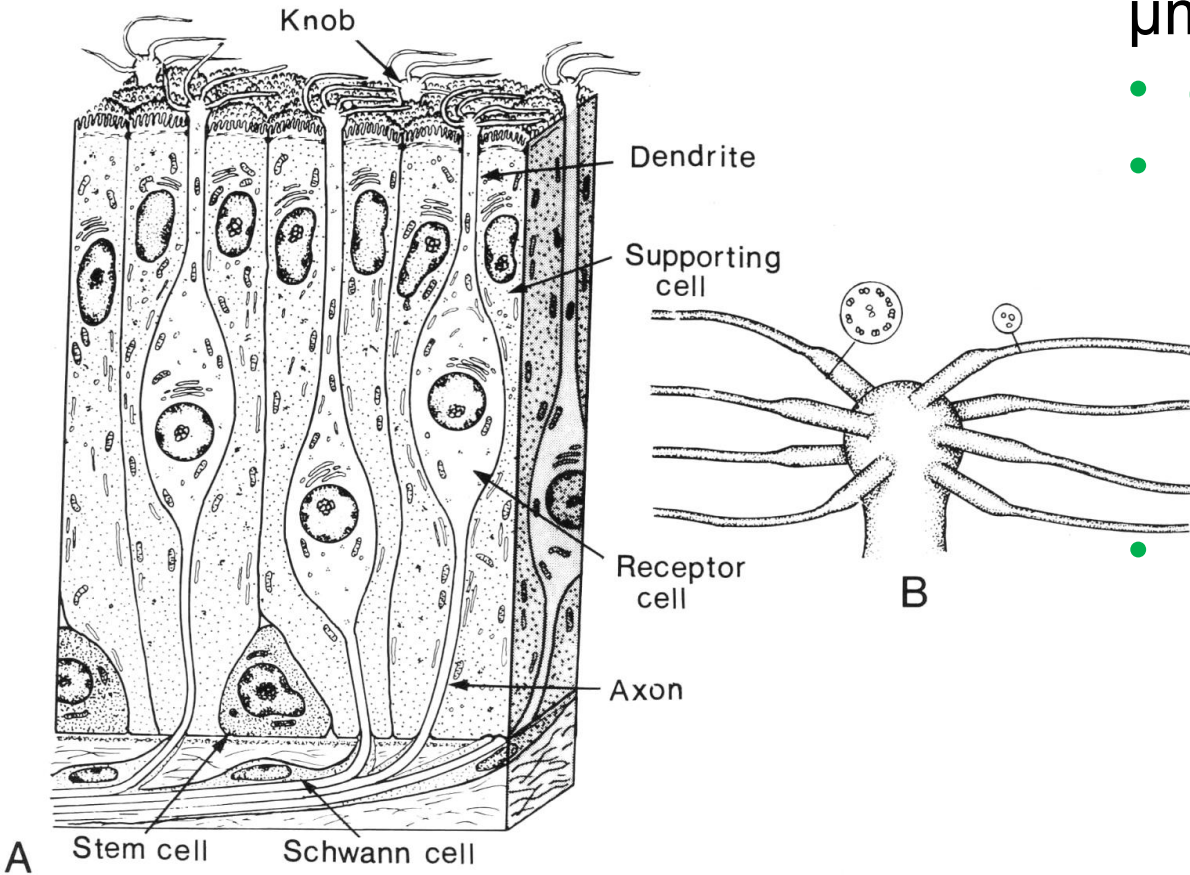
- **podpůrné buňky**



# Čichový epitel

specializovaný víceřadý cylindrický epitel (100  $\mu\text{m}$  vysoký)

- čichové buňky
- bazální buňky
  - mitoticky aktivní kmenové neurony s jádry uloženými při lamina basalis epitelu
- podpůrné buňky

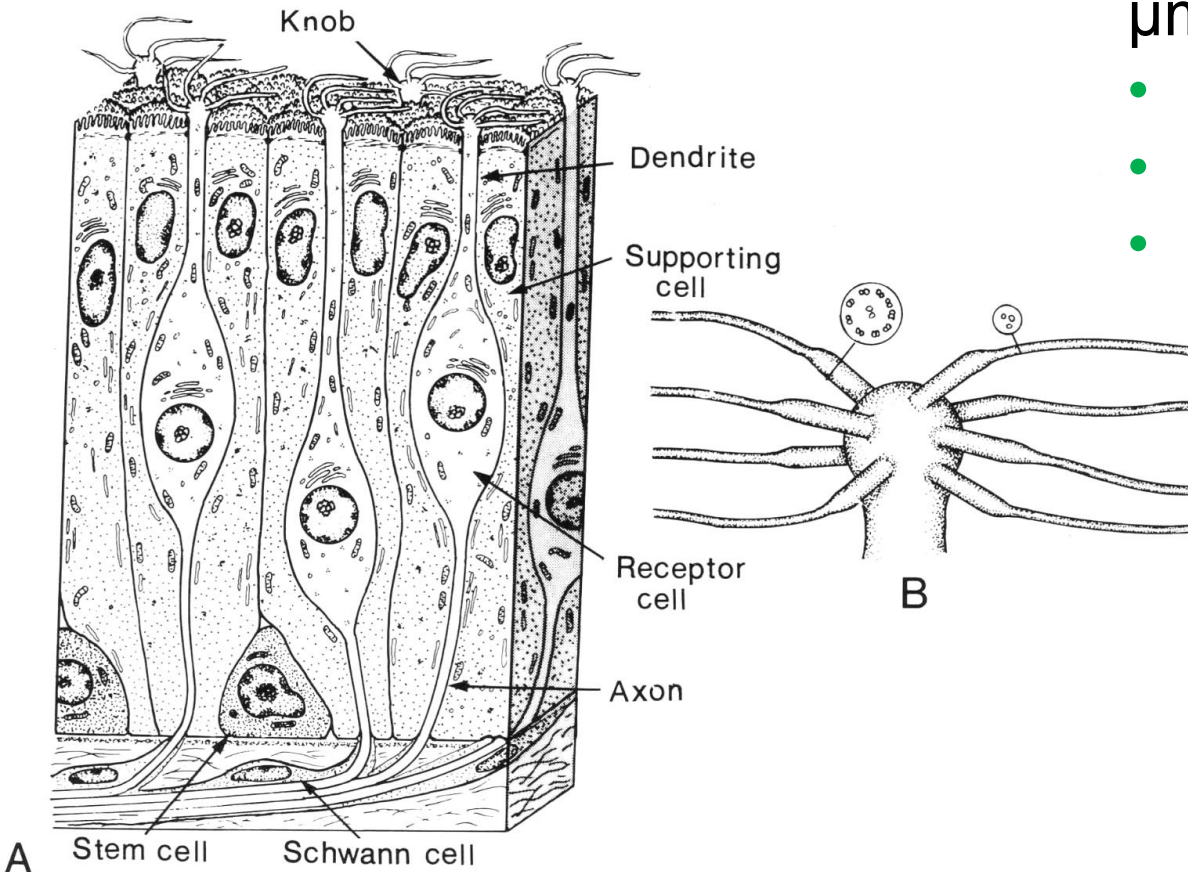


# Čichový epitel

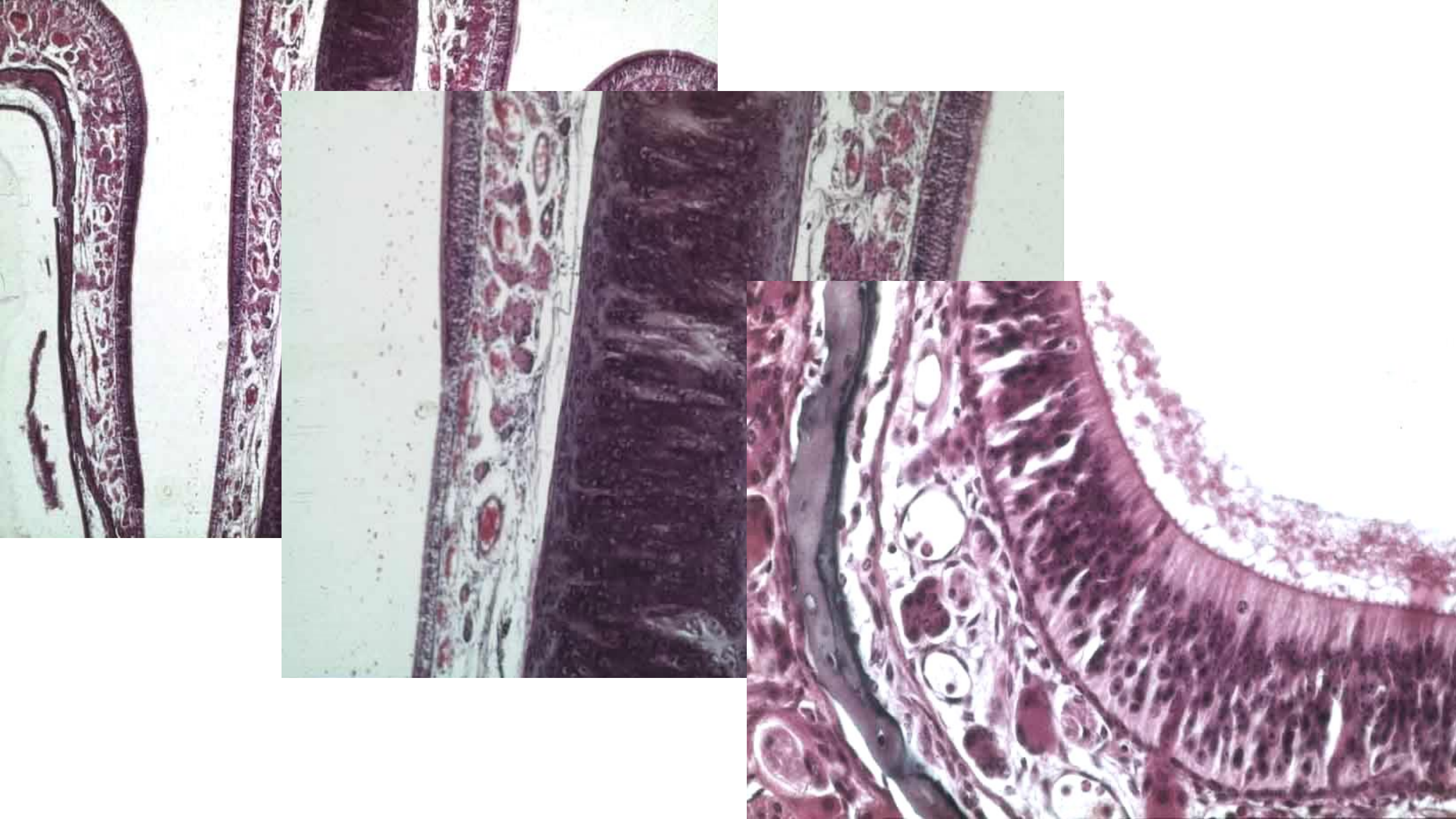
specializovaný víceřadý cylindrický epitel (100  $\mu\text{m}$  vysoký)

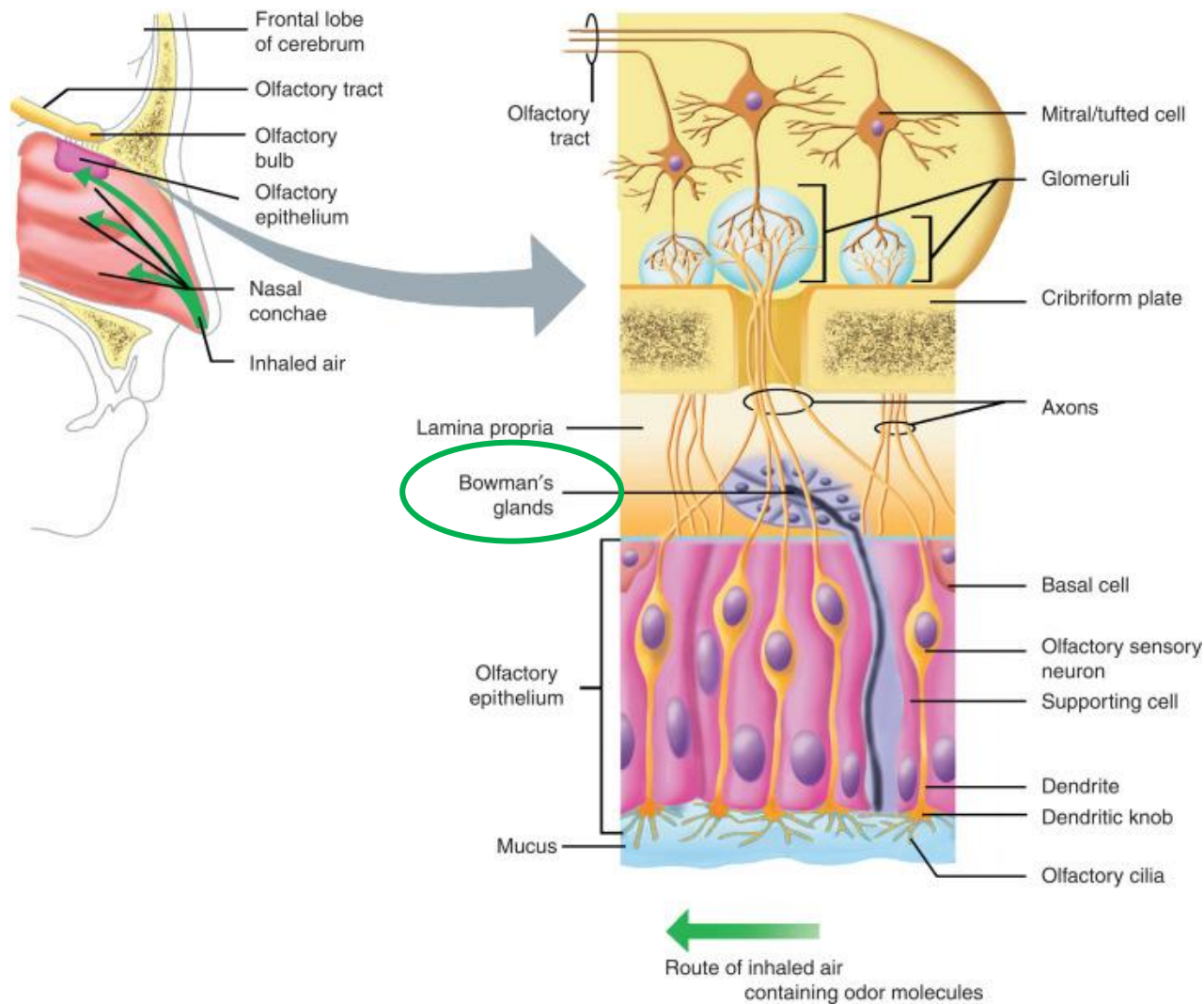
- čichové buňky
- bazální buňky
- podpůrné buňky

- zrcadlový tvar k čichovým buňkám
- apikálně umístěné jádro
- těsná spojení s čichovými buňkami
- dlouhé mikrokly na apikálním povrchu
- bazálně lipofuscinová granula (přibývající s věkem), dlouhověké buňky (1 rok)



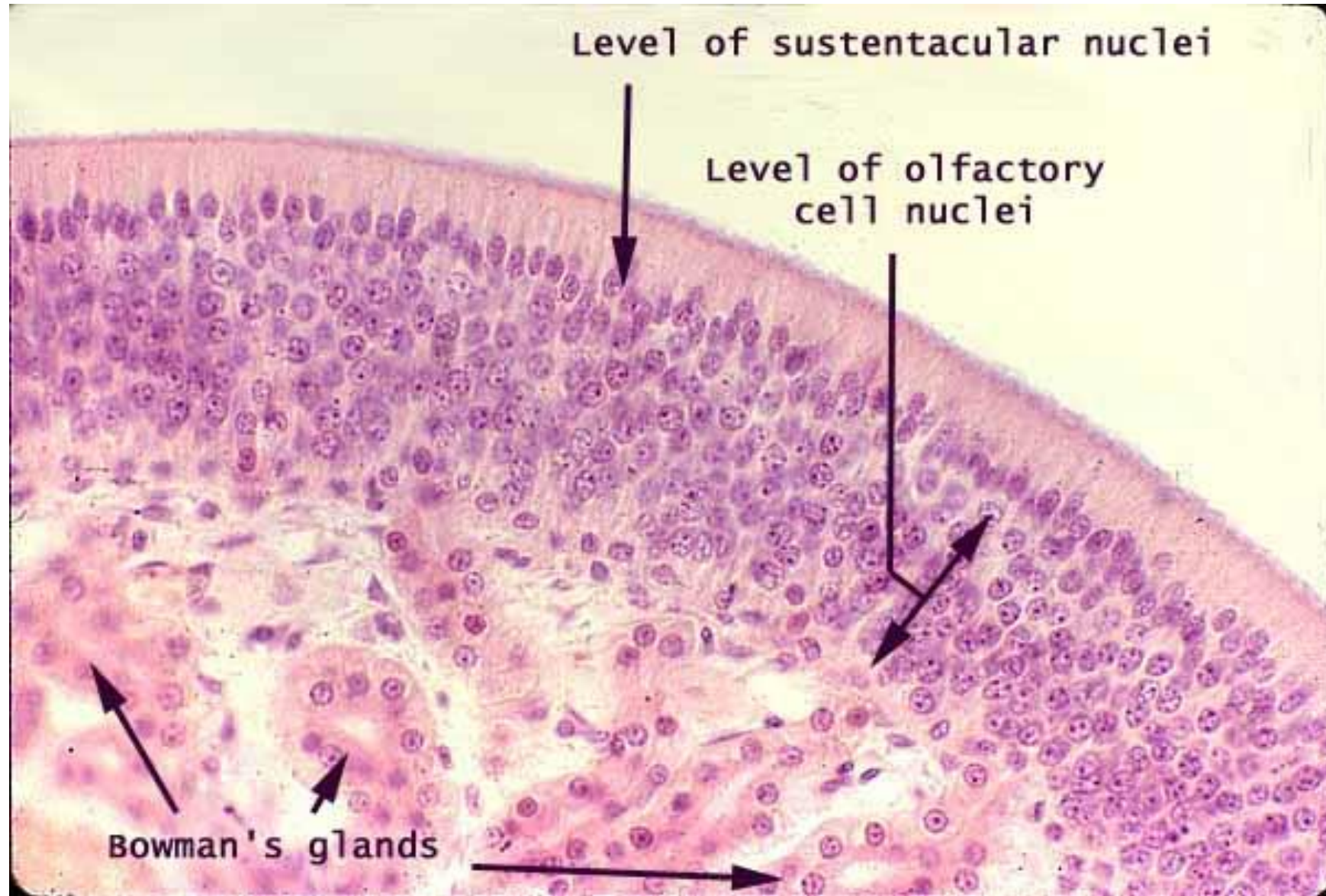


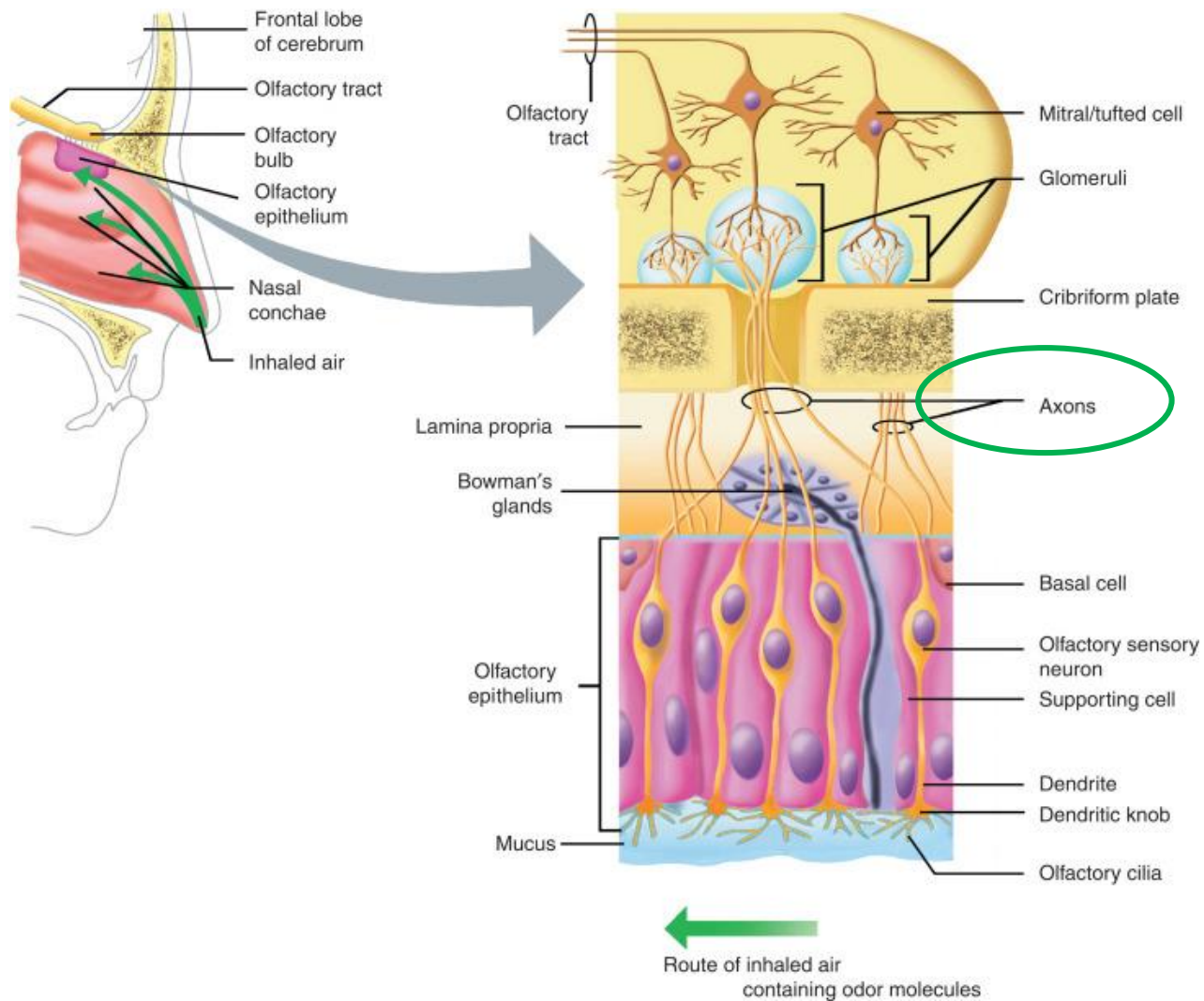




## čichové žlázy (*Bowmanovy*)

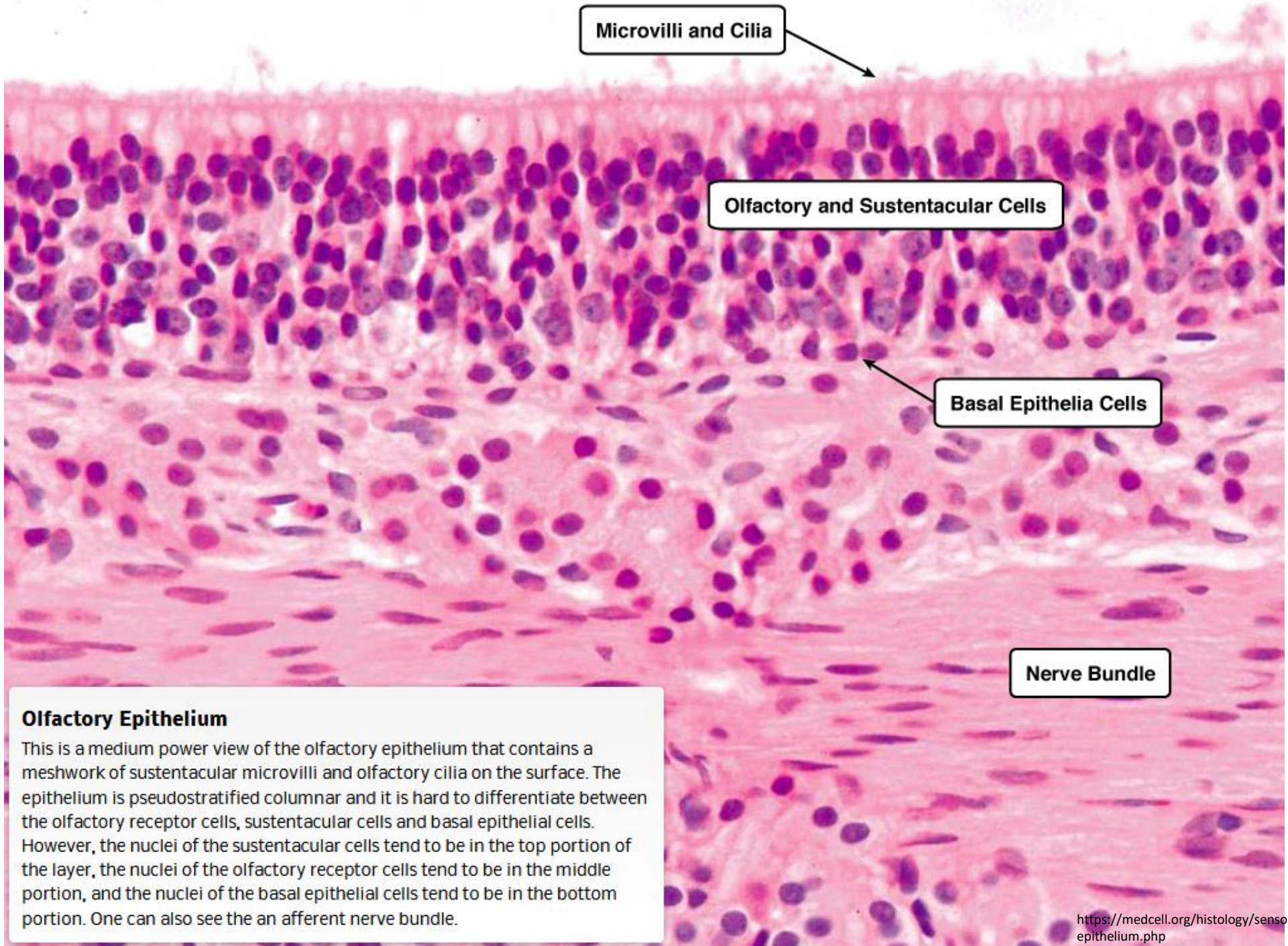
- jednoduché větvené tuboalveolární
- serózní → rozpouští čichem vnímané látky a následně je odplavuje
- sekret obsahuje (odorant-binding protein (OBP) lysozym, laktoferrin a imunoglobulin A





## fila olfactoria

- svazky nemyelinizovaných axonů čichových buněk
- procházejí skrz lamina cribrosa ossis ethmoidalis do lebeční dutiny do bulbus olfactorius



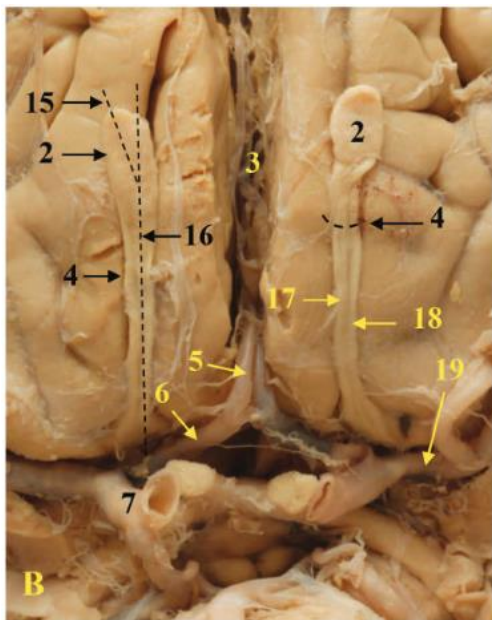
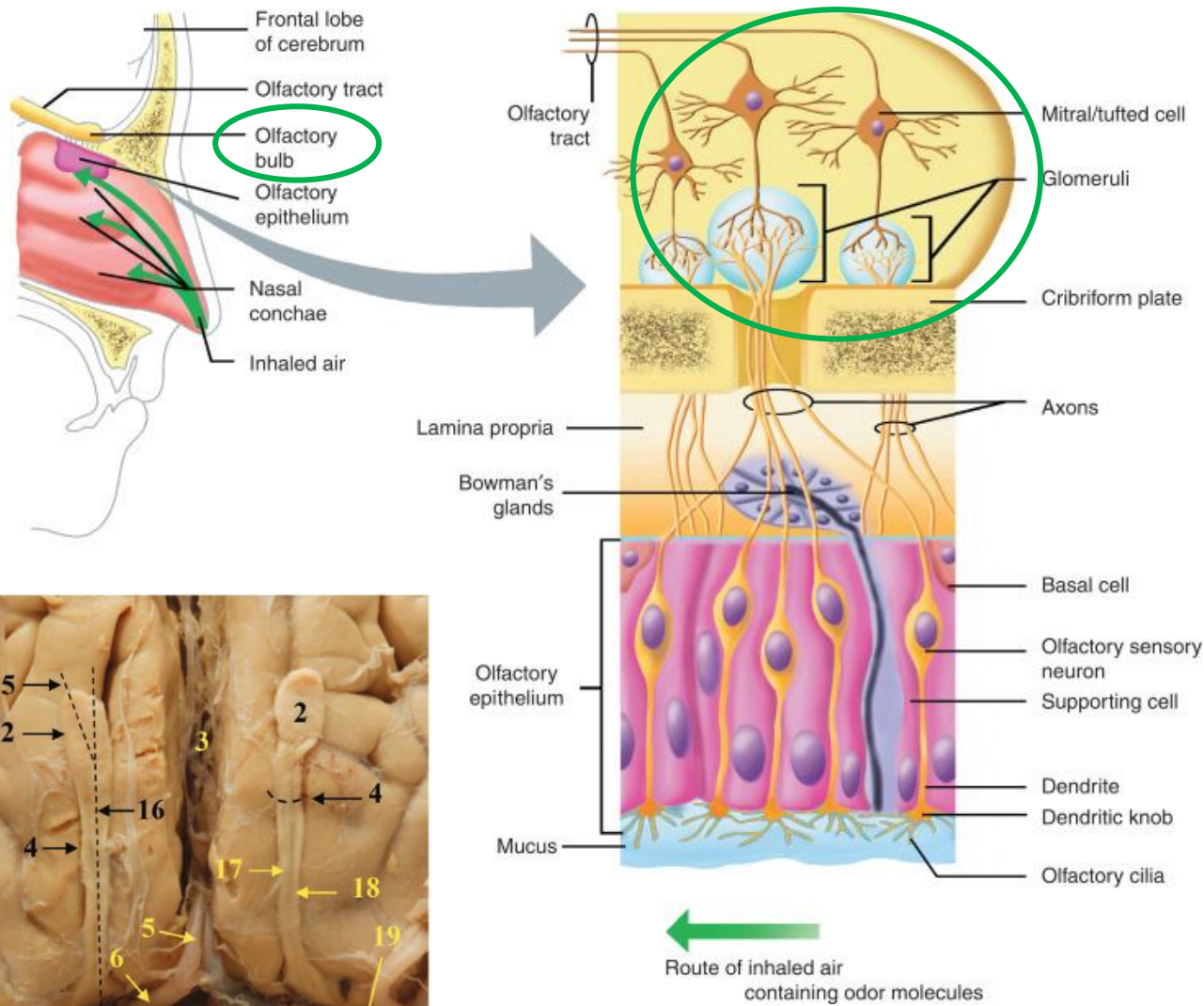
Microvilli and Cilia

Olfactory and Sustentacular Cells

Basal Epithelia Cells

Nerve Bundle

**Olfactory Epithelium**  
This is a medium power view of the olfactory epithelium that contains a meshwork of sustentacular microvilli and olfactory cilia on the surface. The epithelium is pseudostratified columnar and it is hard to differentiate between the olfactory receptor cells, sustentacular cells and basal epithelial cells. However, the nuclei of the sustentacular cells tend to be in the top portion of the layer, the nuclei of the olfactory receptor cells tend to be in the middle portion, and the nuclei of the basal epithelial cells tend to be in the bottom portion. One can also see the an afferent nerve bundle.



## Bulbus olfactorius

- místo přepojení na 2. neuron čichové dráhy
- čichová klubička/glomeruly (*glomeruli olfactorii*)
- axony čichových buněk vytvářejí synapse s dendrity mitrálních, košičkových a periglomerulárních buněk
- axony mitrálních běží skrz tractus olfactorius do čichové kůry (*paleocortex*) a jiných čichových center

<https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/olfactory-epithelium>

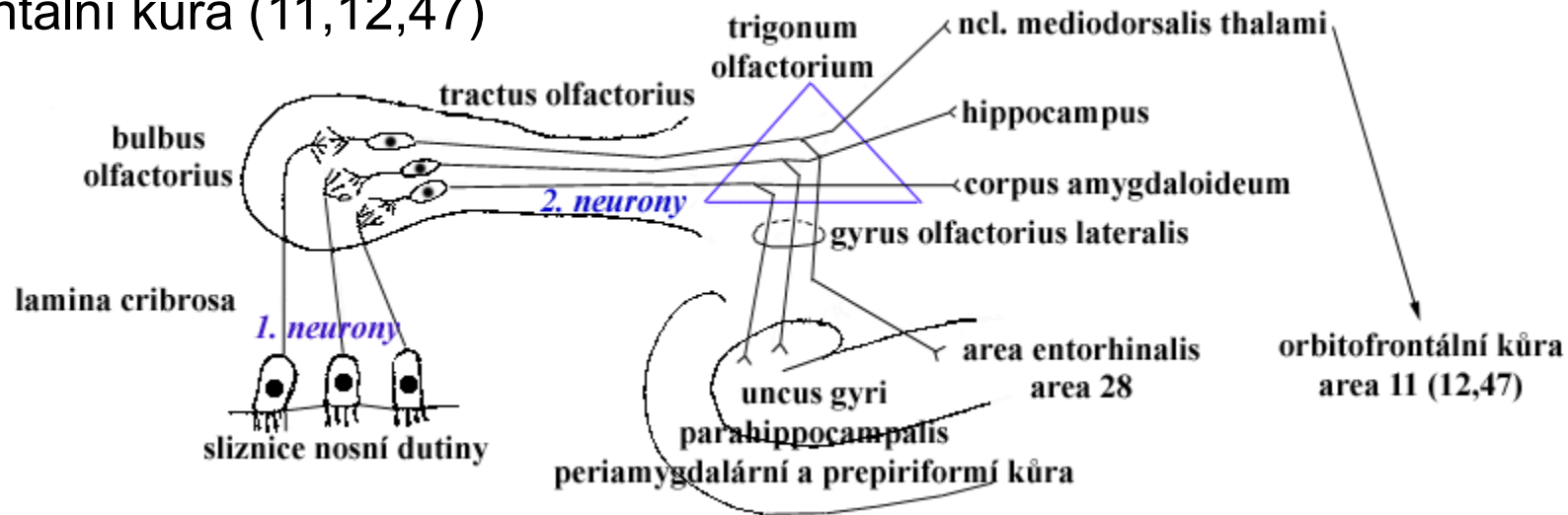
# Čichová dráha – dvouneuronová dráha

## 1 neuron:

- neuroepitelové buňky v pars olfactoria cavitatis nasi → fila olfactoria → lamina cribrosa ossis ethmoidalis → fossa cranii anterior → bulbus olfactorius

## 2. neuron:

- mitrální buňky v bulbus olfactorius → tractus olfactorius → trigonum olfactorium → stria olfactoria med. et lat. → **limbický systém**
  - cortex piriformis – v přední oblasti spánkového laloku
  - uncus a přední konec gyrus parahippocampalis
  - area entorhinalis (area 28)
  - korová část corpus amygdaloideum
- hypothalamus, corpora mammillaria
- *nejvyšší centrum čichu* – orbitofrontální kůra (11,12,47)

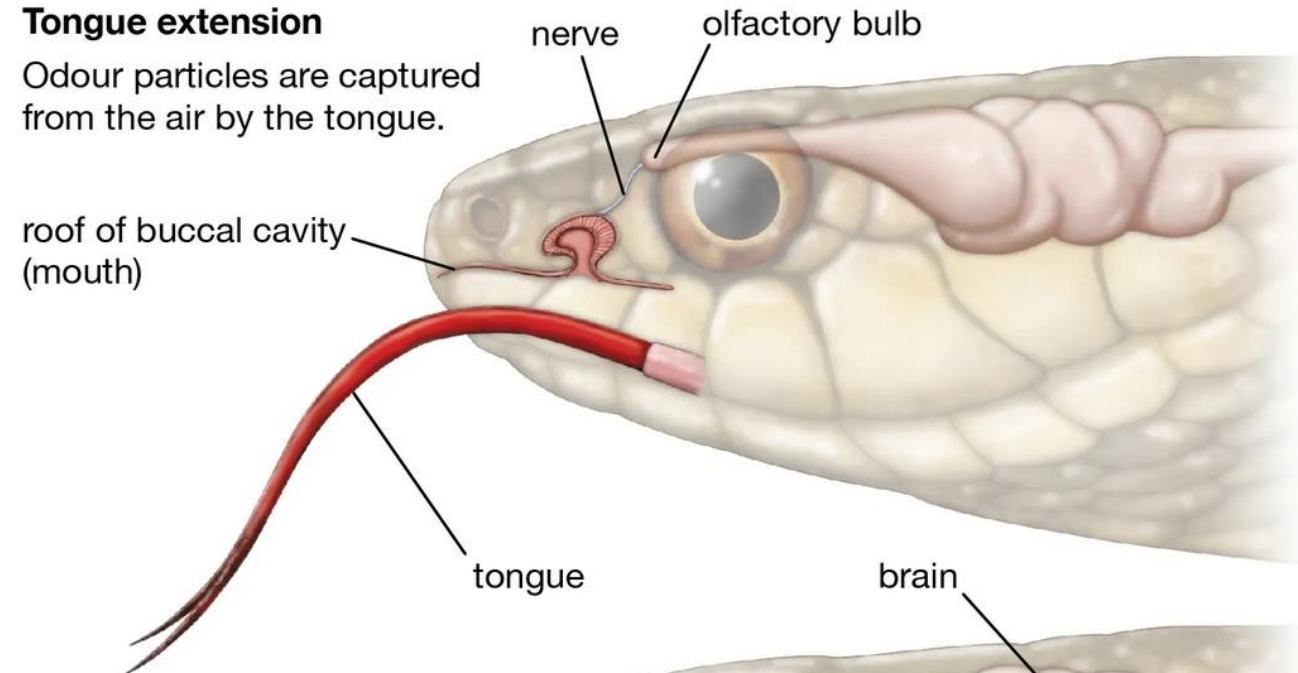


# Jacobsonův vomeronasální orgán



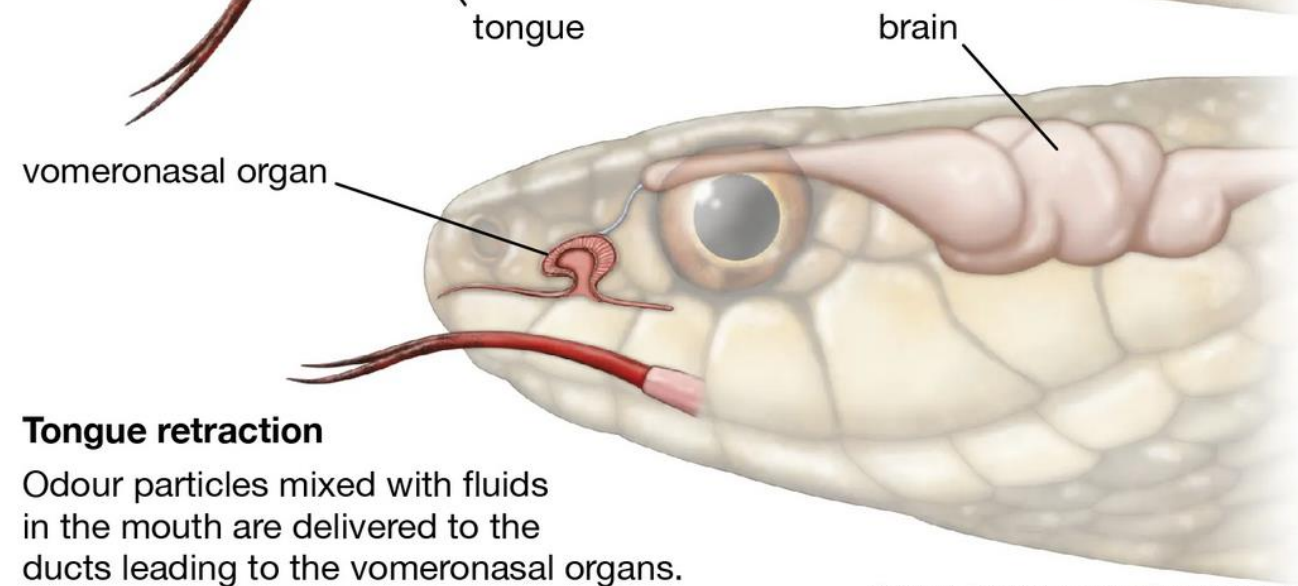
## Tongue extension

Odour particles are captured from the air by the tongue.



## Tongue retraction

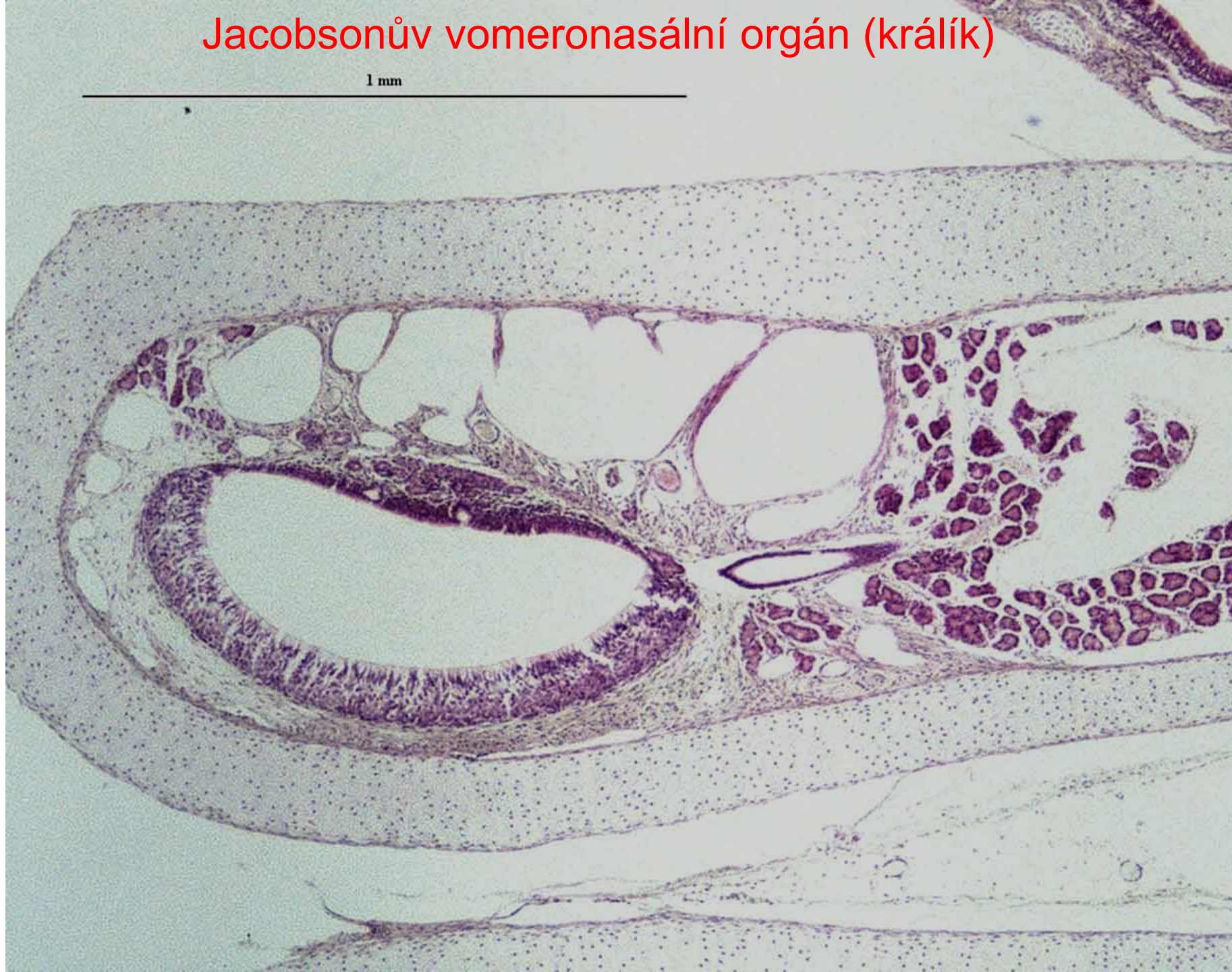
Odour particles mixed with fluids in the mouth are delivered to the ducts leading to the vomeronasal organs.





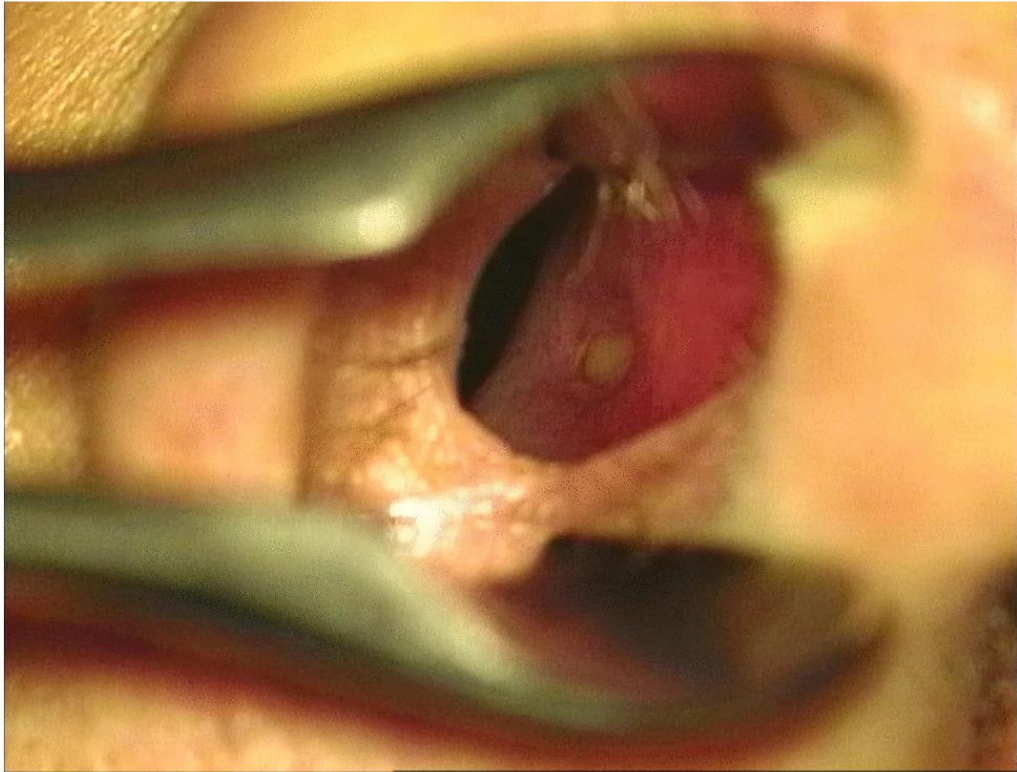
# Jacobsonův vomeronasální orgán (králík)

1 mm



**Fig. 1**

From: The clinical significance of the human vomeronasal organ



Anterior rhinoscopy (with microscope) showing a clearly visible septal pit on the right side of the anterior nasal septum

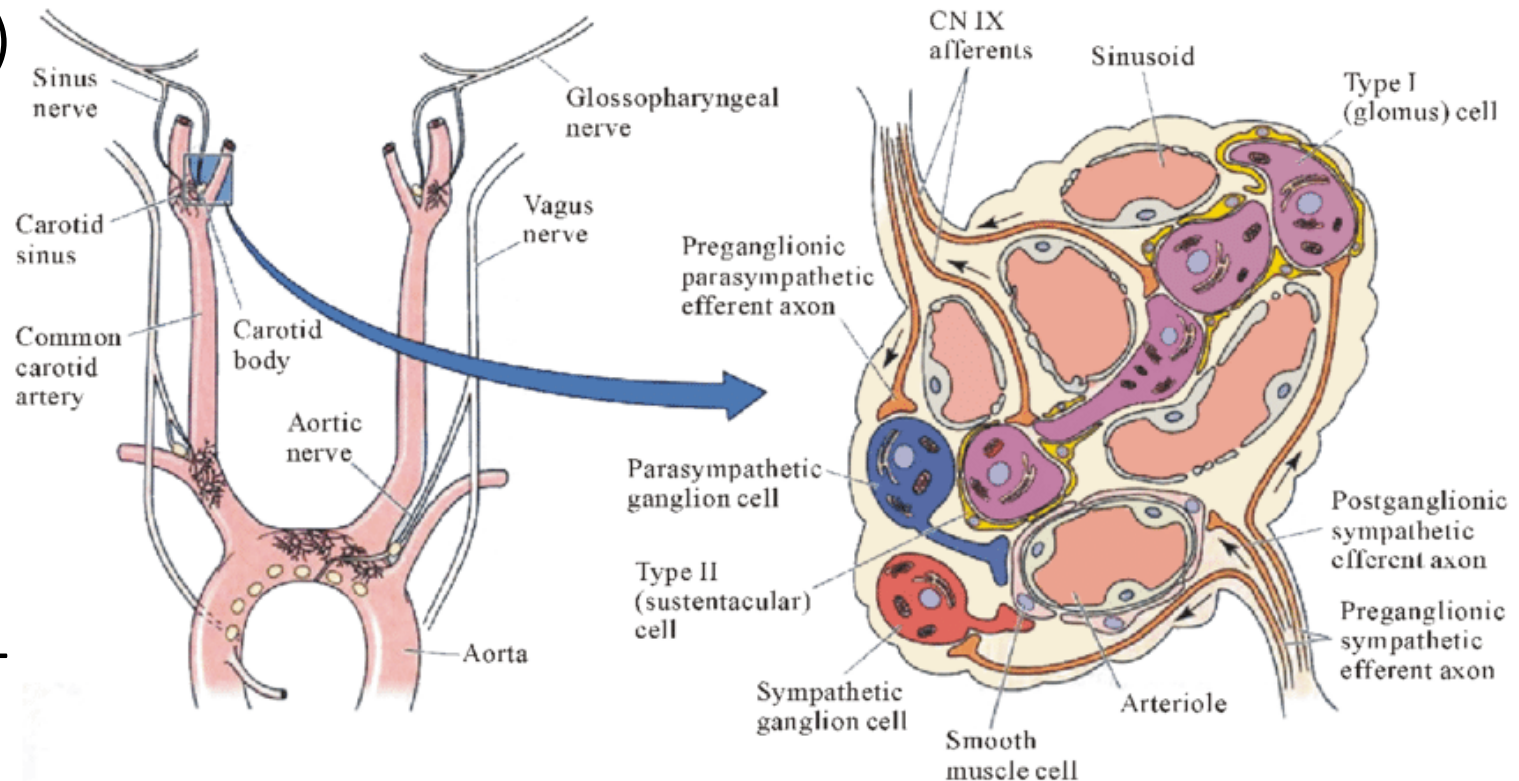
## **Results and conclusion**

The VNO is histologically present in almost all humans, but a macroscopically visible septal pit does not necessarily correspond with the actual VNO. The human VNO is probably a vestigial organ with a non-operational sensory function. It is not necessary to take particular care not to damage the VNO during septal surgery.

Bruintjes, T.D., Bleys, R.L.A.W. The clinical significance of the human vomeronasal organ. *Surg Radiol Anat* **45**, 457–460 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00276-023-03101-2>

# Glomus caroticum

- tepenný chemoreceptor (rozvidlení společné krkavice)
- podnětem je zejména hypoxie (nižší parciální tlak kyslíku), méně hyperkapnie a snížené pH
- odpovědí je reflexní zvýšená dechová frekvence a objem na základě podráždění dýchacích center RF mozkového kmene
- vazivové pouzdro (capsula fibrosa)
  - přepážky (septa), lalůčky
- glomové buňky – pracují jako dopaminergní interneurony
- podpůrné buňky
- gangliové buňky sympatiku + parasimpatiku
- fenestrované kapiláry
- nemyelinizovaná nervová vlákna – vlastní chemoreceptory



# Hmat (*Tactus*)

řecky: **haptain** – **dotýkat se**





<https://fruitdeluxe.de/product/pflaume/>



<https://www.daskochrezept.de/magazin/7-infos-zu-pflaumen-und-zwetschgen-die-du-garantiert-noch-nicht-wusstest>

# Hmat

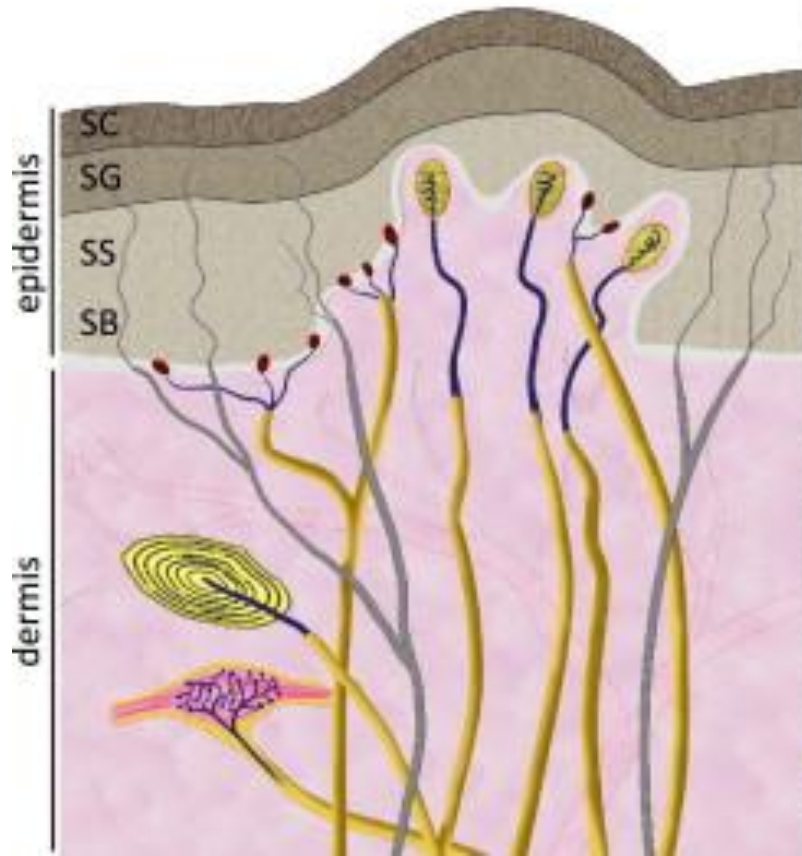
spíše než jeden smysl -  
soubor smyslů

- tlak
- vibrace
- tah
- diskriminační cití
- teplo
- chlad
- bolest

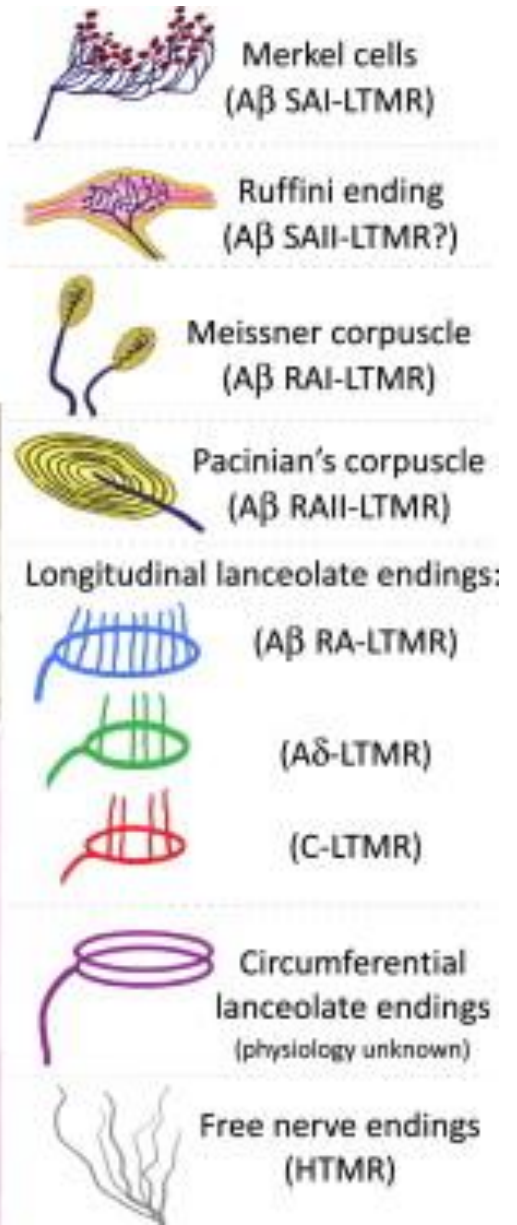
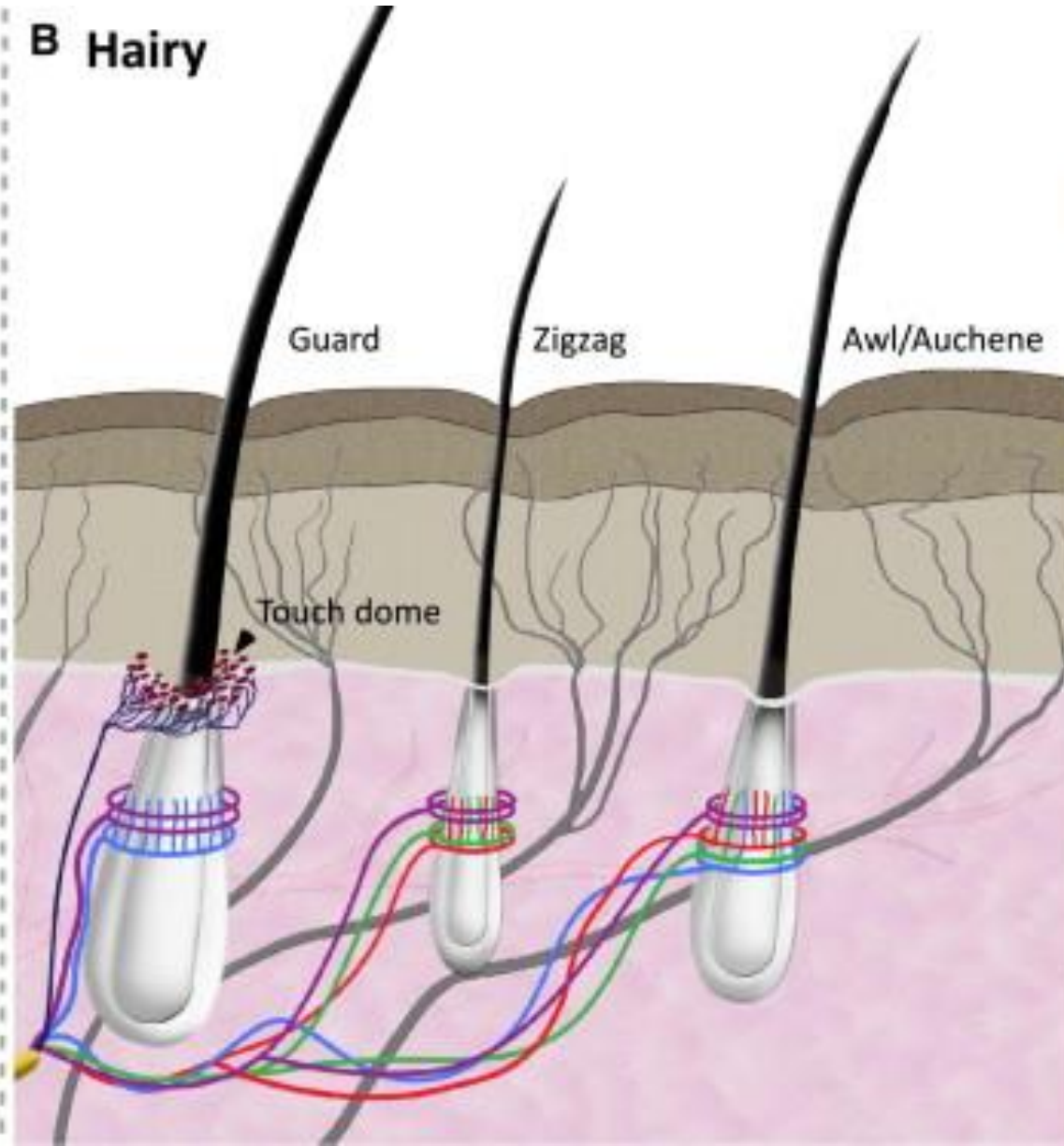


- volná nervová zakončení
- nervová zakončení spojená s pokožkovými strukturami
  - ve škáře spojená se strukturami odvozenými z pokožky
  - nervová zakončení spojená s chlupovou pochvou – kopinatá tělíska
  - nervová zakončení spojená s pokožkovou buňkou – Merkelovy terče
- opouzdřená nervová zakončení (tělíska)
  - skupina tělísek rozličné velikosti, tvaru a rozložení
  - vždy obsahuje dendrit obalený nevzrušivými buňkami
  - Vaterova-Paciniho tělíska, šlachová a svalová vřeténka, Ruffiniho tělíska, Meissnerova tělíska...

## A Glabrous

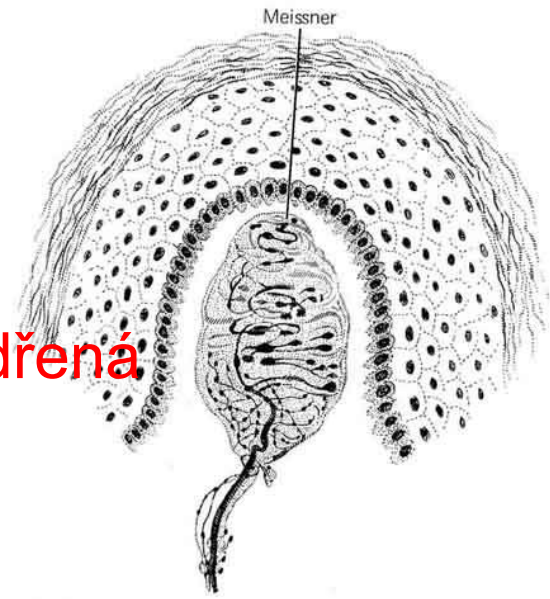
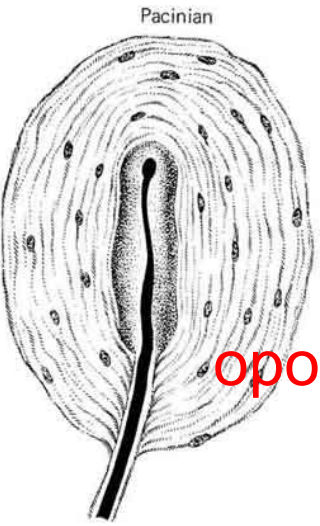


## B Hairy





# periferní zakončení aferentních neuronů



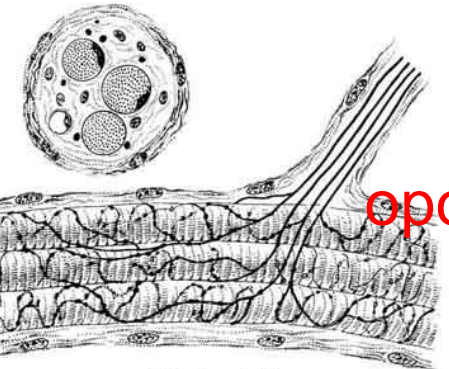
opouzdřená



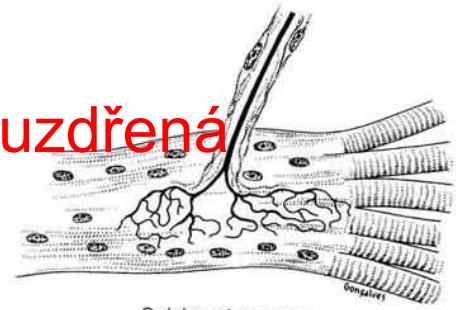
volná



opouzdřená



opouzdřená

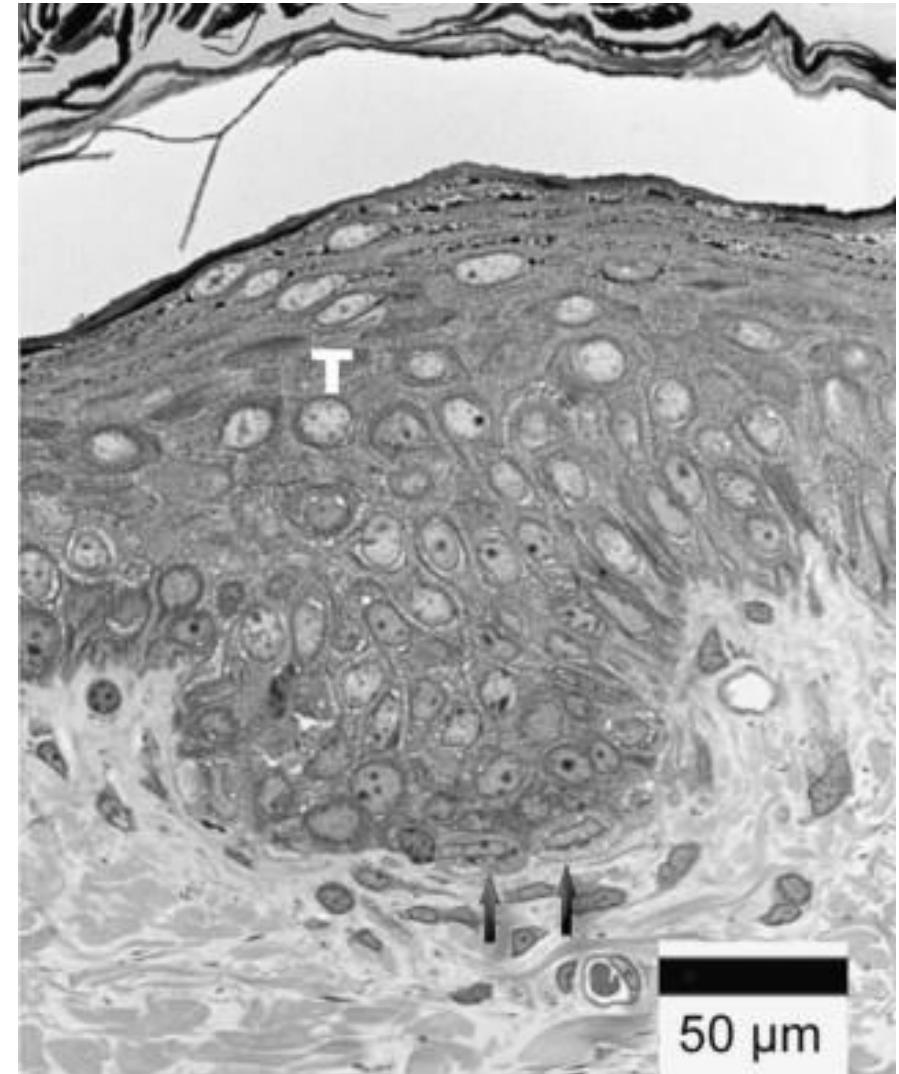


# Volná nervová zakončení

- senzitivní nervová zakončení, větvená do pletení
- pokožka (stratum basale et spinosum), rohovka, chlupová pochva, kolem potních žláz
- všechny pojivové tkáně (škára, fascie, pouzdra orgánů, vazy, šlachy, adventicie cév, pleny, kloubní pouzdra, okostice, osteony, nástěnná pobřišnice, endomysium všech druhů svalů)
- epitely (kůže, spojivka, rohovka, sliznice tváře, dýchací a trávicí systém a jejich žlázy) a zubovina
- termoreceptory, mechanoreceptory, jednodruhové i vícedruhové (unimodální i polymodální) nociceptory

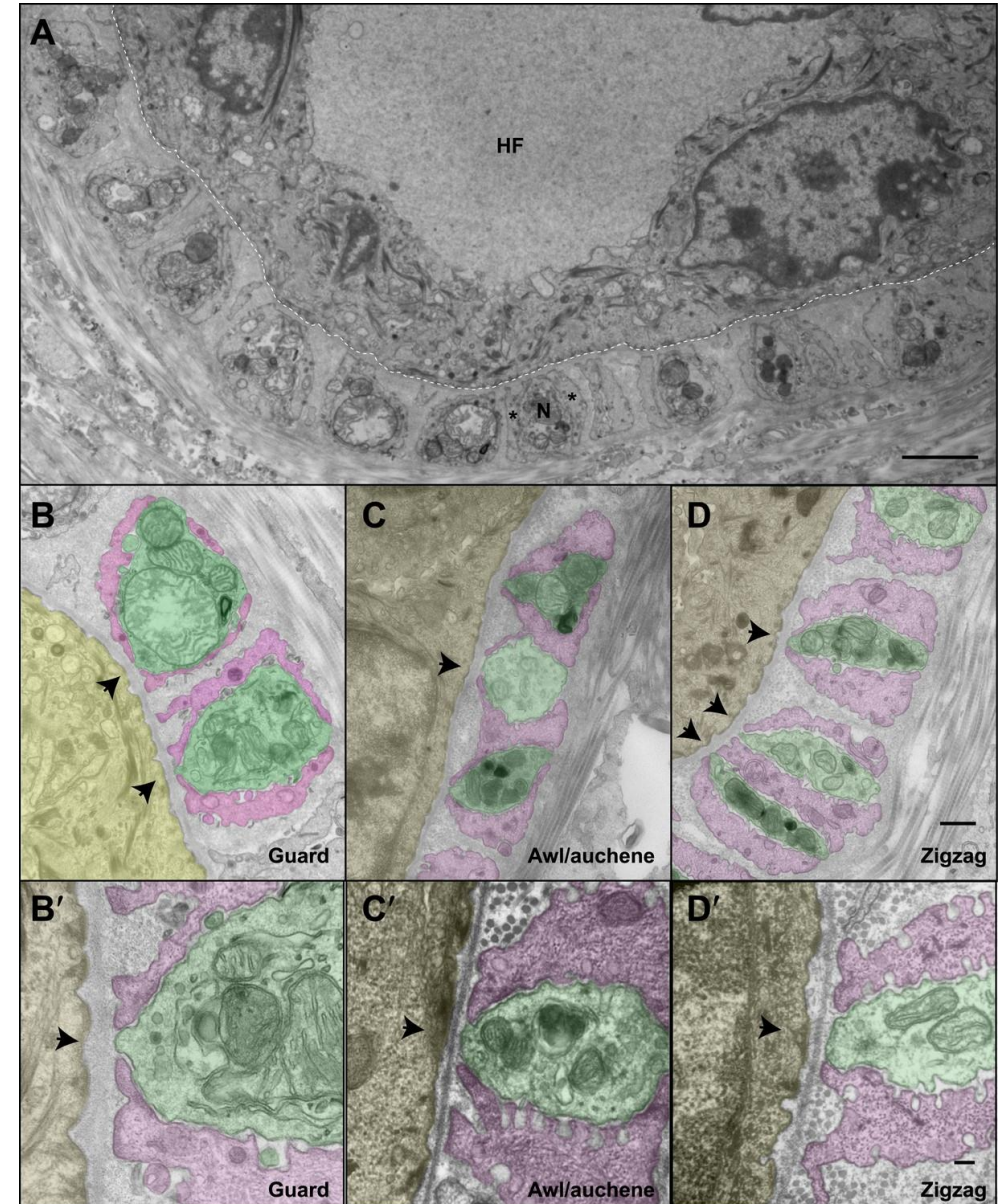
# Merkelova tělíska (Merkelovy terče)

- oploštělé **epitelové** buňky (**Merkelova buňka**)
- ve spodních vrstvách pokožky vytvářejí funkční spojení s větvením aferentního nervu
- v ochlupené kůži vytvářejí shluky tělísek napojené na jedno vlákno
- v lysé kůži je naopak poměr terčů a vláken vyrovnaný
- velmi citlivé na kolmé pohyby kůže a ohýbání chlupů



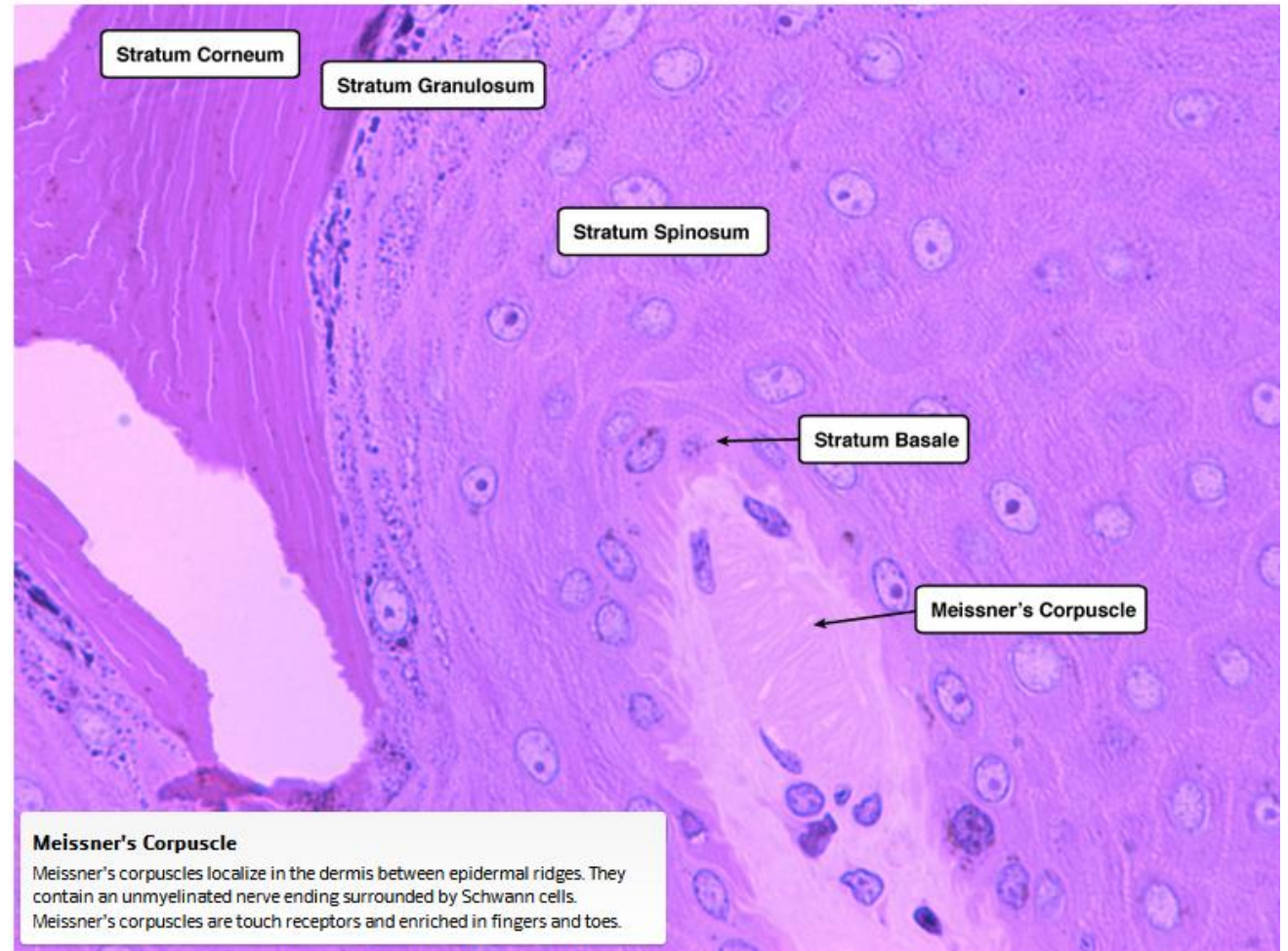
# Kopinatá tělíška

- vázané na chlupovou pochvu
- nervové vlákno přistupuje přímo pod mazovou žlázou
- ztrácí myelinovou pochvu a větví se až na 4 kopinatá zakončení
- rychle se adaptující receptory reagují na ohnutí chlupu



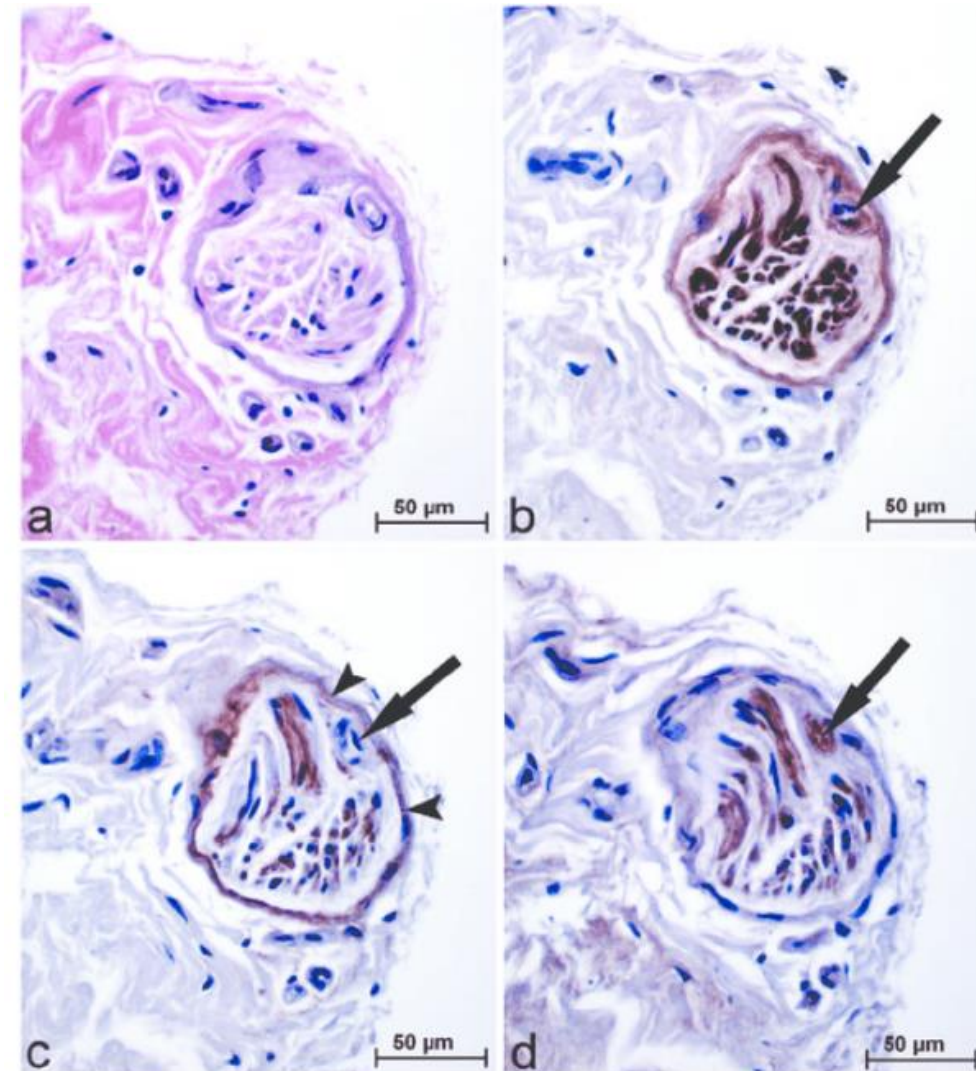
# Meissnerova tělíska

- modifikované Schwannovy buňky vrstvené napříč tělískem obklopují centrální nervové vlákno
- capsula fibrosa - okolo tělíska (přenos sil z okolí)
- ve stratum papillare dermis v papilách těsně pod pokožkou
- výskyt po celém těle, nejvyšší hustota na bříšcích prstů, méně na dlaních, chodidlech, předkožce, rtech a ústní dutině
- velikost  $50\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$



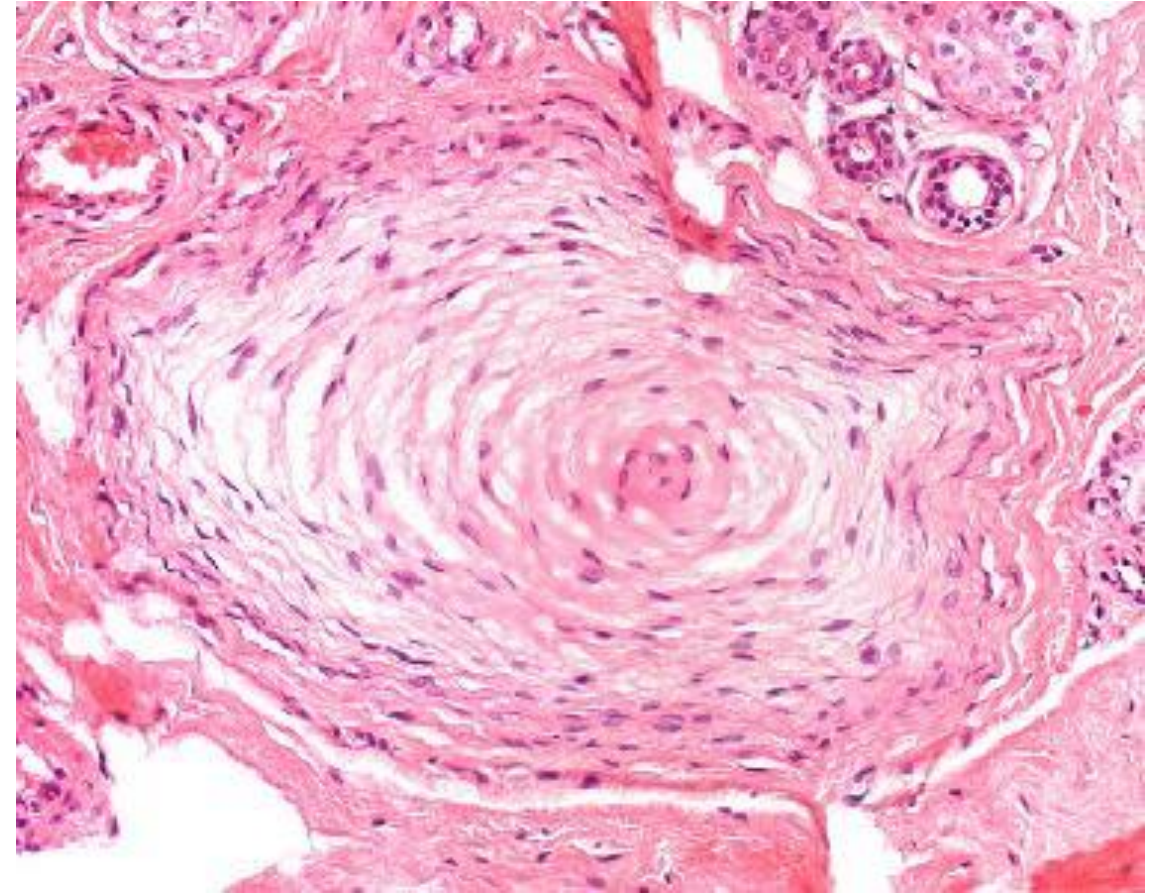
# Ruffiniho tělísko

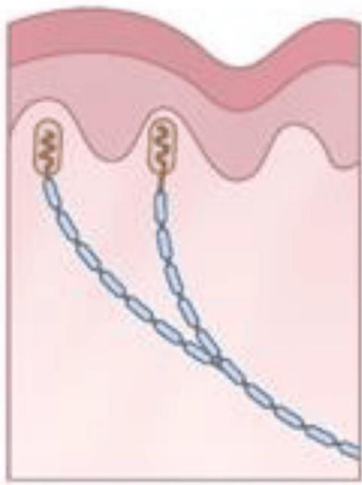
- v hloubce škály u přechodu do podkoží (stratum reticulare) a v podkoží
- válcovité opouzdřené tělísko (o několika lamelách stejné stavby jako perineurium)
- 0,5 mm x 2 mm
- větvená nervová vlákna se uvnitř tělíska proplétají s kolagenními vlákny (přenos mechanických sil z okolí na kolagenní vlákna a dále na nervová), díky tomuto uspořádání mají velké receptivní pole
- výskyt po celém těle, také v dásni, žaludu, kloubních pouzdrech a šlachových úponech



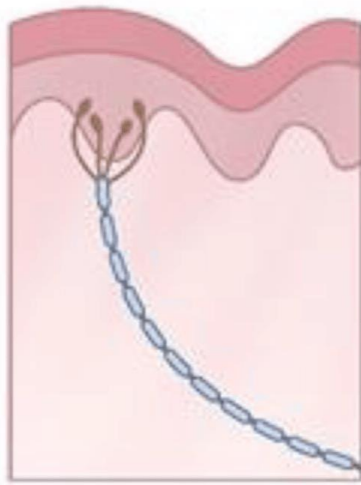
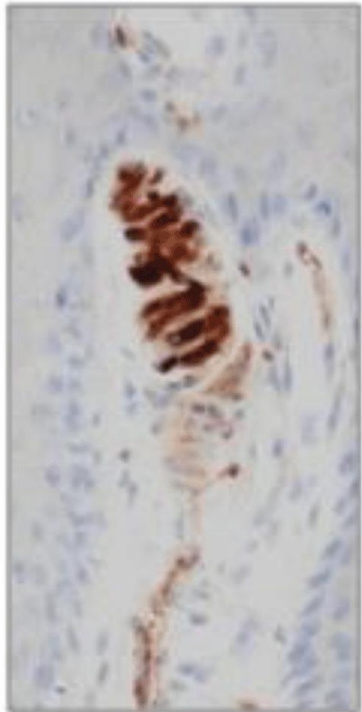
# Vater-Paciniho tělísko

- nejsložitější, největší, opouzdřená hmatová tělíška (až 2,5 mm)
  - centrálně nervové vlákno, lamely Schwannových buněk, pouzdro (capsula fibrosa - lamely perineurálních buněk)
  - na příčném průřezu vzhled cibule
  - mezi lamelami tekutina – nestlačitelnost tělíška a rychlý přenos tlaku a vibrací
- 
- výskyt v kůži (na dlaních, chodidlech a prstech, vnějších pohlavních orgánech, pažích, krku a bradavce), v okostici, mezikostních blánách a v kloubních pouzdrech
  - - rychle se adaptující receptory, citlivé zejména na vibrace s vyšším kmitočtem

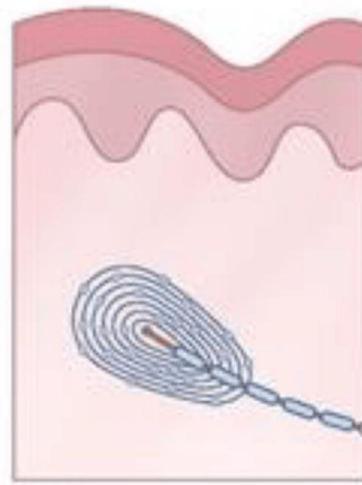
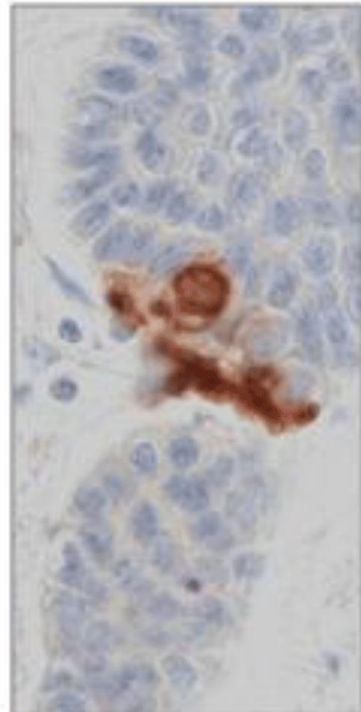




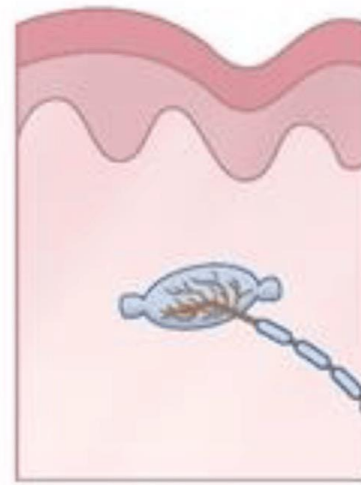
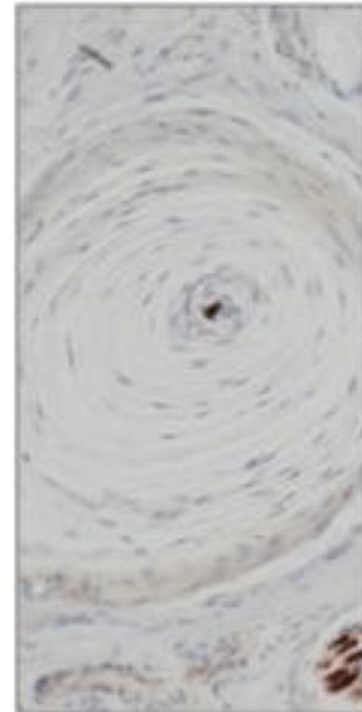
Aβ RAI LTMR



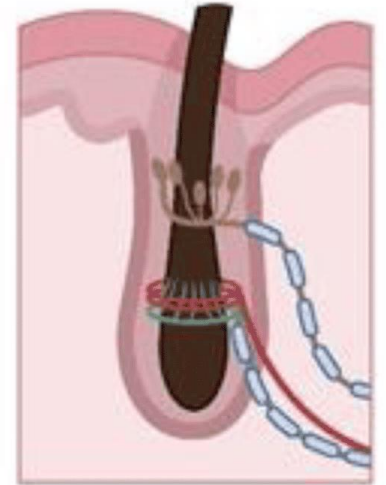
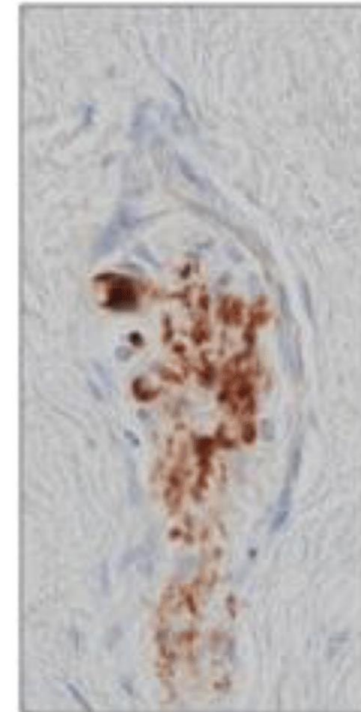
Aβ SAI LTMR



Aβ RAI LTMR



Aβ SAI LTMR



Aβ RAI LTMR  
Aδ LTMR  
C LTMR  
Aβ SAI LTMR



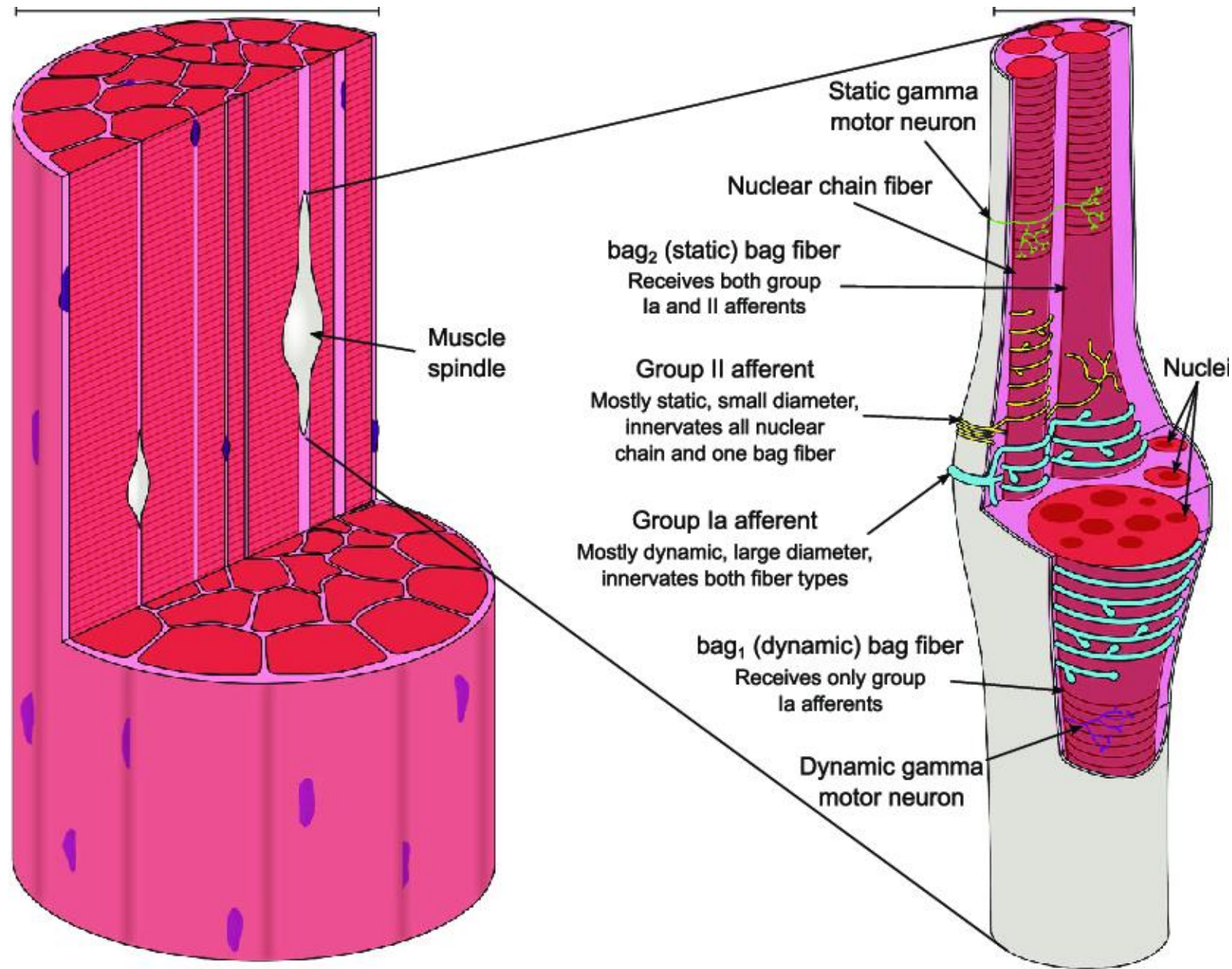


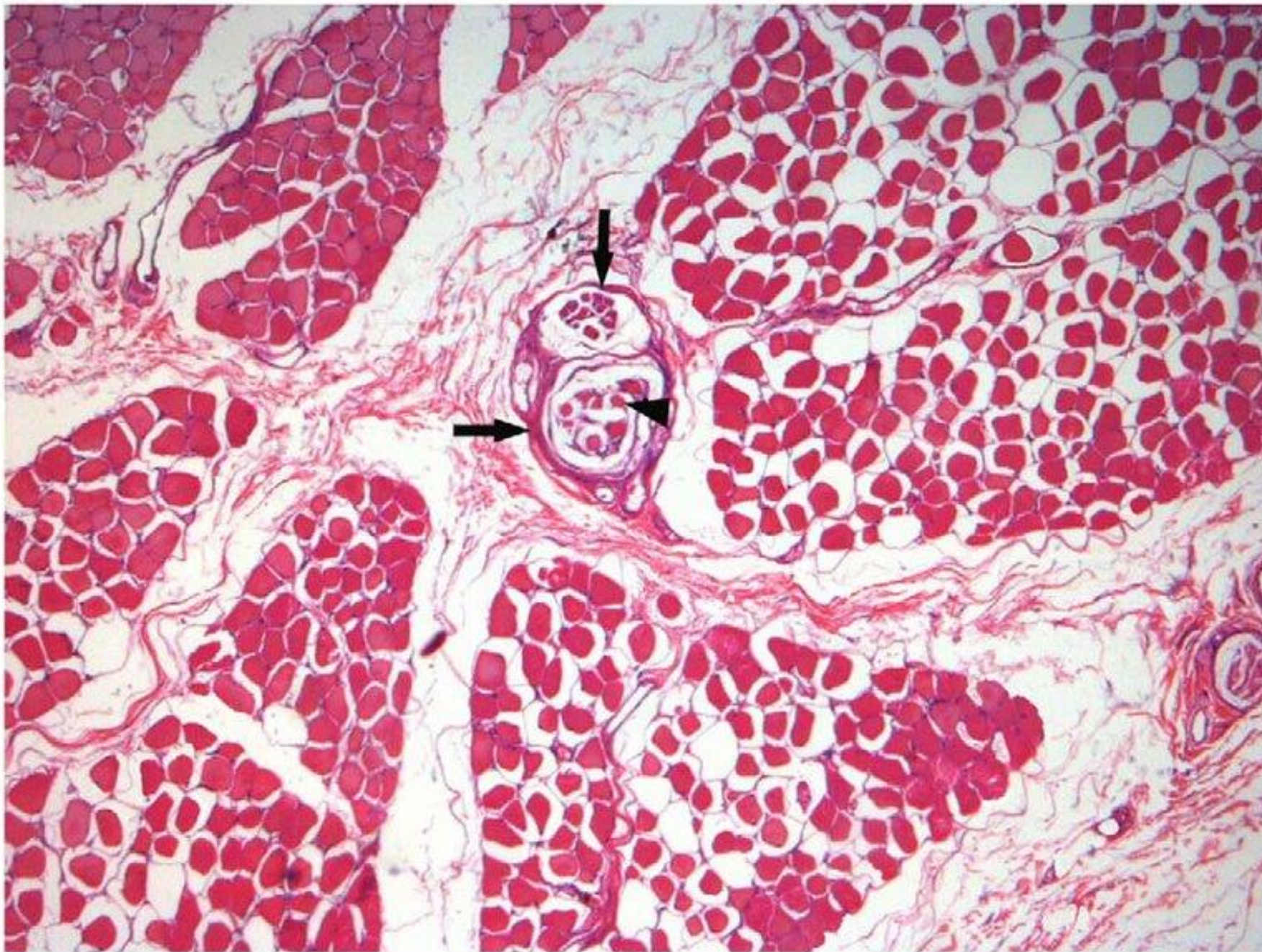
# Nervosvalové vřeténko



# Nervosvalové vřeténko

- příčně pruhované svaly (málo v očních svalech, žádné v jazyku)
- 0,8 – 5 mm
- **pouzdro (capsula)** – vřetenovitý vazivový obal
  - vnější vrstva (lamina externa) – ploché fibroblasty a kolagenní vlákna (odpovídá perineuriu)
  - vnitřní vrstva (lamina interna) – jemné trubičky kolem jednotlivých vláken
- mezi oběma rosolovitá tekutina s glykosaminoglykany
- **intrafuzální svalová vlákna**
  - liší se od obvyklých (extrafuzálních) svalových vláken kratší délkou a tenčí zónou myofibril kolem jádra





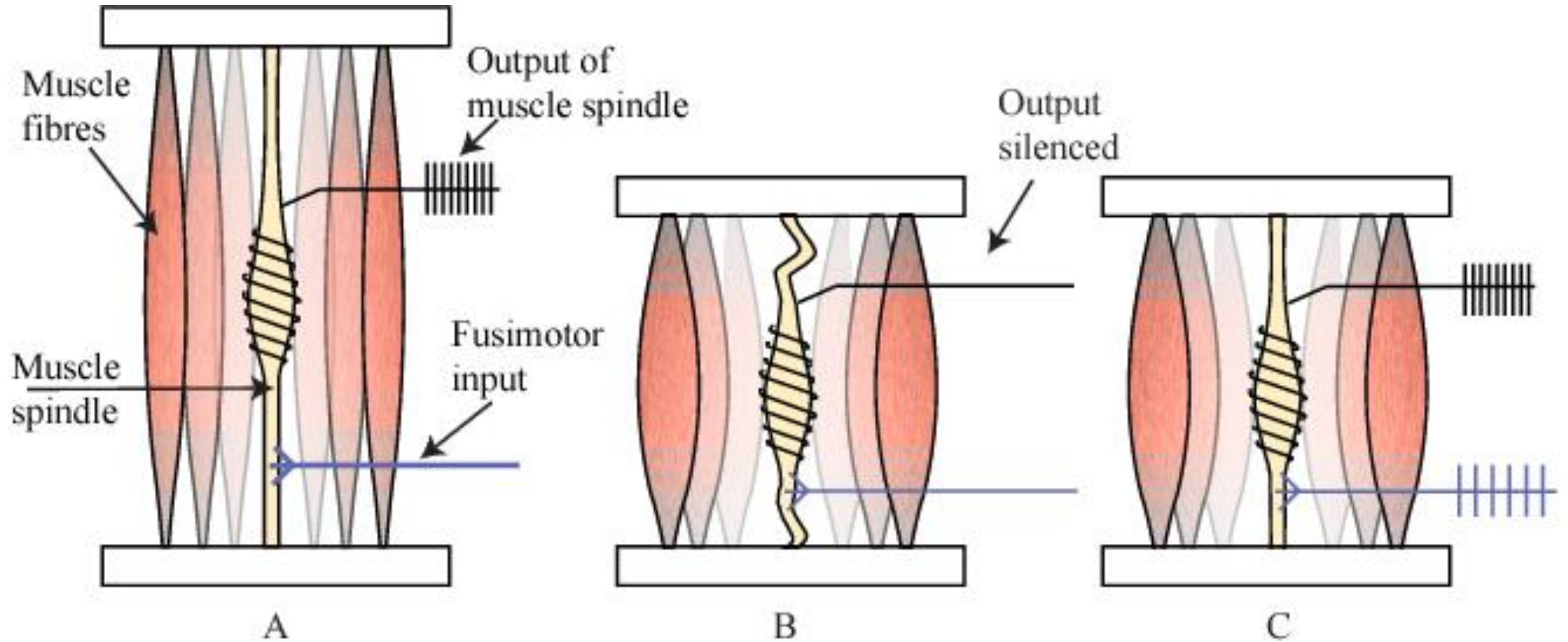
100  $\mu$ m

Xie, Peng & Jiang, Yanjun & Zhang, Xiaoming & Yang, Shengbo. (2012). The Study of Intramuscular Nerve Distribution Patterns and Relative Spindle Abundance of the Thenar and Hypothenar Muscles in Human Hand. PLoS one. 7. e51538. 10.1371/journal.pone.0051538.

# Nervosvalové vřeténko

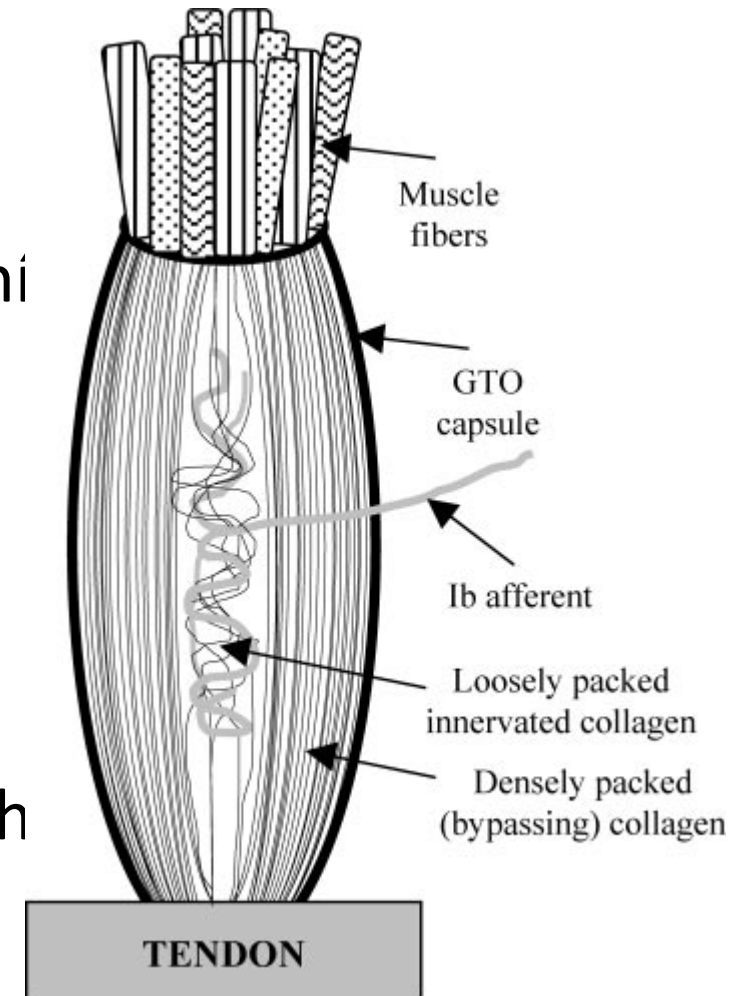
- podává informace o napětí extrafuzálních vláken v klidu i při stahu či uvolnění
- vnímá izometrické kontrakce (změny napětí bez protažení)
- citlivost je řízena gama-motoneurony, které volí předpětí intrafuzálních vláken
- lze nastavit citlivost, s níž se svalová vřeténka uplatňují jako dostředivá složka motorických reflexů a ovlivňují tak i svalový tonus
- sleduje svalové podmínky a posílá tyto informace do CNS ke srovnání mezi zamýšlenými a skutečnými pohyby

# Nervosvalové vřeténko



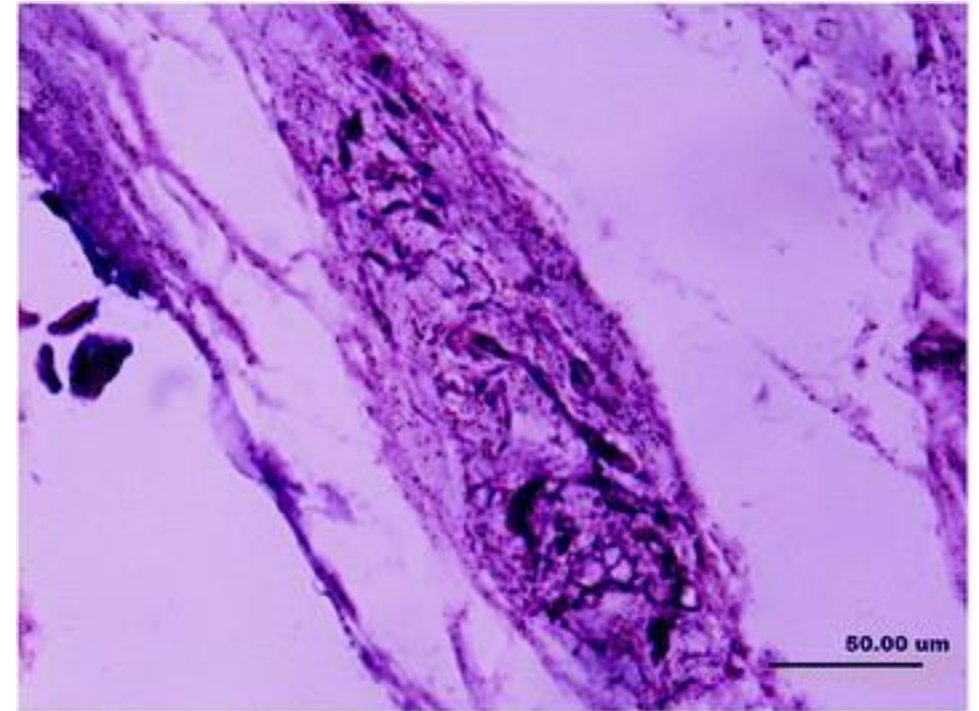
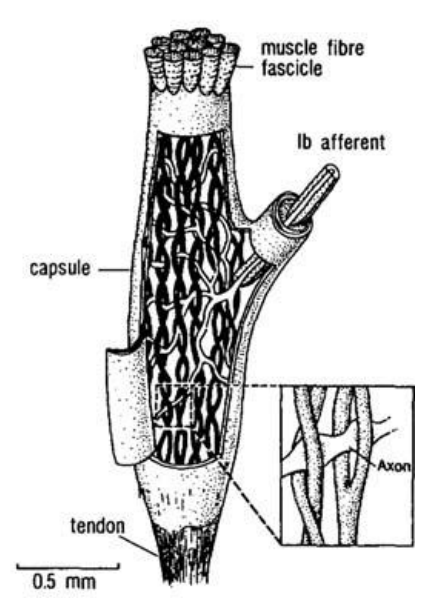
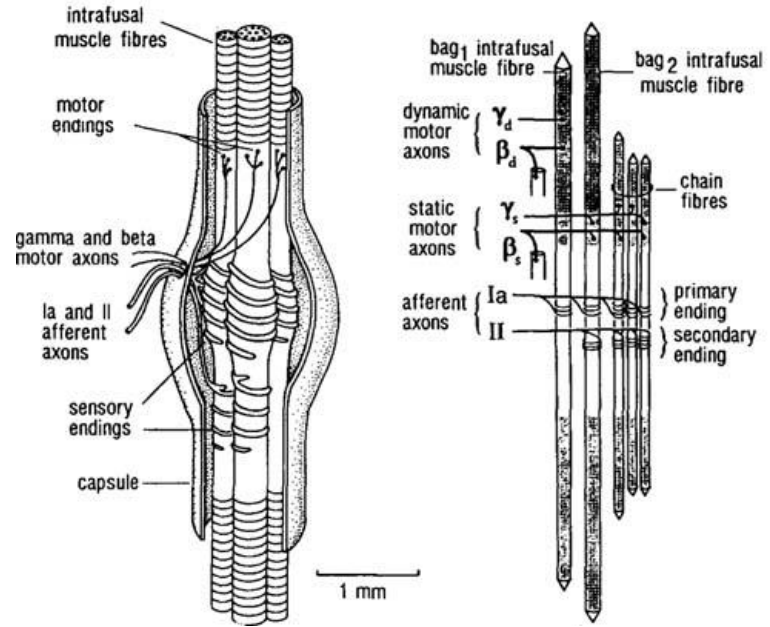
# Šlachové (Golgiho) vřeténko

- malé svazky šlachových vláken obalené tenkým pouzdem
- přes 50 vřetének u každého šlachosvalového spojení
- 1 vřeténko je ve vztahu ke skupině až 20 svalových vláken, upínajících se do šlachového svazku obemykajícího vřeténko
- velikost 500 x 100  $\mu\text{m}$ , pomalá adaptace
- podává **propriocepční informace o napětí svalů a šlach**, čímž doplňuje polohocit ze svalů a z kloubních pouzder



A. muscle spindle

B. tendon organ





# Dráha zadních provazců

= *lemniskový systém*

= *tractus spino-bulbo-thalamo-corticalis*

- tříneuronová dráha, zkřížená v prodloužené míše
- hmat, vibrace, hluboký tlak, tah, polohocit (propriocepce) z kloubů, šlach a svalů
- porucha: senzoričná ataxie (*sclerosis multiplex, tabes dorsalis*) – tabická disociace čítí



# Tractus spinothalamicus (součást ALS)

- součást *anterolaterálního systému* (neospinotalamická dráha)
- tříneuronová dráha, zkřížená v míše
- rychlá (akutní, ostrá bolest), teplo a chlad (lat.) a hrubá citlivost (ant.)
- lemniscus spinalis v kmeni
- z Rexedových zón I,V,VII,VIII
- *porucha: syringomyelie*–syringomyelická disociace cití
- stimulace / chordotomie při neztížitelných bolestech



# Senzitivní dráhy hlavových nervů

- obdoba obou systémů u hlavových nervů
- hmat, polohocit (tr. trigeminothalamicus ant.) a bolest z hlavy (tr.t-th post.)
- n. V, IX, X
- lemniscus trigeminalis se přidává laterálně k lemniscus medialis



# Bolest (Dolor)

řecky: algea



*An unpleasant sensory and emotional experience associated with, or resembling that associated with, actual or potential tissue damage*



**IASP**

INTERNATIONAL ASSOCIATION  
FOR THE STUDY OF PAIN

---

**CELEBRATING | 1974-2024**

---



Bolest je **subjektivní vjem**

Aferentní nervový systém, zpracování v CNS

Významná **emoční složka**

Zážitek bolesti:

- Existence vlastní tkáňové léze
- Uvědomění si bolestivého vstupu do mozku
- Zhodnocení situace pomocí analýzy zrakové, sluchové, dalších smyslů
- Porovnání vjemu s podobným paměťovým záznamem bolesti
- Analýza poškození v kontextu se vzpomínkami a odraz současné nálady – ovlivněno zkušeností, očekáváním, překvapením
- Porovnání, analýza - proces učení vede k vyhýbání se vyvolávající škodlivině, nebo schopnosti bolest snášet

# Nocicepce

neurohumorální proces, zahrnující:

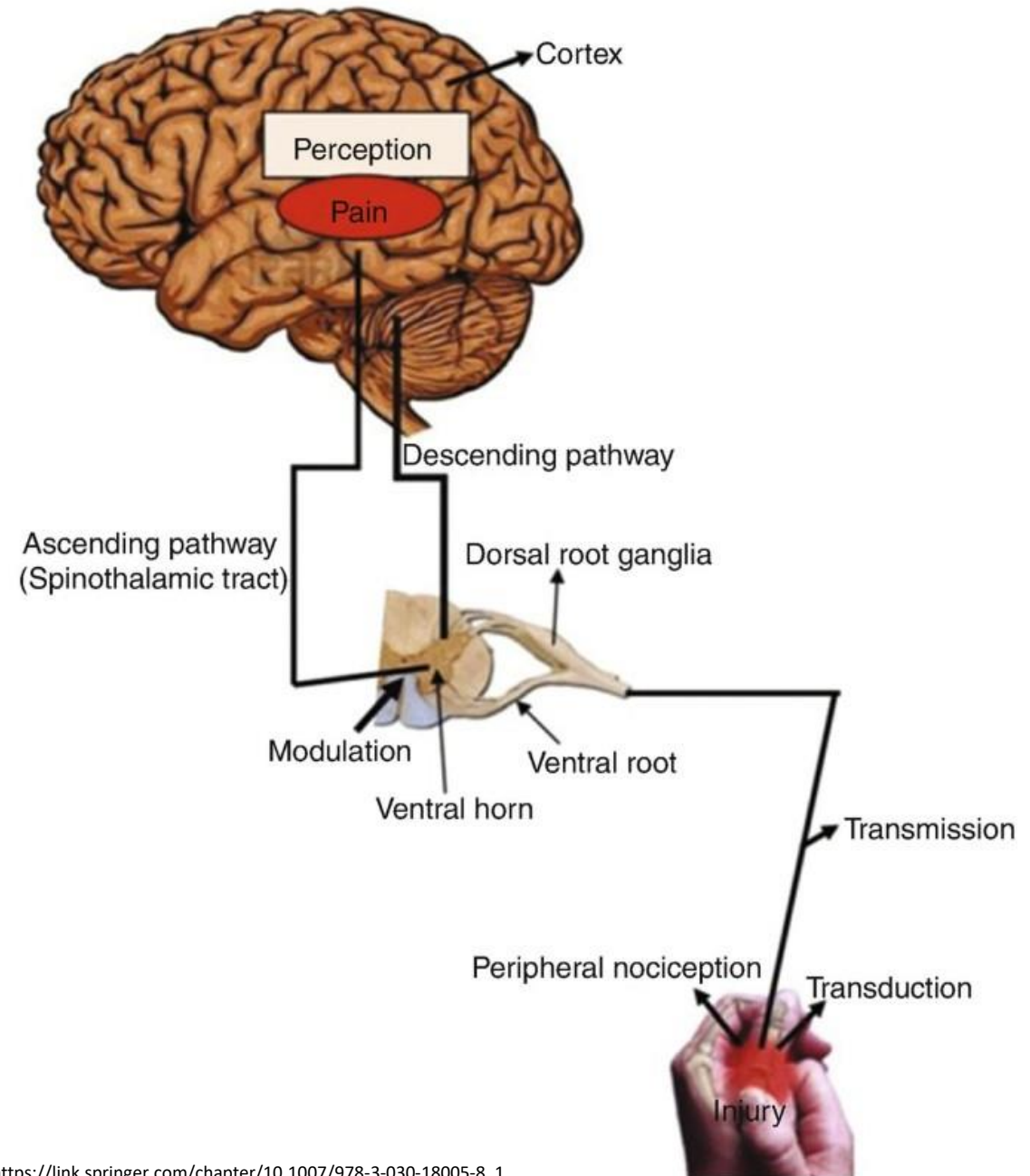
podráždění  
nociceptorů



převod  
aferentními  
vlákný

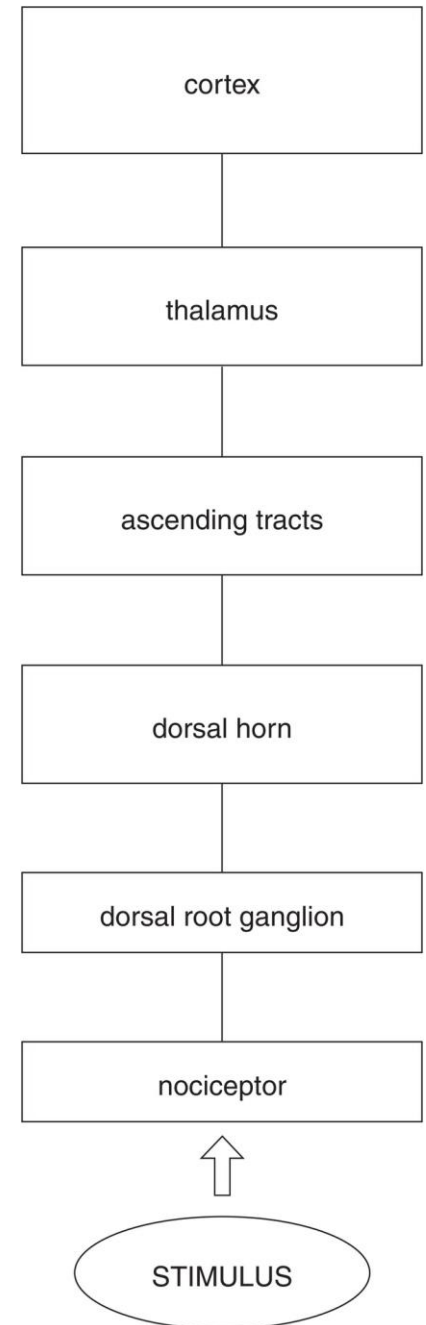


zpracování  
v CNS



# Dráha bolesti

- tříneuronová
- aferentní
- s četnými propojeními do jiných oblastí (motorické, vegetativní...)

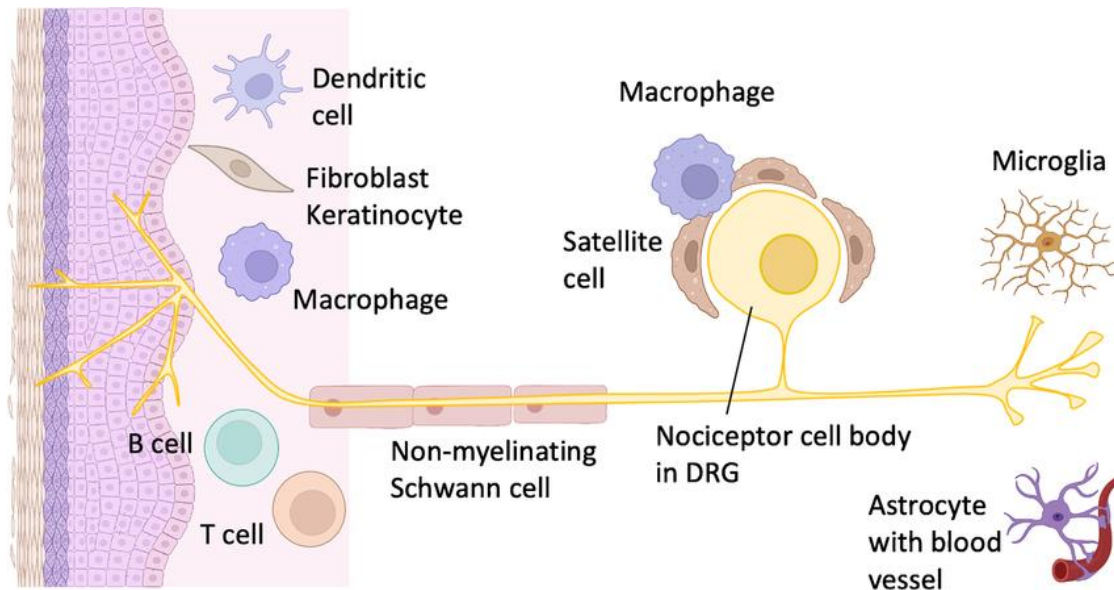




# Nociceptory - nocisenzory

- neadaptují se

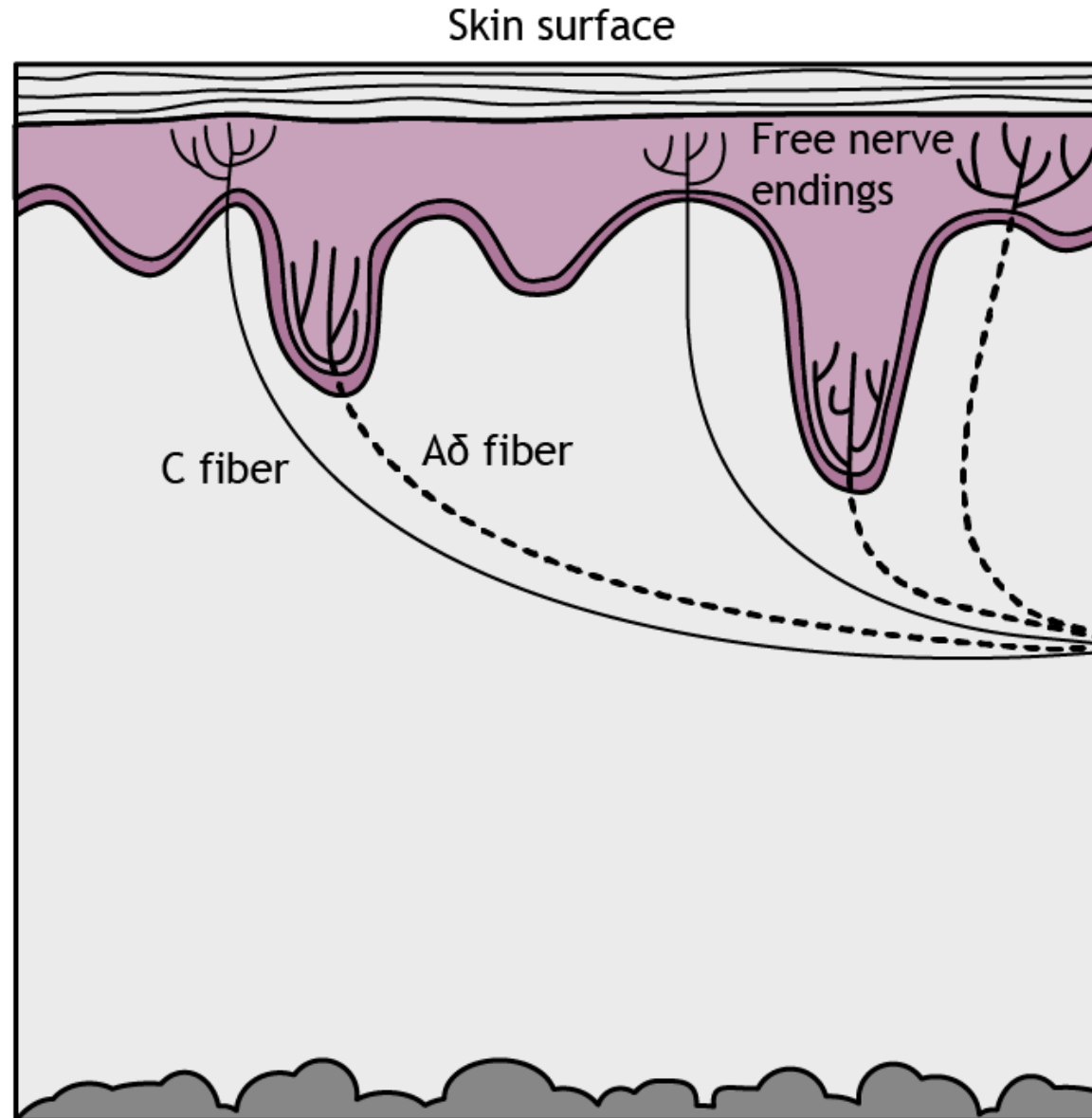
- kůže, sliznice vnitřních orgánů, kosterní svaly, kloubní pouzdra, okostice, adventicie malých cév, mízní cévy, endoneurium, CNS (zadní míšní rohy, prodloužená mícha, hypo-a thalamus)
- nejsou v mozkové kůře



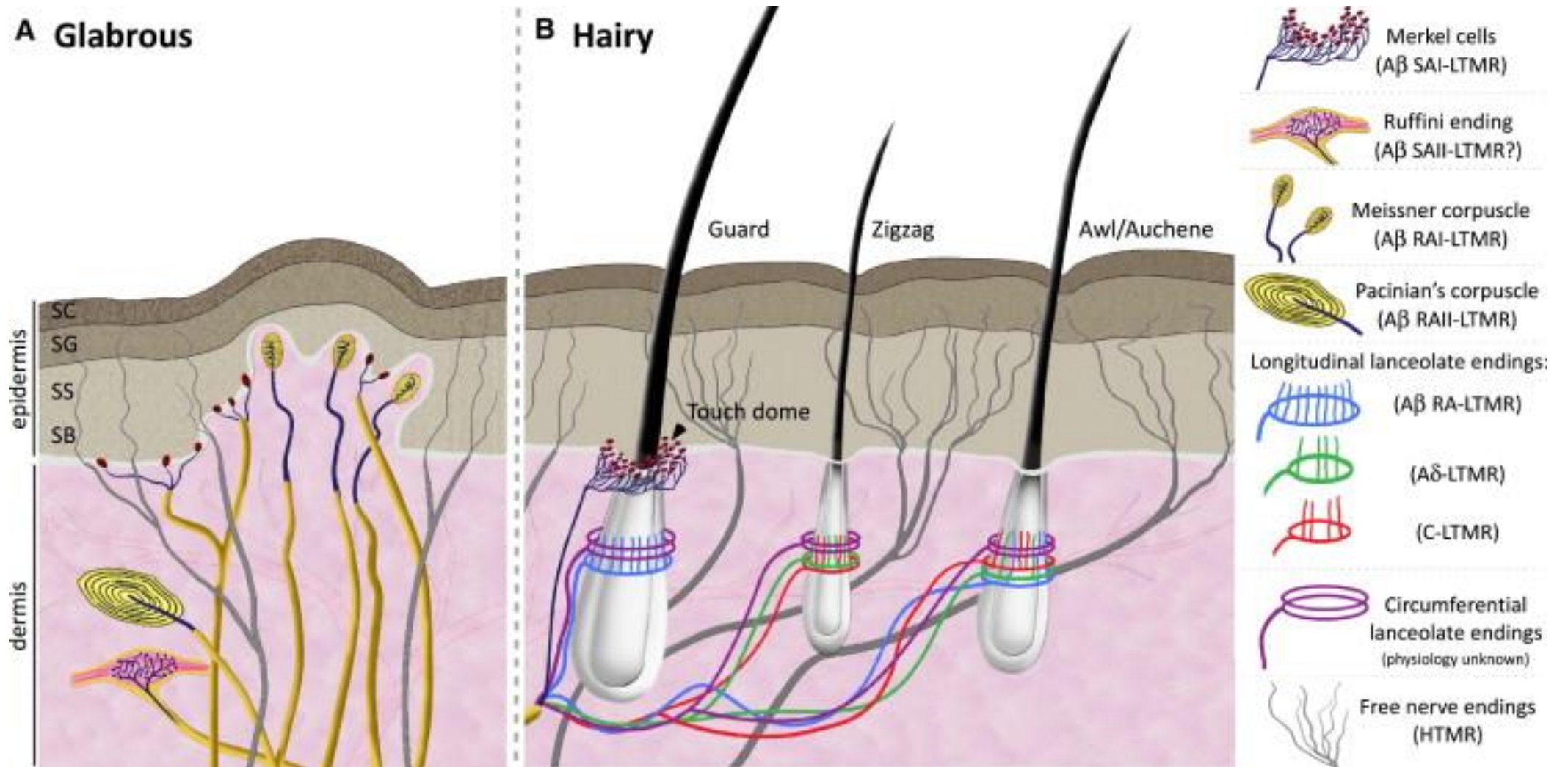
# Nociceptory

- **volná nervová zakončení**
  - na koncích ztluštění (boutons terminaux) s receptory
  - nocisenzory, které reagují až při velmi silné bolestivé stimulaci (posun kamínku, přejezení) = **mlčící (silent) nocisenzory**
- **polymodální nocisenzory**
  - jen v kůži
  - reagují na teploty pod asi 10°C a nad 45°C
- **vysokoprahové mechanoreceptory**
  - tah, tlak, bolest
  - Vaterova-Pacciniho tělíska
  - hlazení x nakopnutí

# Nociceptory



# Nociceptory



# Sensory Receptor Cells

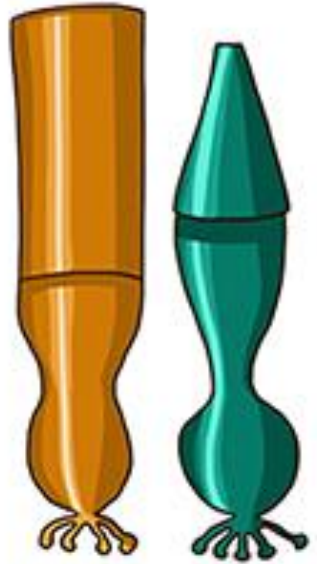
Vision

Hearing

Smell

Taste

Touch



rod

cone



hair cell



nociceptor

Meissner corpuscle

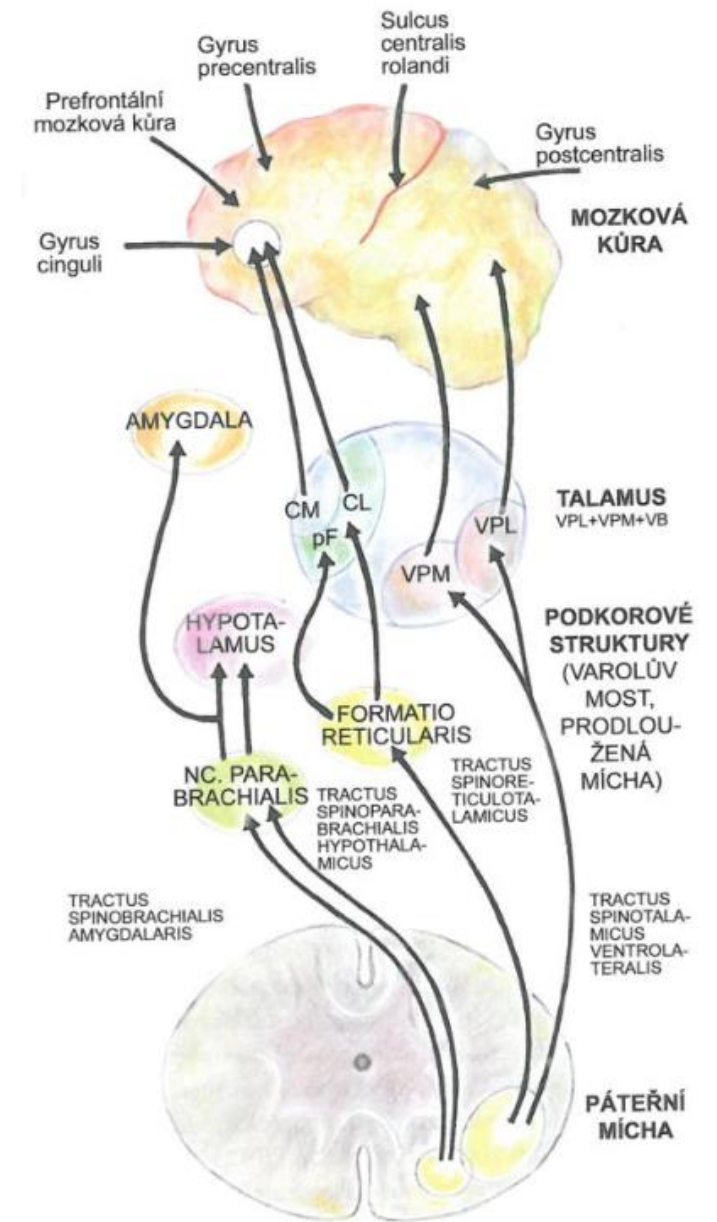
fibromyalgie  
MF/CSF  
autismus

...

# Dráhy bolesti - ascendentní

anterolaterální systém

- **tr. spinothalamicus ant. + lat.**(neospinotalamická dráha) – **rychlá bolest**
- **tr. spinoreticulothalamicus**(paleospinothalamická dráha) – **pomalá bolest**
  - tr.spinoparabrachialis (tr. spinomesencephalicus)–afektivně - emoční složka
- (tractus spinobulbothalamicus = dráha zadních provazců)
- (tractus spinocervicalis)
- (tractus spinotectalis)
- (tractus spinothalamicus secundarius)

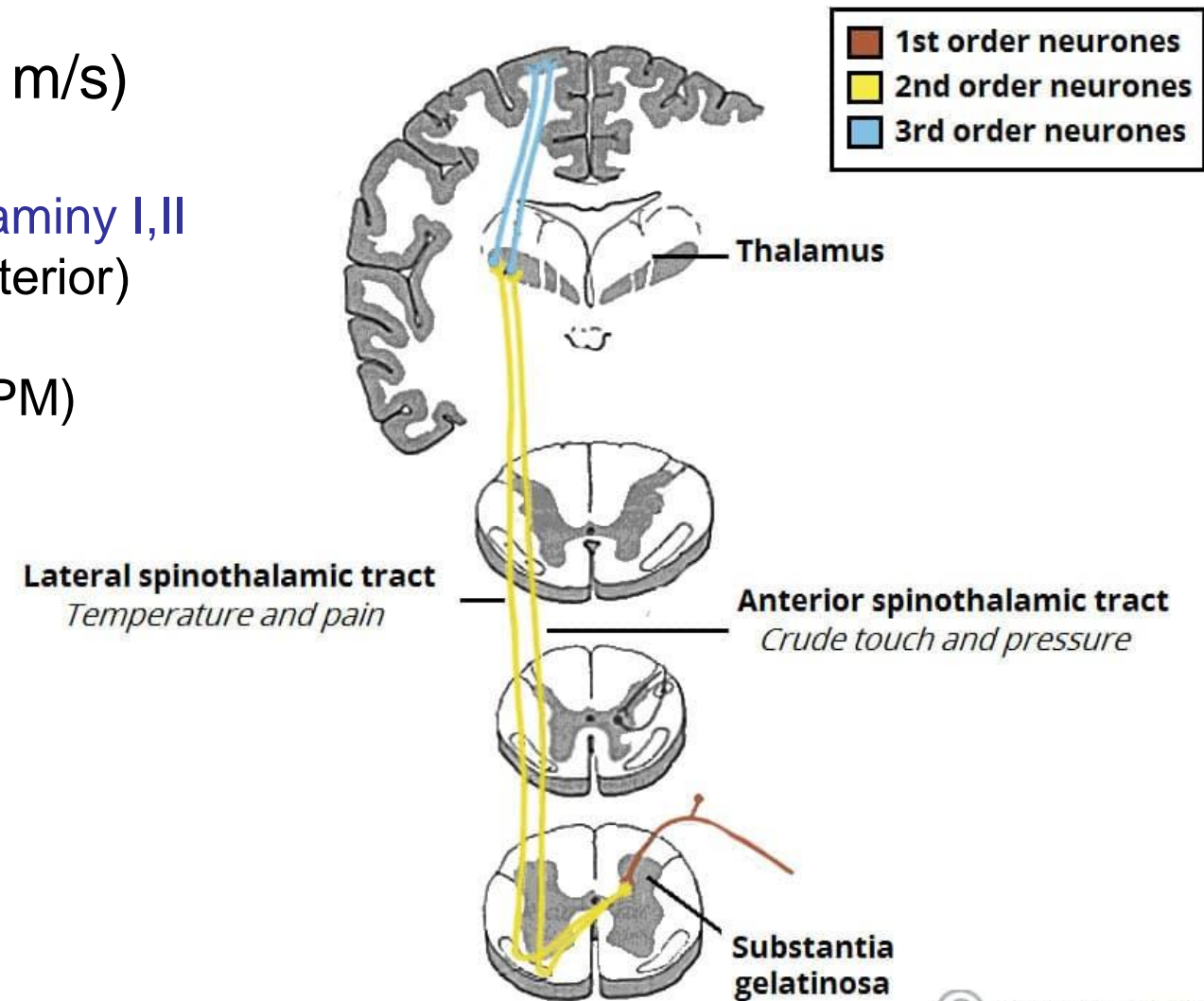


Obrázek 3. Dráhy bolesti (Rokyta et al., 2006, 59)

# Somatická, rychlá bolest

- slabě myelinizovaná **vlákna A $\delta$**  (7-14 m/s)
  - somatická (laterální) aferentace
  - nociceptivně specifické neurony **Rexedovy laminy I,II**
  - křížení na míšní úrovni (commissura alba anterior)
  - tractus spinothalamicus ant. + lat. (*glutamát*)
  - ventrobazální komplex talamu (ncl. VPL + VPM)
  - somatosenzitivní kůra (area 3,1,2) –gyrus postcentralis

(společně s: teplo, chlad, hrubá kožní citlivost)



# Viscerální, pomalá bolest

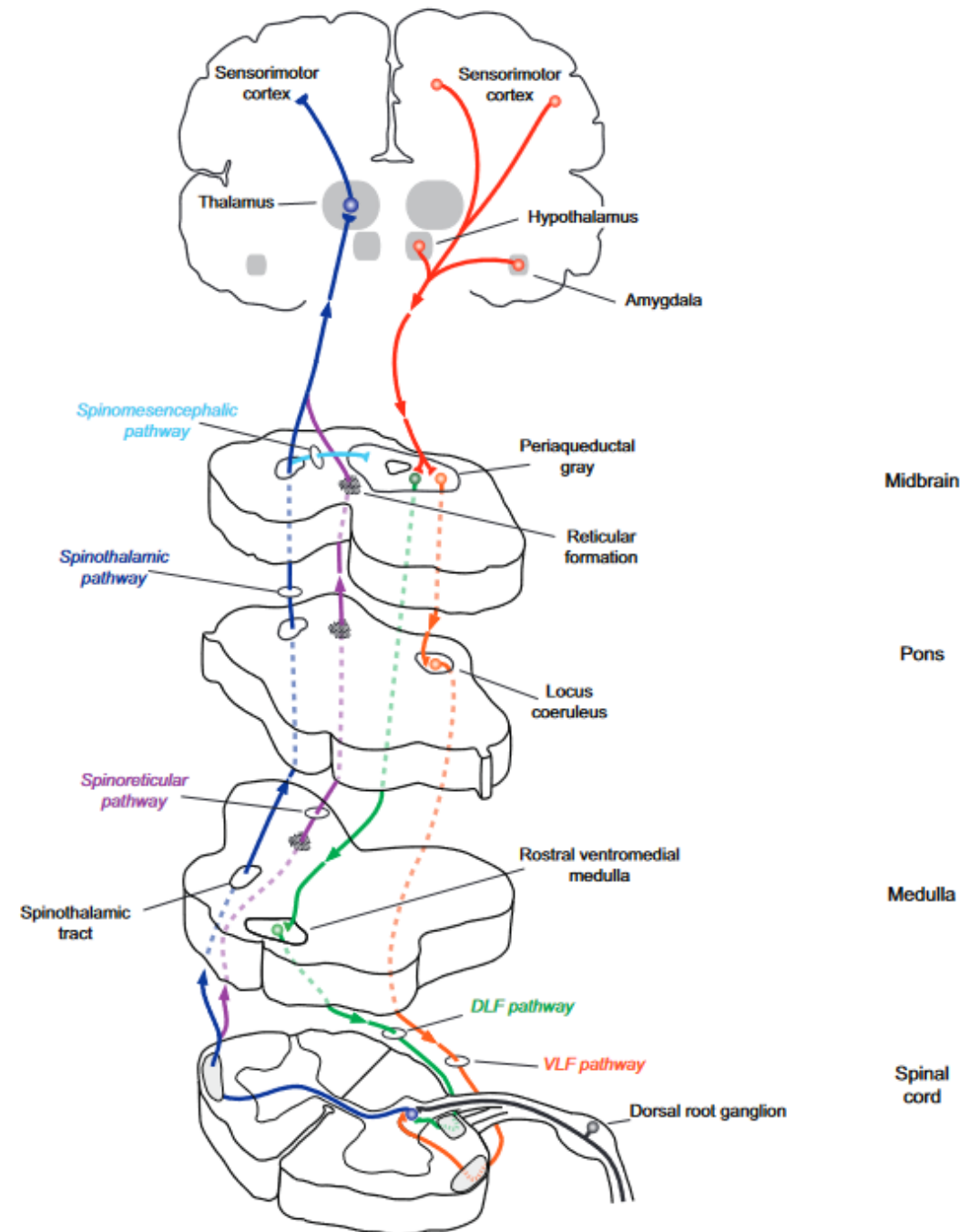
nemyelinizovaná vlákna C (0,5-3 m/s)

–viscerální (mediální) aferentace

• multireceptivní neurony v ncl. proprius columnae post. = Rexedovy laminy III-V (VIII, X)

→ tractus spinoreticulothalamicus → RF → ncl. intralaminares thalami (ncl. centralis medialis, centralis lateralis, parafascicularis)

→ prefrontální oblast (area 6,9) + gyrus cinguli, insula –*očekávání bolesti*



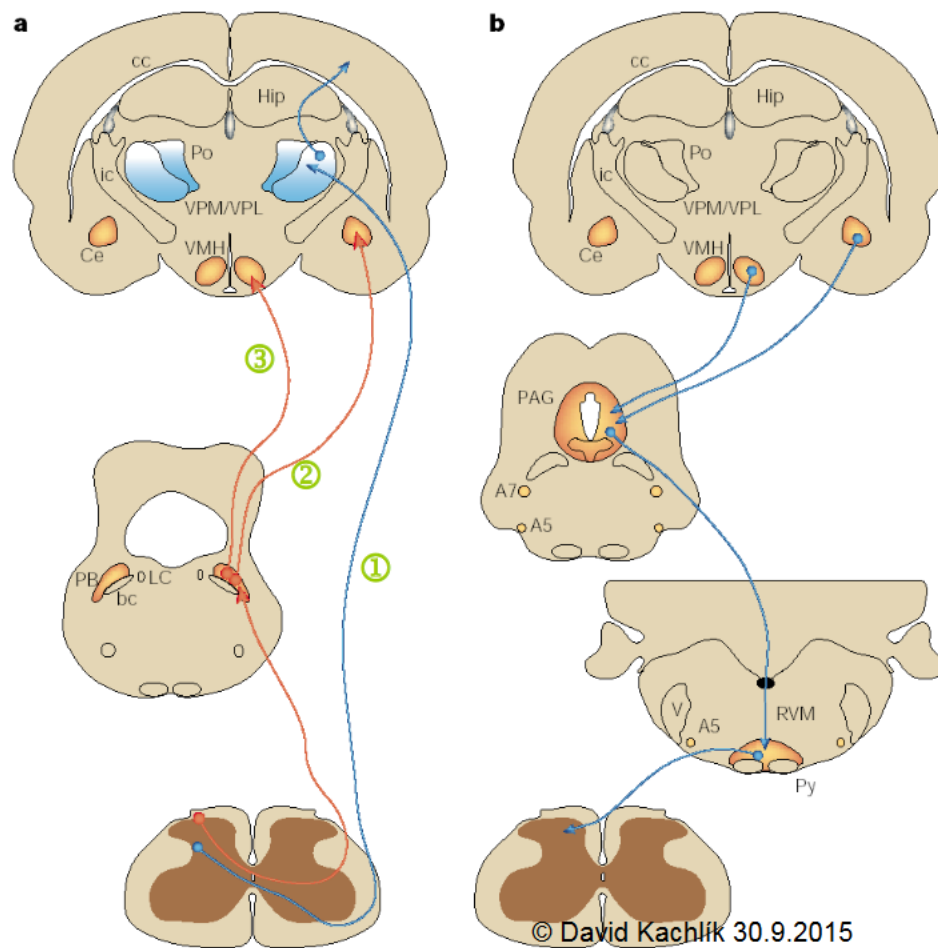


# Afektivně-emoční složka bolesti

tractus spinoparabrachialis

→ ncl. parabrachiales → tractus longitudinalis posterior → emoční a motivační centra

- tr. spinoparabrachiohypothalamicus → hypothalamus → limbický systém
- tr. spinoparabrachioamygdalaris → corpus amygdaloideum



**Ascendentní  
a  
descendentní  
dráhy bolesti**

- ① Spino-talamická
- ② Spino-parabrachio-amygdalární
- ③ Spino-parabrachio-hypotalamická

# Descendentní dráhy bolesti

substantia grisea centralis mesencephali = periakveduktální šed' (PAG)

enkefaliny



ncl. raphes (ncl. raphe magnus, dorsalis) medullae oblongatae

serotonin



dorzolaterální míšní provazce



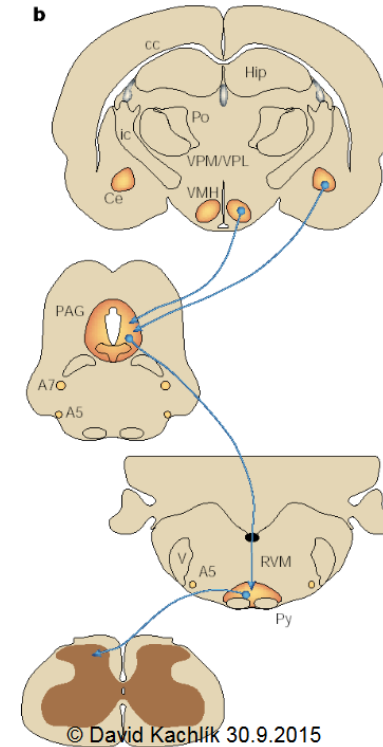
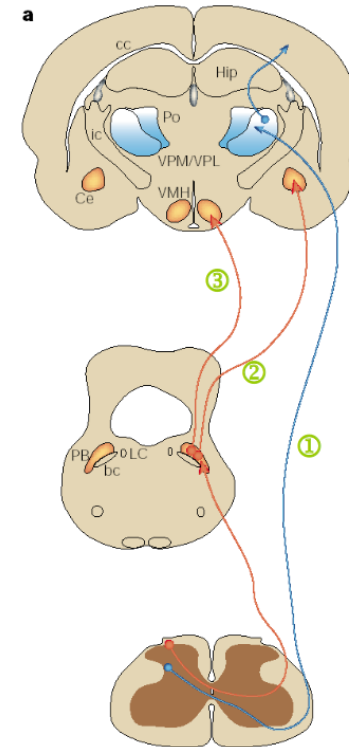
Rexedova lamina II – presynaptická inhibice

blok Ca<sup>2+</sup> kanálů → blok substance P



subnucleus caudalis ncl. spinalis n.V

tlumí nociceptivní  
vstupy ve  
strukturách CNS



Ascendentní  
a  
descendentní  
dráhy bolesti

① Spinothalamická

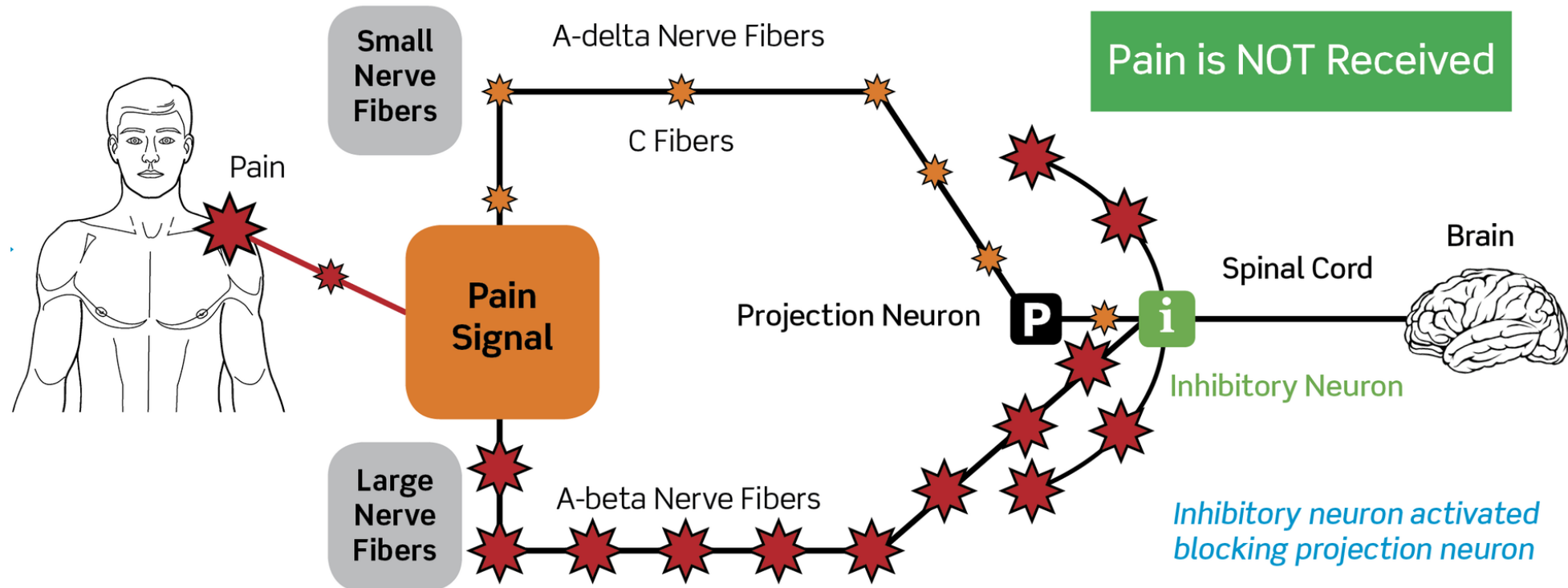
② Spino-parabrachio-amygdalární

③ Spino-parabrachio-hypotalamická

© David Kachlík 30.9.2015

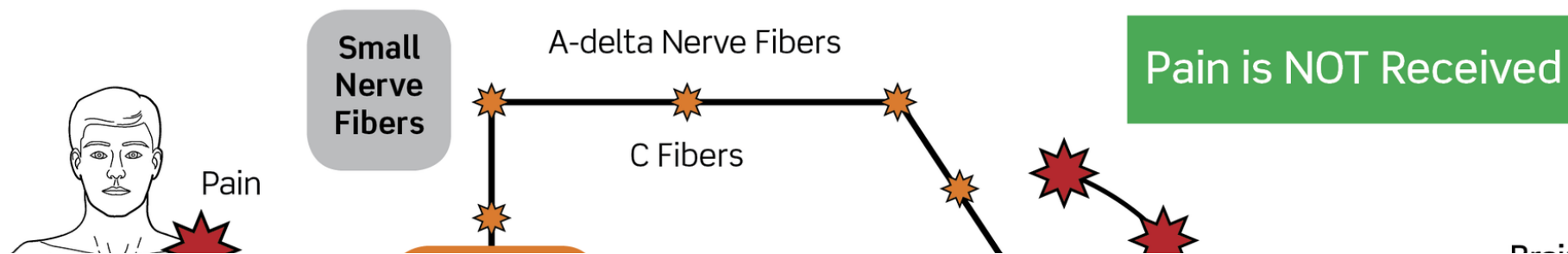
# Vrátková teorie bolesti

Melzack a Wall 1965



# Vrátková teorie bolesti

Melzack a Wall 1965



dnes považována za částečně  
zpochybněnou



*blocking projection neuron*

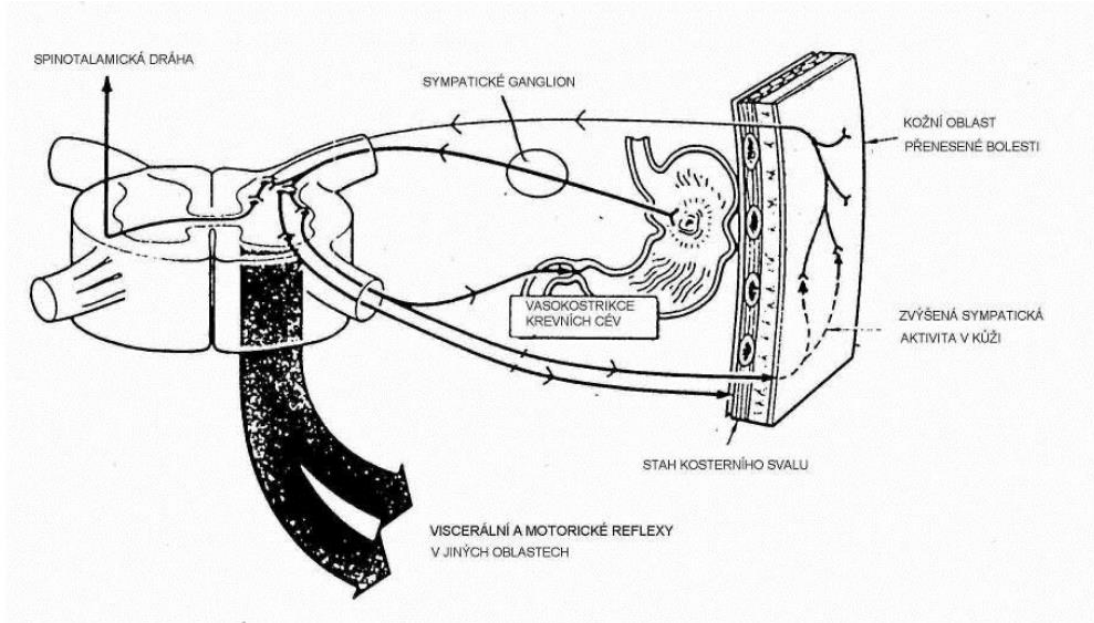
Descartes' concept that pain is produced by a direct, straight-through transmission system from injured tissues in the body to a pain center in the brain has dominated pain research and therapy until recently. The gate control theory of pain, published in 1965, proposes that a mechanism in the dorsal horns of the spinal cord acts like a gate that inhibits or facilitates transmission from the body to the brain on the basis of the diameters of the active peripheral fibers, as well as the dynamic action of brain processes. **As a result, psychological variables such as past experience, attention, and other cognitive activities have been integrated into current research and therapy on pain processes. The gate control theory, however, is not able to explain several chronic pain problems, such as phantom limb pain, which require a greater understanding of brain mechanisms.** A new theory of brain function, together with recent research that has derived from it, are described. They throw light on complex pain problems and have important implications for basic assumptions in psychology and neuroscience.

Ronald Melzack, Gate control theory: On the evolution of pain concepts, Pain Forum, Volume 5, Issue 2, 1996, Pages 128-138, ISSN 1082-3174, [https://doi.org/10.1016/S1082-3174\(96\)80050-X](https://doi.org/10.1016/S1082-3174(96)80050-X).



# Přenesená bolest a vyzařování bolesti

- Headovy zóny, dermatomy
- bolest v oblasti trupu (zad) nebo i na jiných částech povrchu těla, jejíž původ je ze vzdálenějších orgánů – srdce, slinivka, žaludek...
- konvergence viscerosenzitivní aferentace z vnitřních orgánů a somatosenzitivní aferentace na společných míšních interneuronech



THE TRUNK IN THE SEGMENTS T2 TO T5 (FIGURE 3).

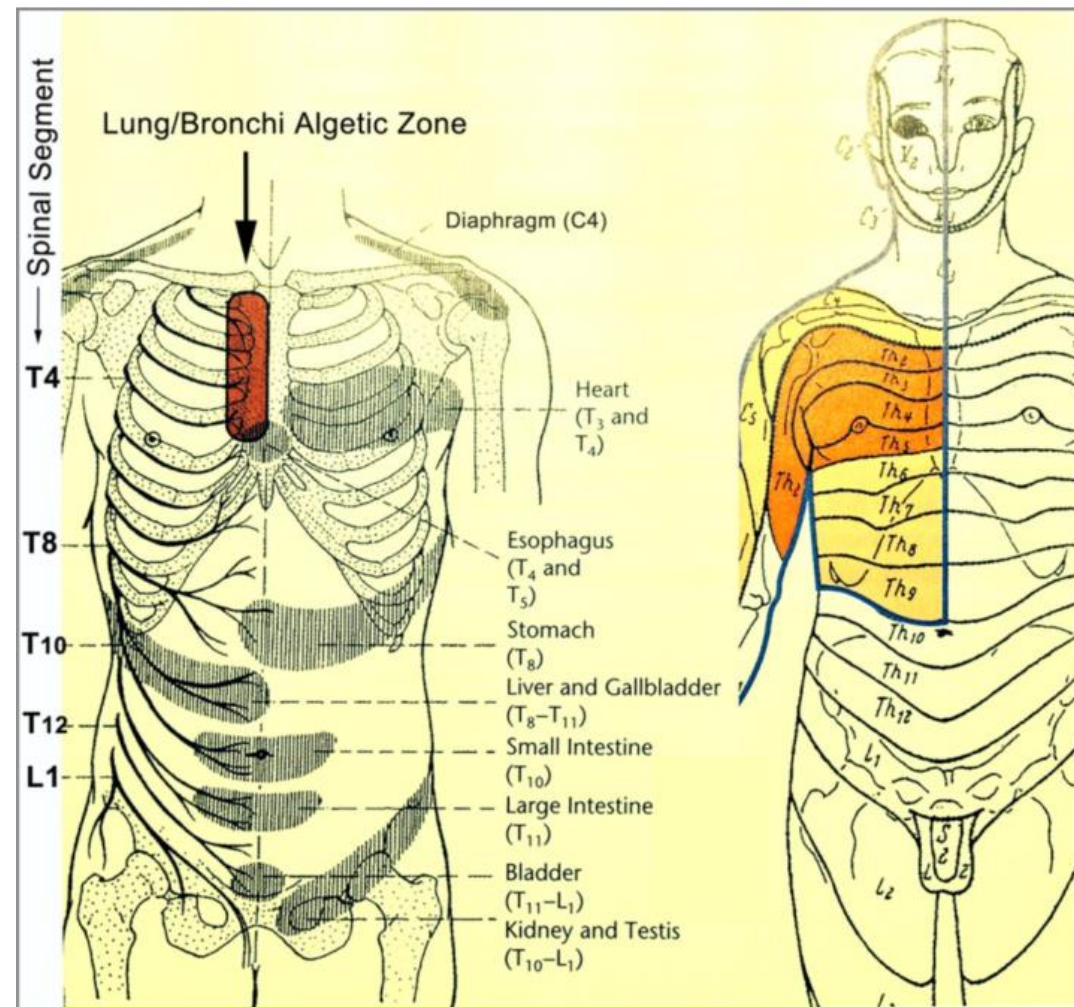
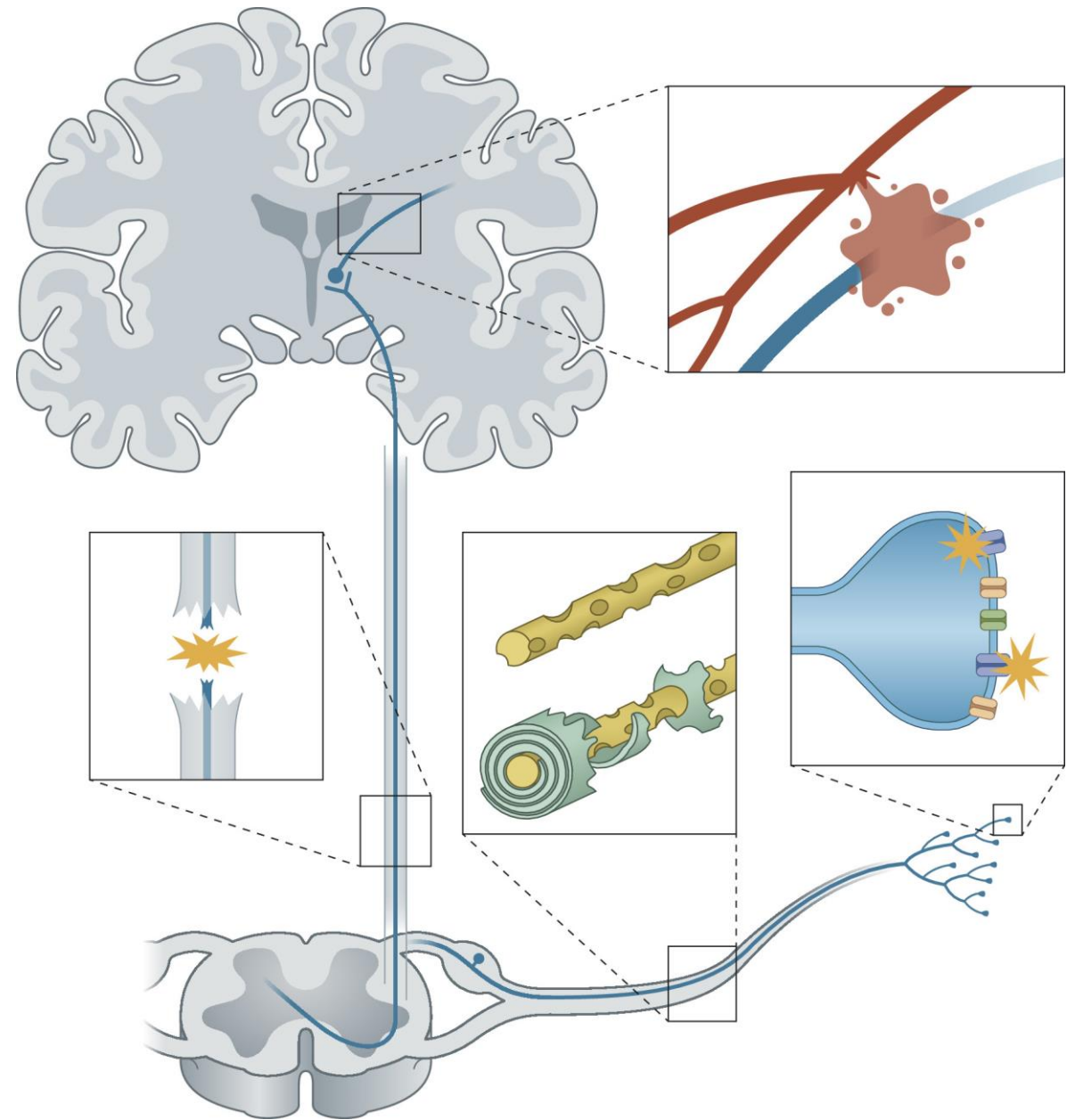


Figure 3. Algetic and Autonomic Reflex Projection of the

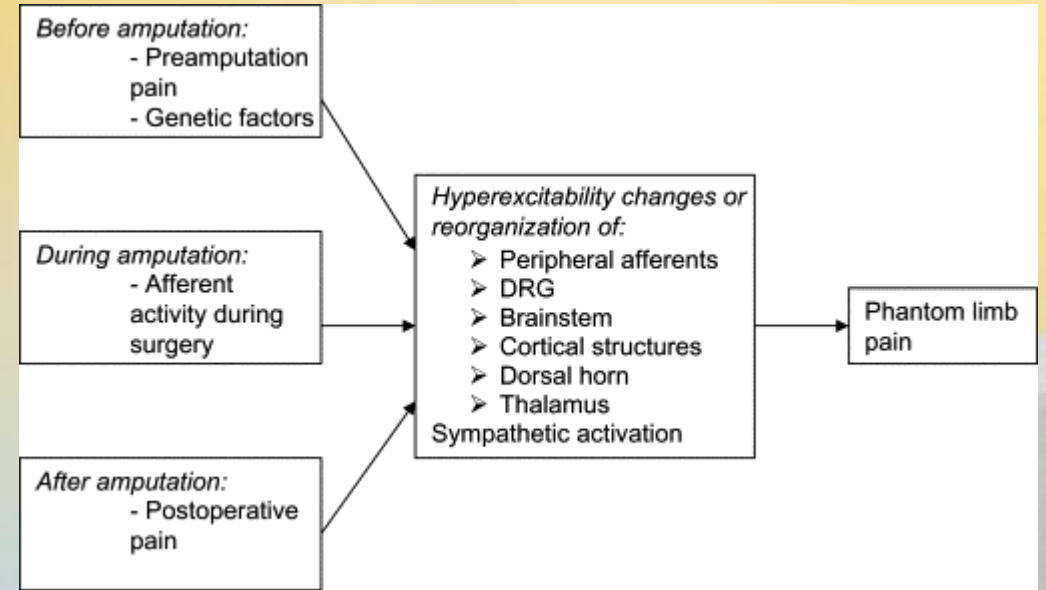
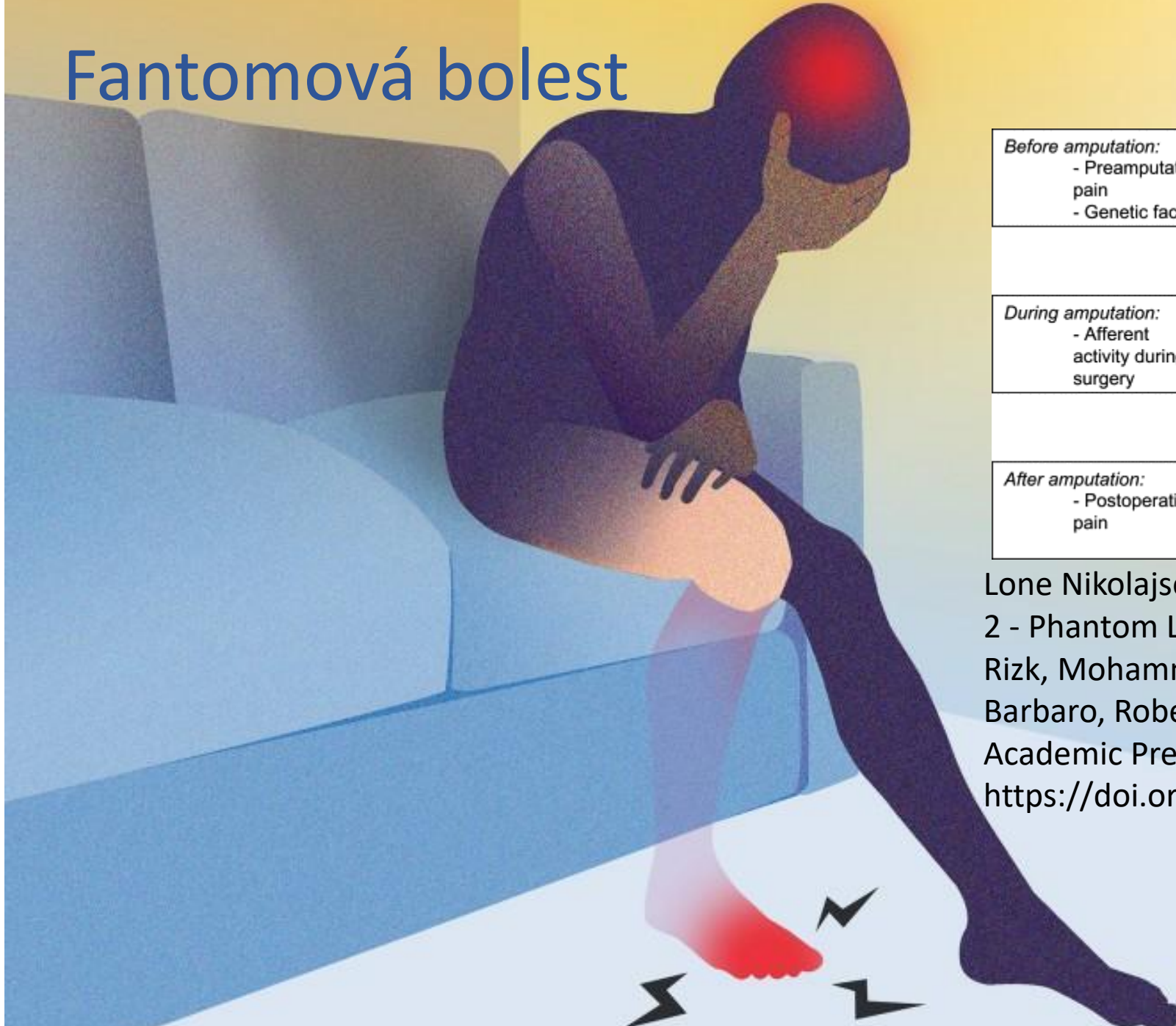
# Neuropatická bolest

- nezačíná na nociceptorech, ale v primárních aferentních vláknech
- hypersenzitivita vláken C a A $\delta$
- změna uspořádání neuronálních odpovědí
- kanalopatie (sodíkové, vápníkové a draslíkové kanály)
- efaptický přenos



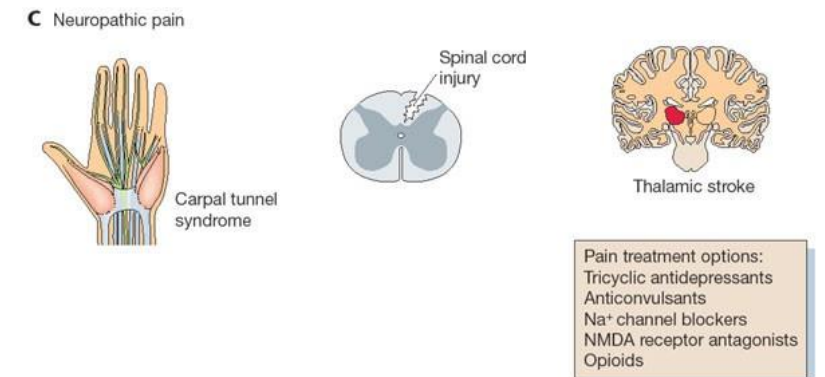
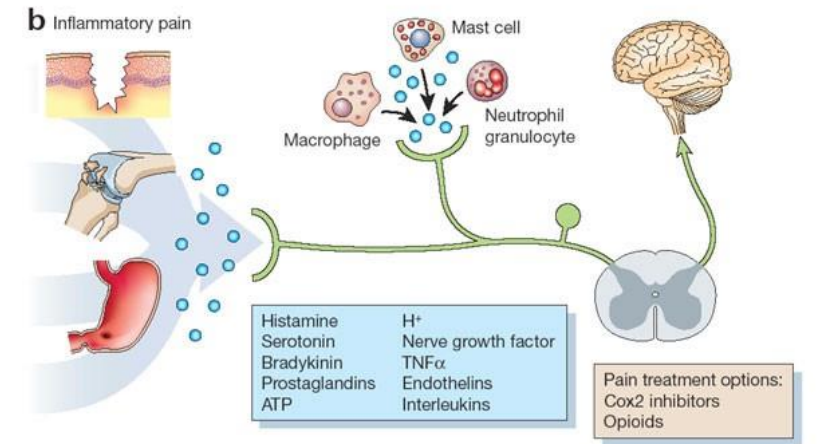
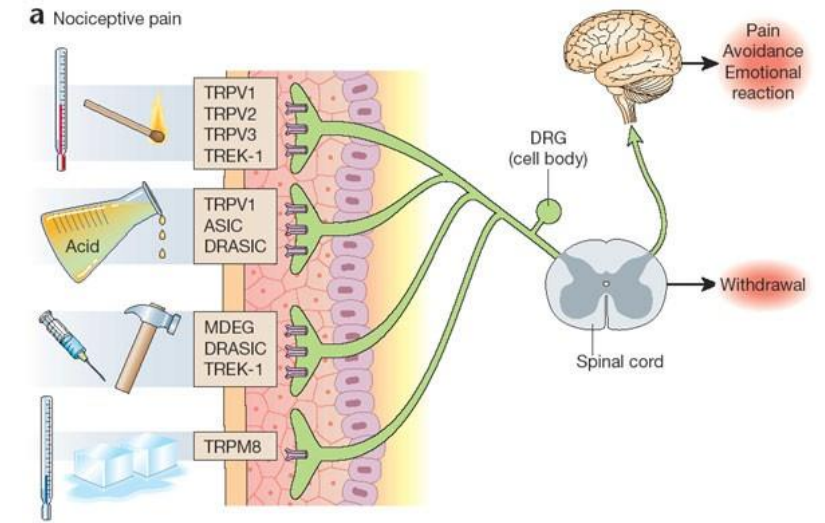


# Fantomová bolest



Lone Nikolajsen, Kristian Friesgaard Christensen, Chapter 2 - Phantom Limb Pain, Editor(s): R. Shane Tubbs, Elias Rizk, Mohammadali M. Shoja, Marios Loukas, Nicholas Barbaro, Robert J. Spinner, Nerves and Nerve Injuries, Academic Press, 2015, Pages 23-34, ISBN 9780128026533, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802653-3.00051-8>.

# Podráždění nociceptorů

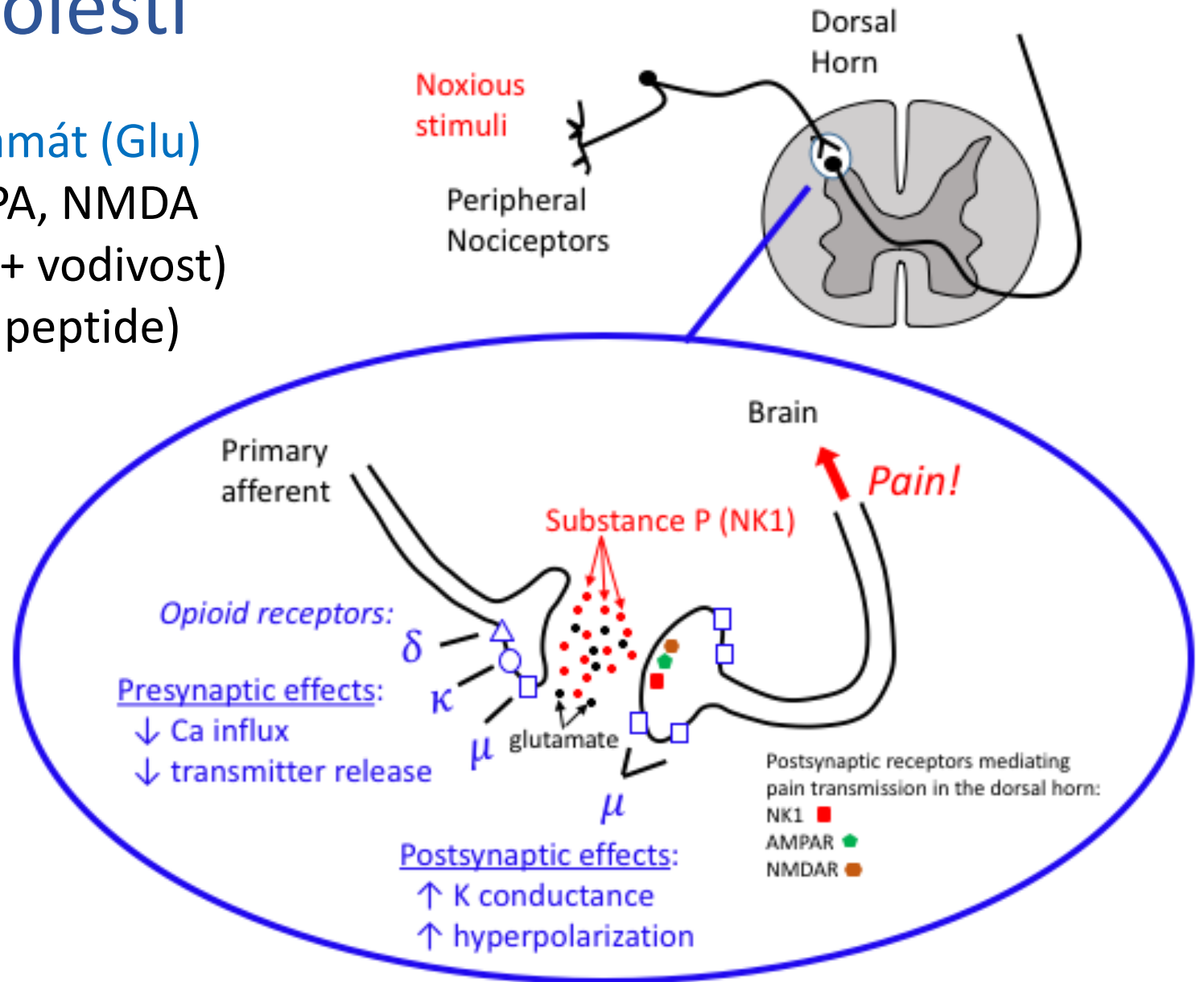


Scholz, J., Woolf, C. Can we conquer pain?. *Nat Neurosci* 5 (Suppl 11), 1062–1067 (2002). <https://doi.org/10.1038/nn942>

# Neurotransmitery bolesti

- excitační aminokyseliny - glutamát (Glu)  
receptory kainátové, AMPA, NMDA
- substance P (NK1 receptor  $\rightarrow$  K<sup>+</sup> vodivost)
- CGRP (calcitonin gene-related peptide)

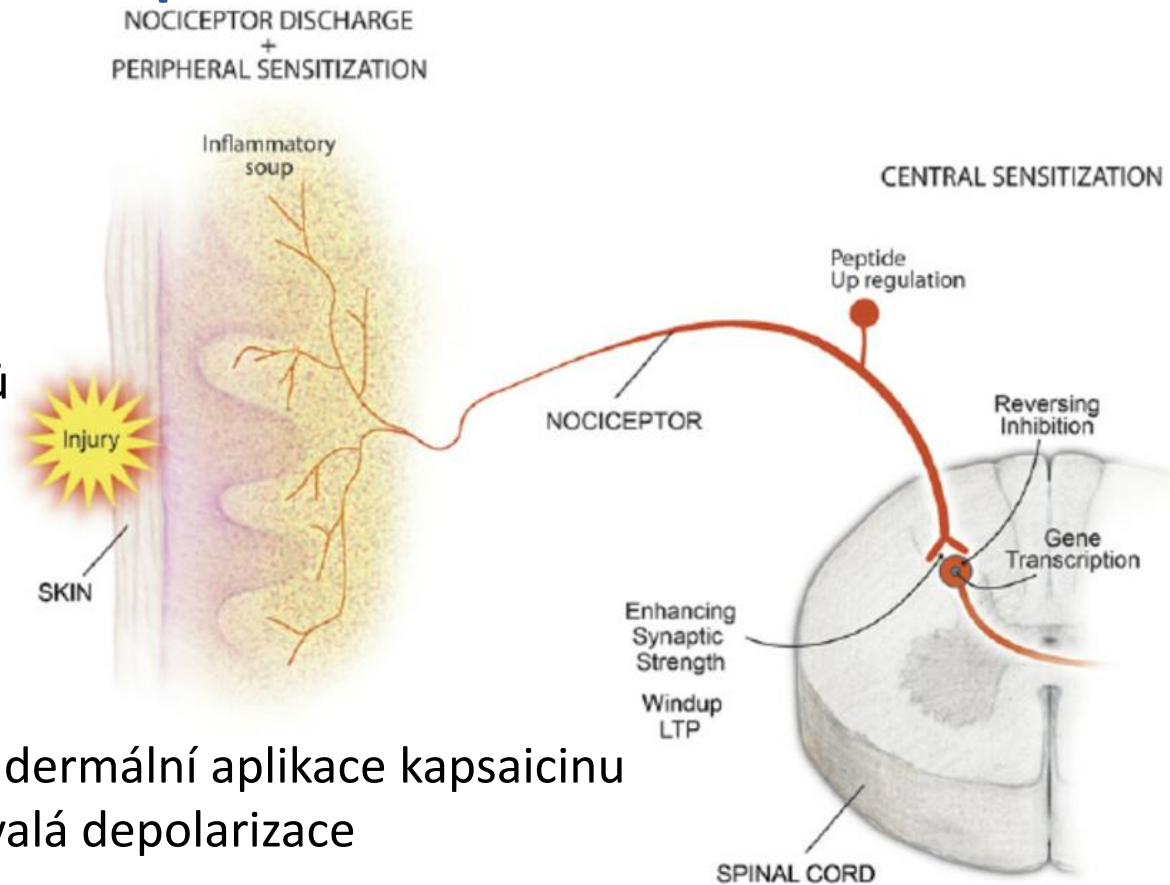
- glutamát vyvolává rychlou, krátkodobou depolarizaci
- peptidy vyvolávají dlouhodobé výboje



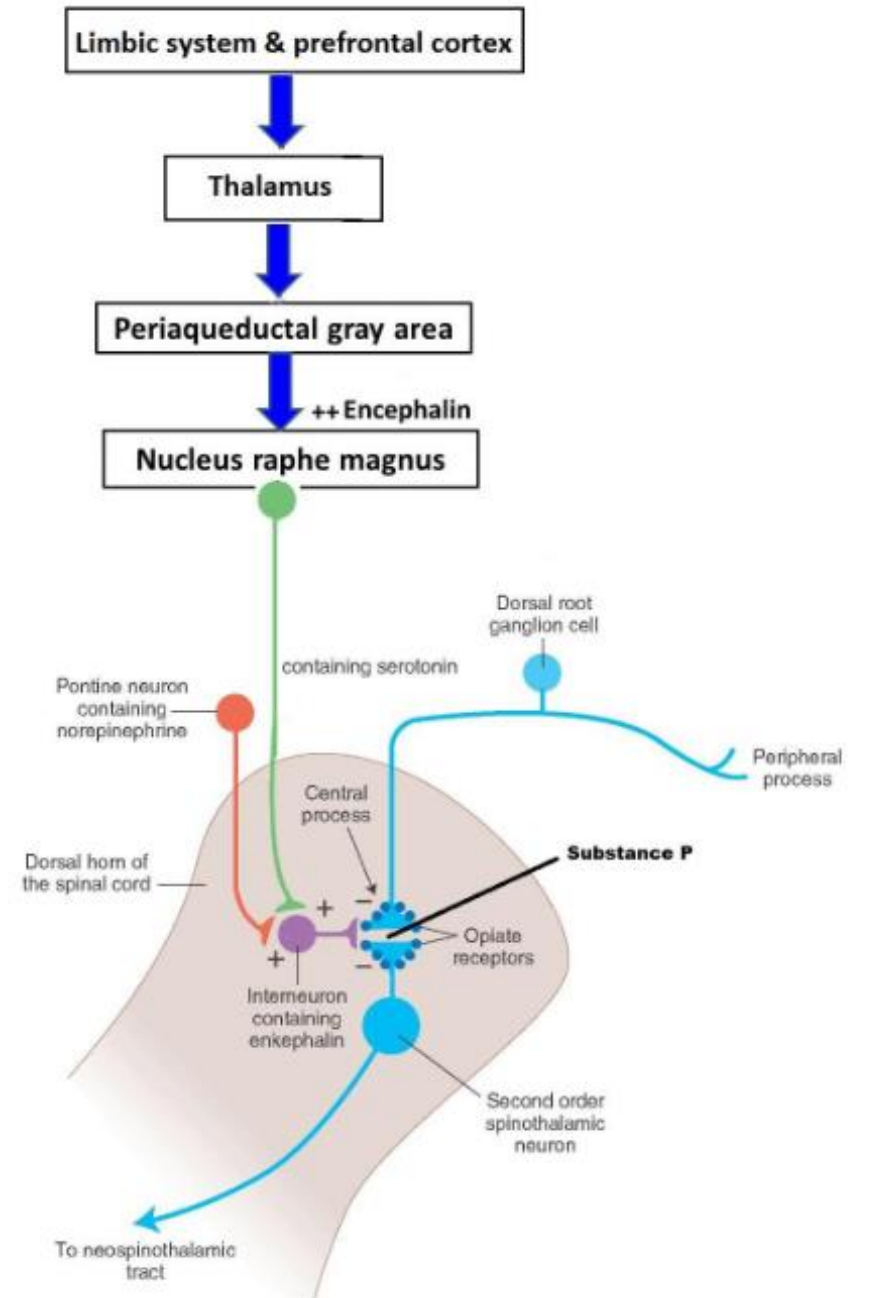
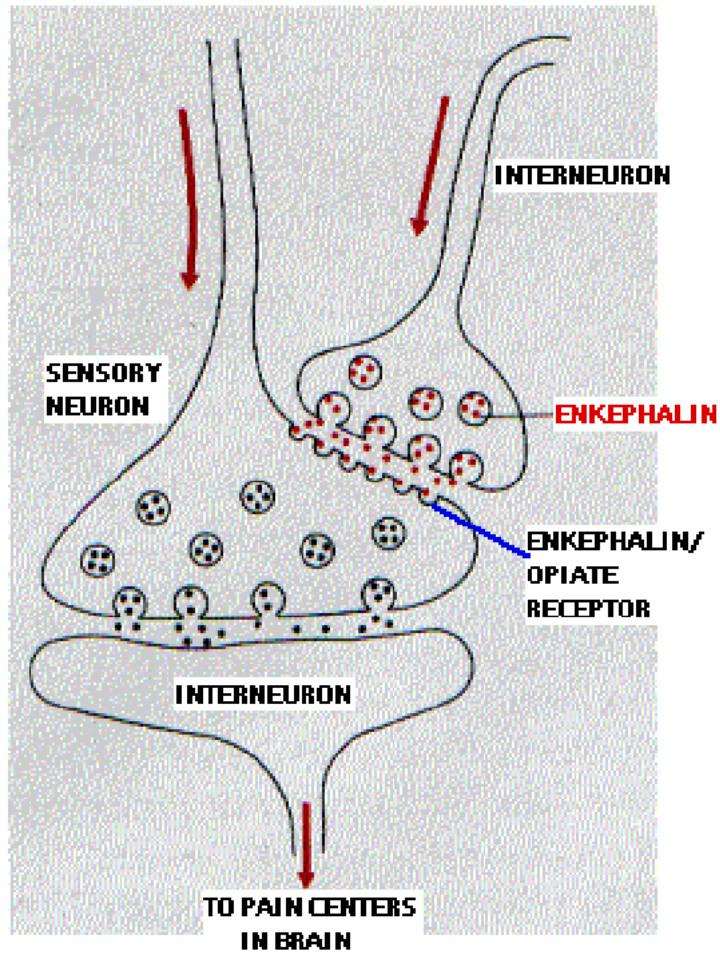
# Senzitizace a desenzitizace receptorů bolesti

nociceptory mohou měnit svůj práh  
snížení prahu – hyperalgezie

- Primární hyperalgezie
  - vzniká v místě poranění
  - • periferní senzitivace – snížení prahu nociceptorů
    - aktivace TTX-R sodíkových kanálů
    - zvýšená exprese TTX-R (např. působením NGF)
    - redistribuce TTX-R z těla neuronů na periférii
- Sekundární hyperalgezie
  - vzniká v nepoškozené tkáni v okolí poranění
    - např. opakovaná stimulace C vláken nebo intradermální aplikace kapsaicinu
    - zvýšená senzitivace míšních neuronů, jejich trvalá depolarizace
    - „wind-up“ fenomén
    - aktivace NMDA receptorů
    - zvětšení receptivních polí

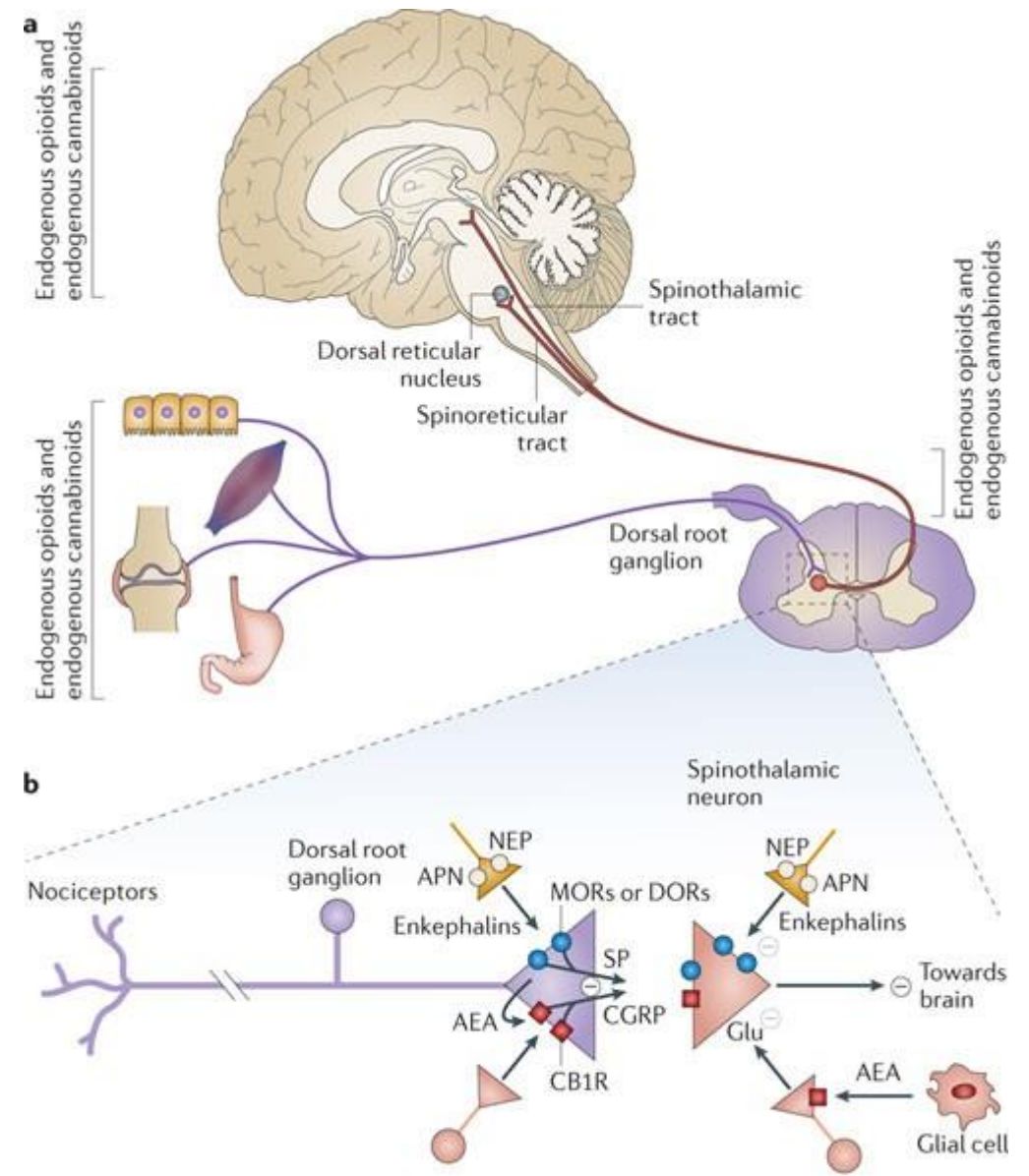


# Tlumení bolesti



# Opioidní systém

- nigrostriatální (A9) a mezolimbický (A10)
  - dopaminergní
    - ovlivnění motoriky a systému odměny
- hypotalamo-hypofyzární
  - modulace hormonální sekrece
- ascendentní a descendentní dráhy
  - modulace bolesti
  - ascendentní – mícha, thalamus
  - descendentní – PAG, ncll. raphes

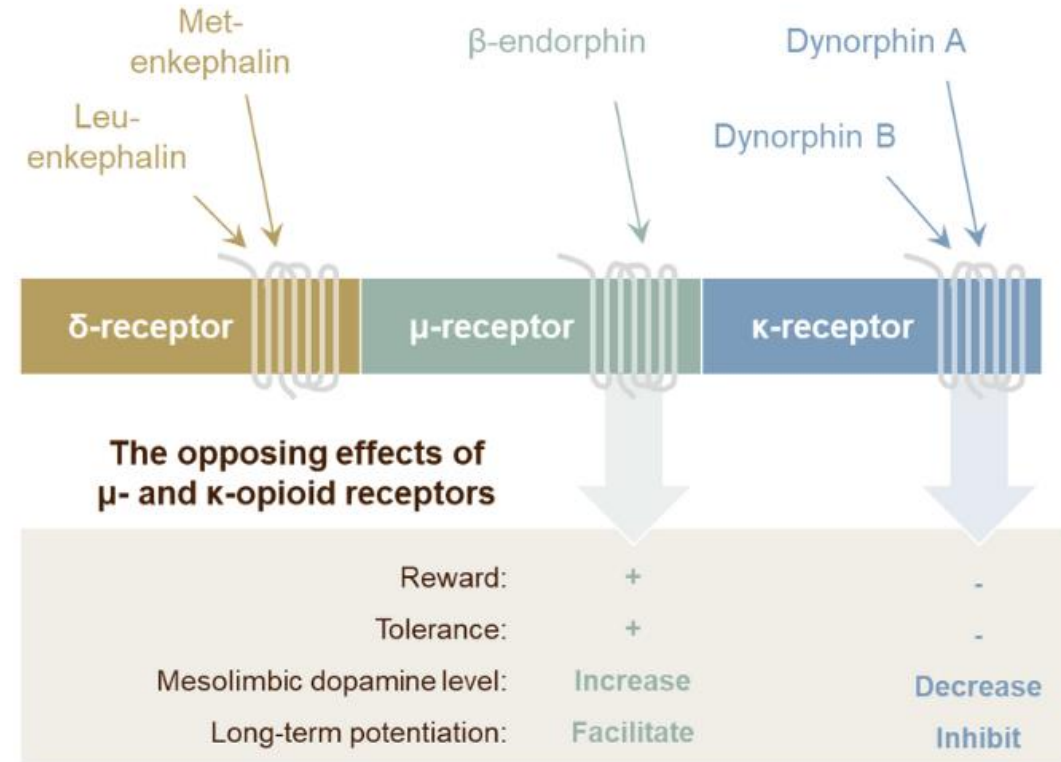


# Endogenní opioidy

$\beta$ -endorfin (31 aminokyselin) –  $\mu$ ,  $\delta$ ,  $\kappa$

- endomorfín (4 aminokyseliny) -  $\mu$
- Leu-enkefalin (5 aminokyselin) -  $\delta$
- Met-enkefalin (5 aminokyselin) -  $\delta$
- dynorfin (A 1-8, B 1-17) -  $\kappa$
- nociceptin/orfanin

## The endogenous opioid system



1. Stahl, Stahl's Essential Psychopharmacology: Neuroscientific Basis and Practical Applications, 4th edition, 2013; 2. Pan, Trends Pharmacol Sci 1998;19(3):94-98; 3. Zhao et al. Mol Pain 2012;8:38

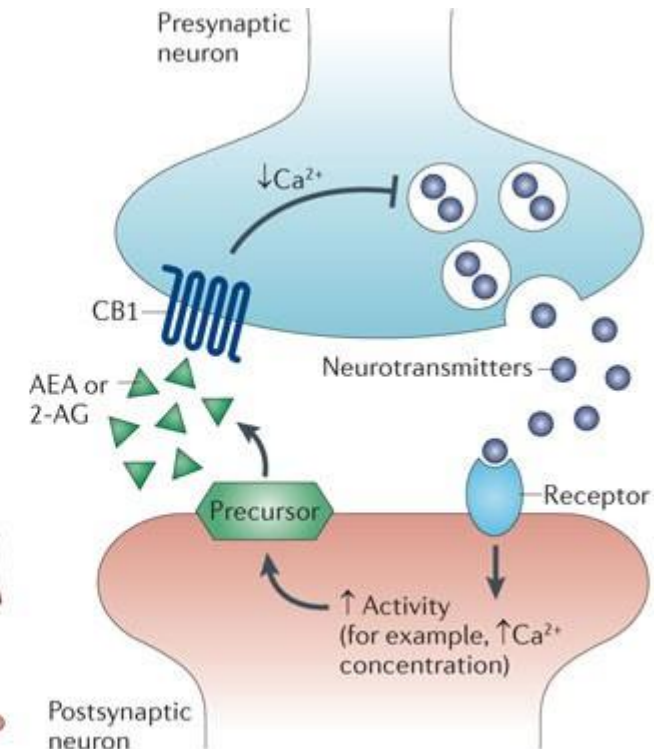
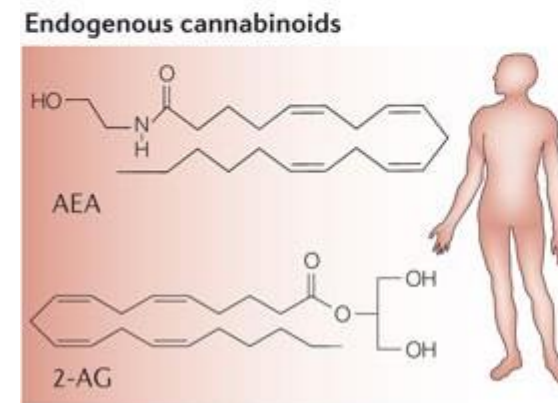
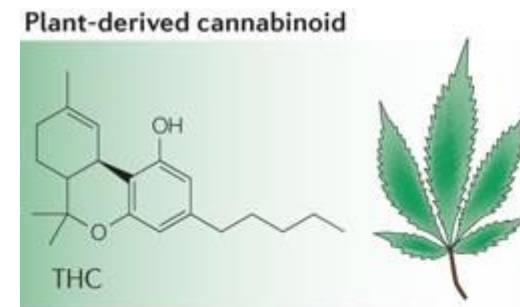
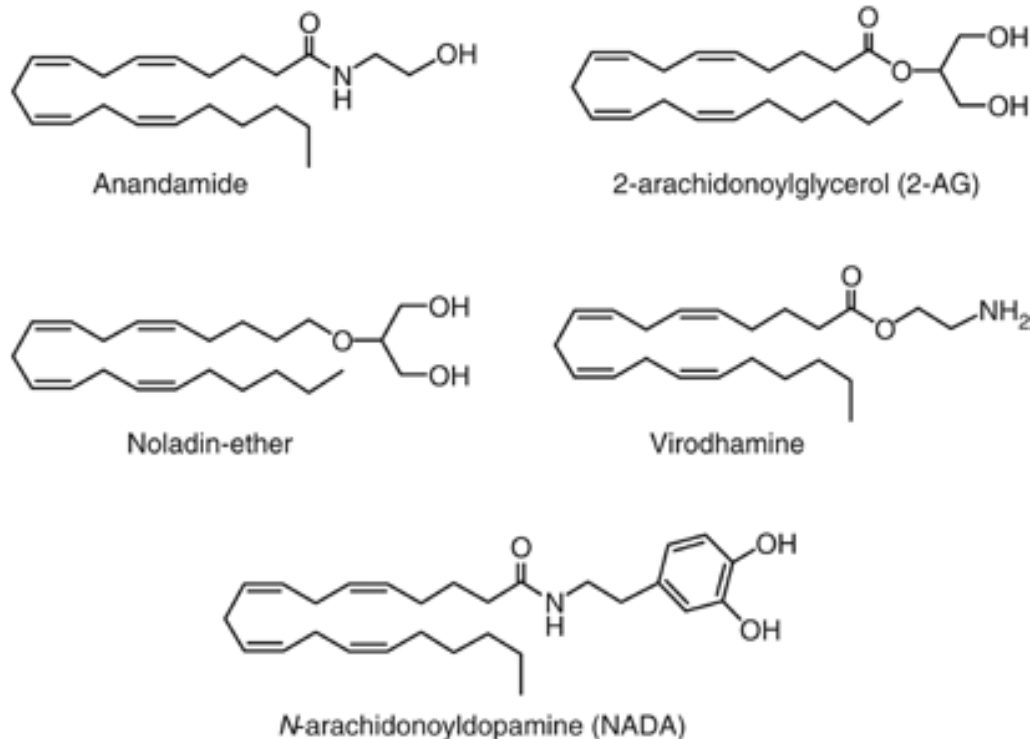
 neurotorium

<https://neurotorium.org/image/the-endogenous-opioid-system/>

# Endogenní kanabinoidy

- amidy a estery mastných kyselin
- anandamid
- palamitoyletanolamid PEA
- receptory CB1 a CB2

- CB1 v PAG a RVM, senzorický neuron
- CB2 ve strukturách imunitního systému
- FAAH – hydroláza amidů MK

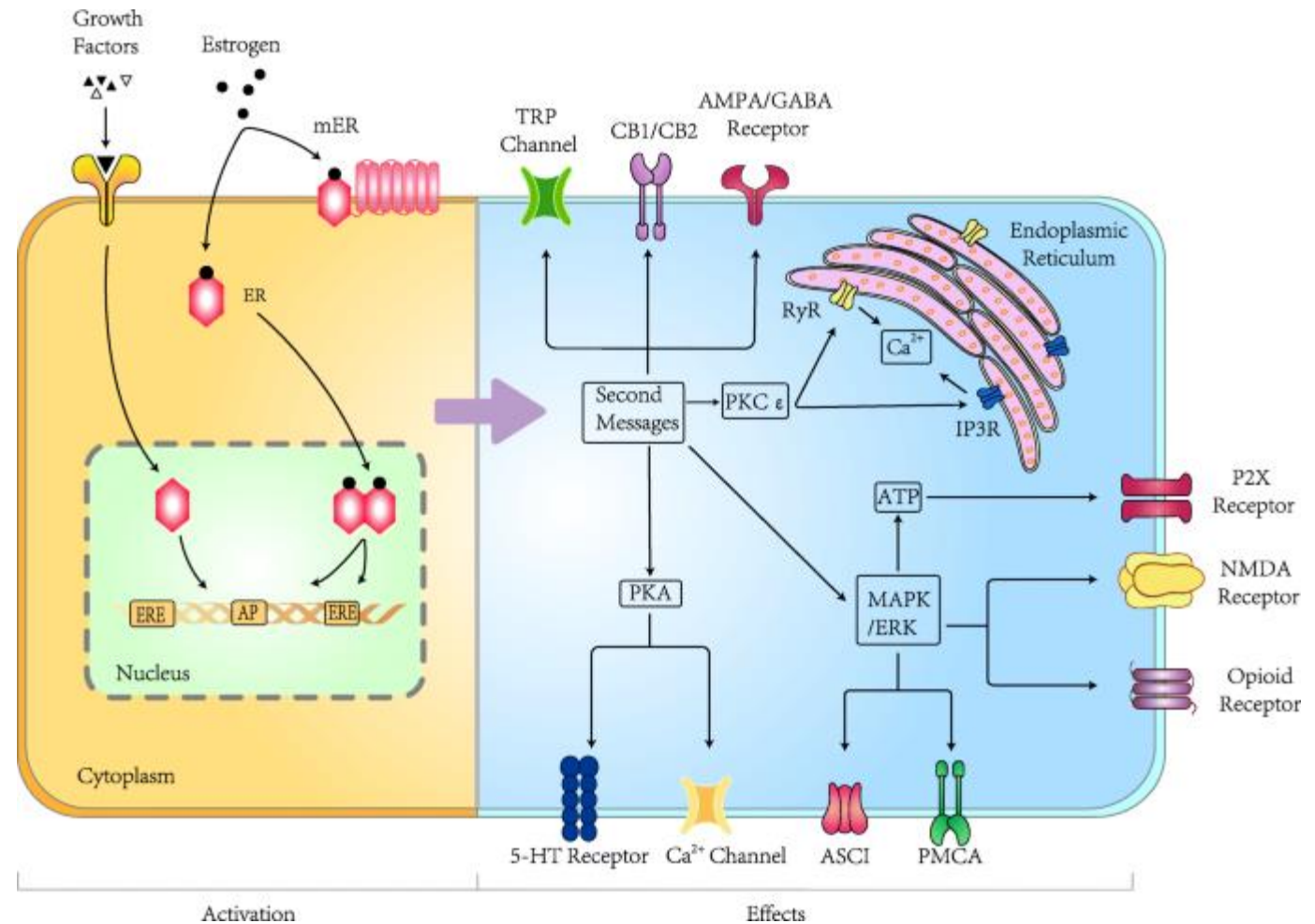


Matias, I., Bisogno, T., Di Marzo, V. *et al.* Endogenous cannabinoids in the brain and peripheral tissues: regulation of their levels and control of food intake. *Int J Obes* **30** (Suppl 1), S7–S12 (2006). <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803271>



# Rozdíl v modulaci bolesti mezi pohlavími

- estrogeny zřejmě ovlivňují bolest na více úrovních
- vliv estrogenů na amygdalu a thalamus
- ovlivnění NMDA receptorů
- zřejmě i další mechanismy



Chen, Q., Zhang, W., Sadana, N. *et al.* Estrogen receptors in pain modulation: cellular signaling. *Biol Sex Differ* **12**, 22 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13293-021-00364-5>

