

Ostatní smysly

Smysly – obecně

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

Primární receptory

neuroepitelové

- čich
 - receptorem jsou čichové buňky čichového epitelu nosní sliznice
- zrak
 - receptorem jsou tyčinky a čípky sítnice oka

neuronální

- hmat, bolest (nocicepce) a polohocit (propriocepce)
 - receptory jsou buď volná nervová zakončení kůže, kloubů, fascií, orgánů, nebo opouzdřená nervová zakončení kůže (hmatová tělíčka), šlach a svalů (vřeténka)
- vnitřní prostředí – volná i opouzdřená nervová zakončení, perikarya
 - chemoreceptory
 - sledování kyselosti krve (pH), okysličení krve (parciálního tlaku CO_2 a O_2), sledování hladiny glukózy v krvi, sledování hladiny hormonů, sledování množství iontů v moči
 - osmoreceptory
 - sledování osmolality krve
 - baroreceptory
 - sledování krevního tlaku

Sekundární receptory

- sluch
 - vláskové buňky blanitého hlemýždě vnitřního ucha
- rovnováha
 - vláskové buňky blanitého labyrintu vnitřního ucha
- chuť
 - chuťové buňky chuťových pohárků jazykových papil a patra

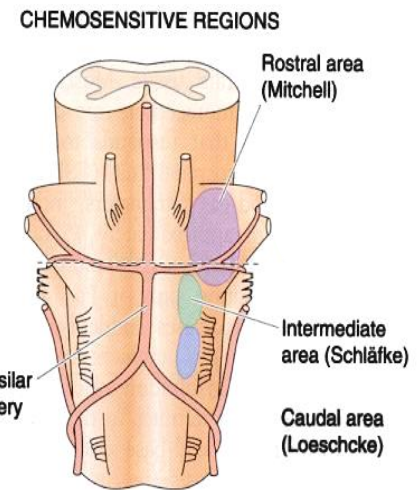
Baroreceptory

- obvykle rozvětvená, hrbolatá, stočená a propletená myelinizovaná nervová zakončení n. IX a n. X.
- v srdci umístěny subendokardově a jsou nemyelinizovaná
- **vysokotlaké baroreceptory**
 - začátek vnitřní krkavice (*sinus caroticum*)
 - v odstupu podklíčkové tepny (*glomus subclavium*)
 - oblouk aorty (*glomera supracardiaca*)
 - stěna levé komory
- **nízkotlaké baroreceptory**
 - stěna dutých a plicních žil při ústí do srdce
 - stěna srdečních síní
 - stěna a rozvidlení plicnice (*glomus supracardiacum*)

Sinus caroticus

- rozšíření začátku vnitřní krkavice
- zeslabená tunica media
- zesílená tunica adventitia
- nervová zakončení vláken n. IX (ramus sinus carotici)
- baroreceptor
 - měří tepenný tlak
 - slouží jako receptor pro jeden z hlavních reflexů pro řízení krevního tlaku

Chemoreceptory



- **periferní**

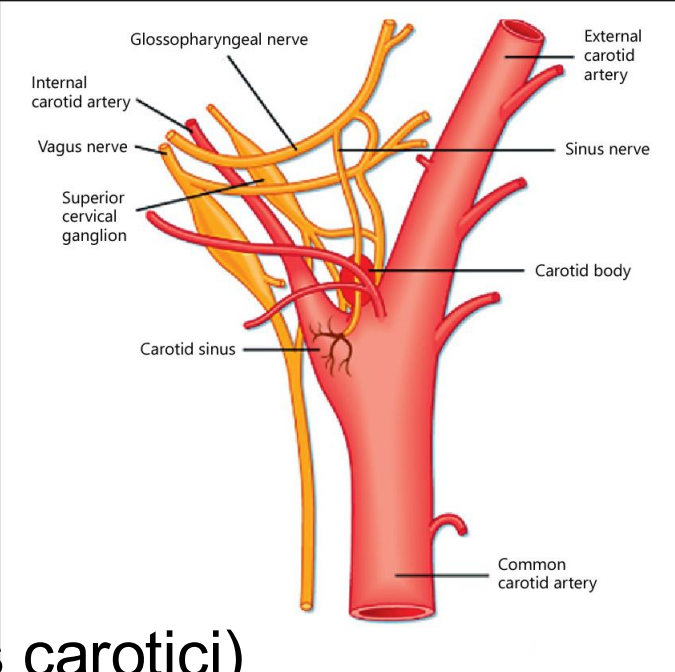
- glomus caroticum
- glomus subclavium
- glomera supracardiaca (aortica) = aortální tělíska
 - při tepnách 4. a 6. žaberního oblouku
 - mohou sloužit rovněž jako baroreceptory, tedy obdobně jako sinus caroticus
- macula densa distálního kanálku nefronu – množství iontů v moči

- **centrální**

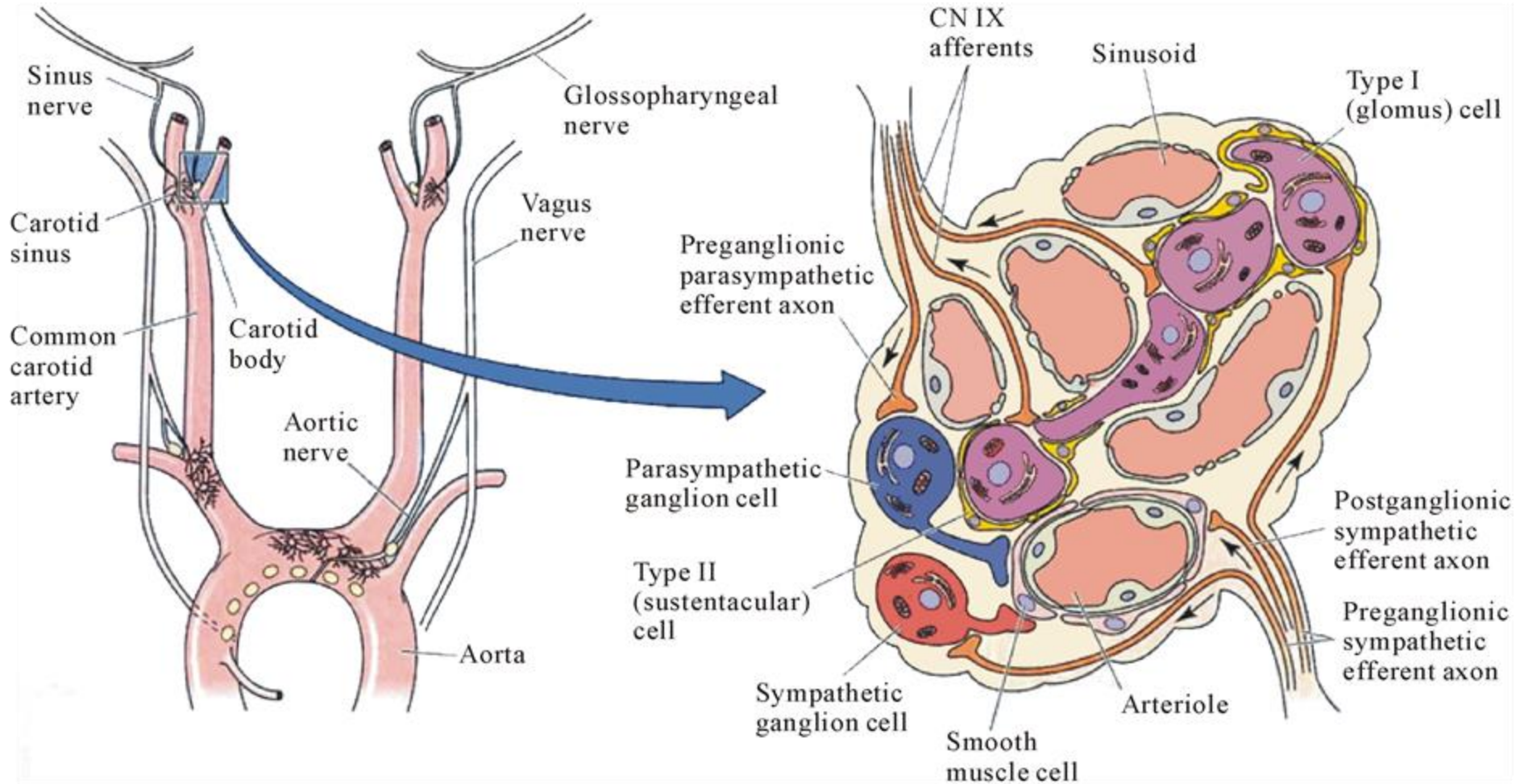
- area postrema
 - cirkumventrikulární orgán
 - citlivá k rozličným toxinům přicházejícím z krve a prostřednictvím změněných ependymových buněk ke změnám pH mozkomíšního moku
- další při dýchacích centrech
- **chemorepční zóny** pro vnímání různých látek
 - hladina glukózy a tuků (centrum hladu a sytosti v hypotalamu)
 - hladiny hormonů – hypotalamus (estrogeny, gestageny, hormony štítné žlázy, mineralokortikoidy a glukokortikoidy) – zpětnovazebná regulace
 - účinek hormonální antikoncepce

Glomus caroticum

- tepenný chemoreceptor
- rozvidlení společné krkavice
- je oválné, červenohnědé tělísko
- v nebo při tunica adventitia (6 x 3 cm)
- viscerosenzitivní vlákna n. IX (n. sinus carotici)
- visceromotorická vlákna (z n. X a truncus sympathicus)
- 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 retikulární formace mozkového kmene
- stavebně patří mezi sympatická paraganglia
- vyvíjí se z ektomezenchymu 3. žaberního oblouku (původem z buněk neurální lišty)

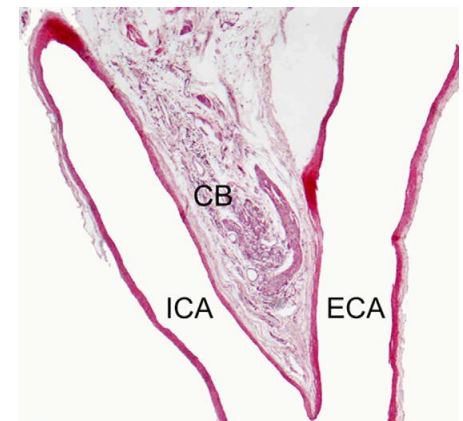


Glomus caroticum



Glomus caroticum – stavba

- **vazivové** pouzdro (*capsula fibrosa*)
 - přepážky (*septa*)
 - lalůčky (*lobuli*)
- **glomové** buňky (*paragangliocyti, glomocyti*)
 - pracují jako dopaminergní interneurony
- podpůrné buňky (*epitheliocyti sustentantes*)
- gangliové buňky sympatiku + parasympatiku
- **fenestrované** kapiláry
- nemyelinizovaná nervová vlákna
 - vlastní chemoreceptory



Další receptory

- **osmoreceptory**

- chemorecepční zóny pro sledování osmolality mozkomíšního moku
- organum vasculosum laminae terminalis a organum subfornicale
 - pro sledování hladiny angiotenzinu II a vyvolání pocitu žízně a sekrece ADH
- osmolalita krve (centrum žízně a „nežízně“ v hypotalamu)
 - opět pro sekreci ADH

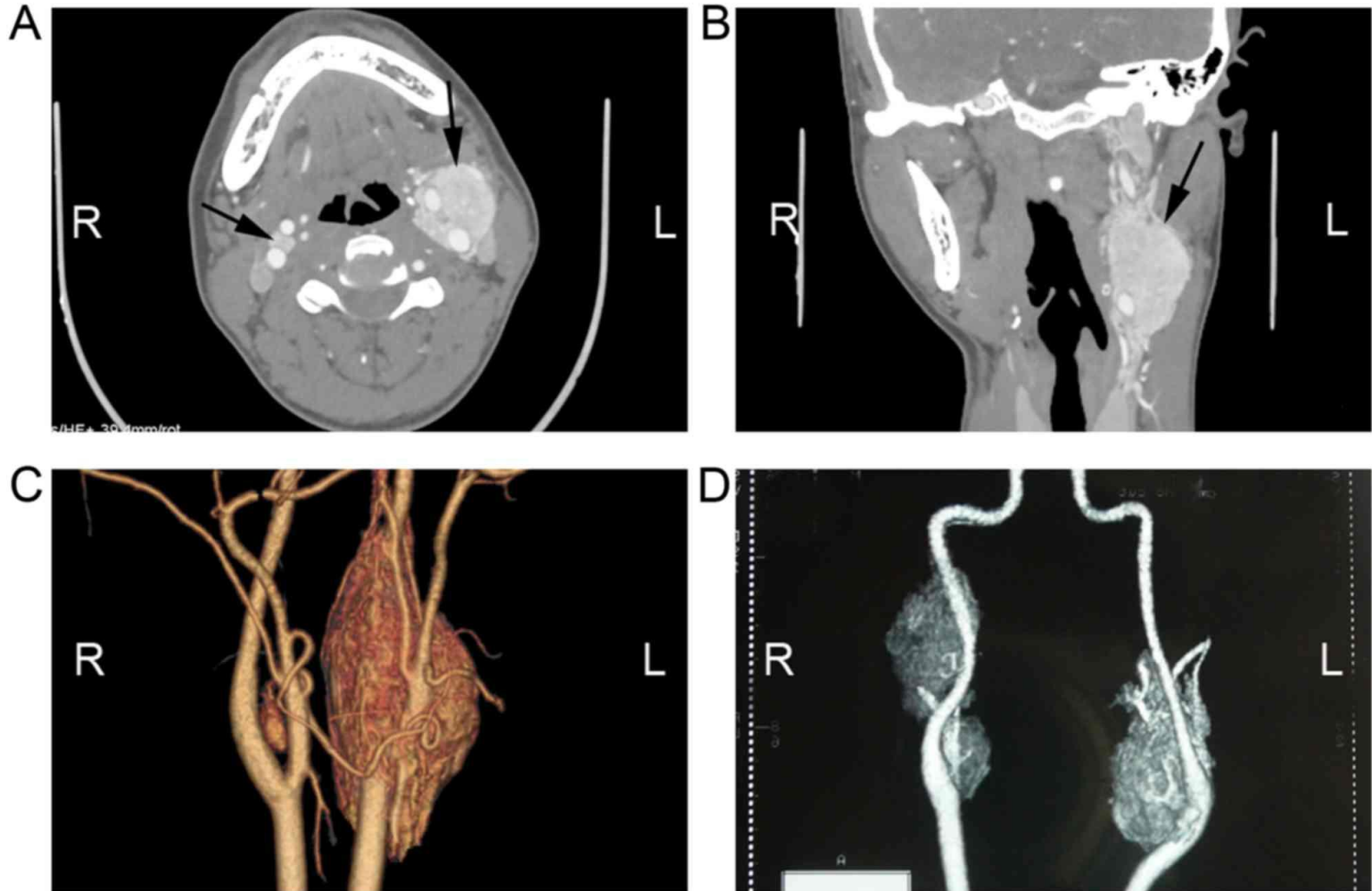
- **termoreceptory**

- hypotalamus (centrum horečky a chladu)

Kazuistika

- žena, 22 roků
- obtíže 4 roky
- občasná bolest při chladu, pocit cizího tělesa
- pohmatový útvar na krku
- *ultrazvuk*
- *CT angiografie*

Oboustanný nádor glomus caroticum



Chut' (*Gustus*)

řecky: **geusis**

Organum gustatorium

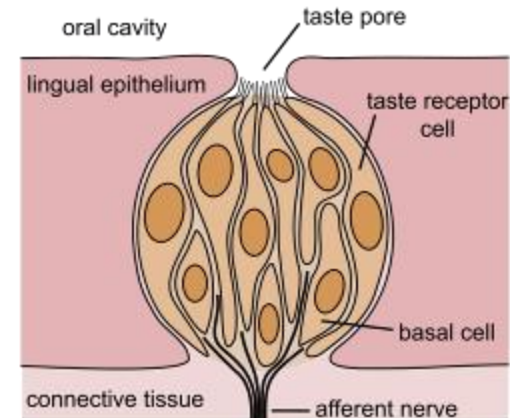
Chuťové ústrojí

- sekundární receptory
- receptorová buňka je v synapsi s periferním výběžkem 1. neuronu chuťové dráhy
- ve sliznici 8-12 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 a hrtanové příklopky
- jako chuťové receptory fungují i volná nervová zakončení

Organum gustatorium

Chuťové ústrojí

- hrazená papila (*papilla vallata*)
 - 1-2 mm široká
 - **vallum papillae** – vnější val
 - **sulcus papillae** – kruhová brázda kolem papily, jejíž stěny obsahují chuťové pohárky
 - do jejího dna ústí slinné žlázy
- chuťový pohárek (*gemma gustatoria, caliculus gustatorius*)
 - 50-150 buněk (70 x 40 μm)
 - 5000 pohárků na jazyku (250 v hrazené papillae)
- chuťový pór (*porus gustatorius*)
 - povrchová jamka a přístup do pohárku



Connective tissue



Stratified squamous epithelium non-keratinized

Trench

Taste buds

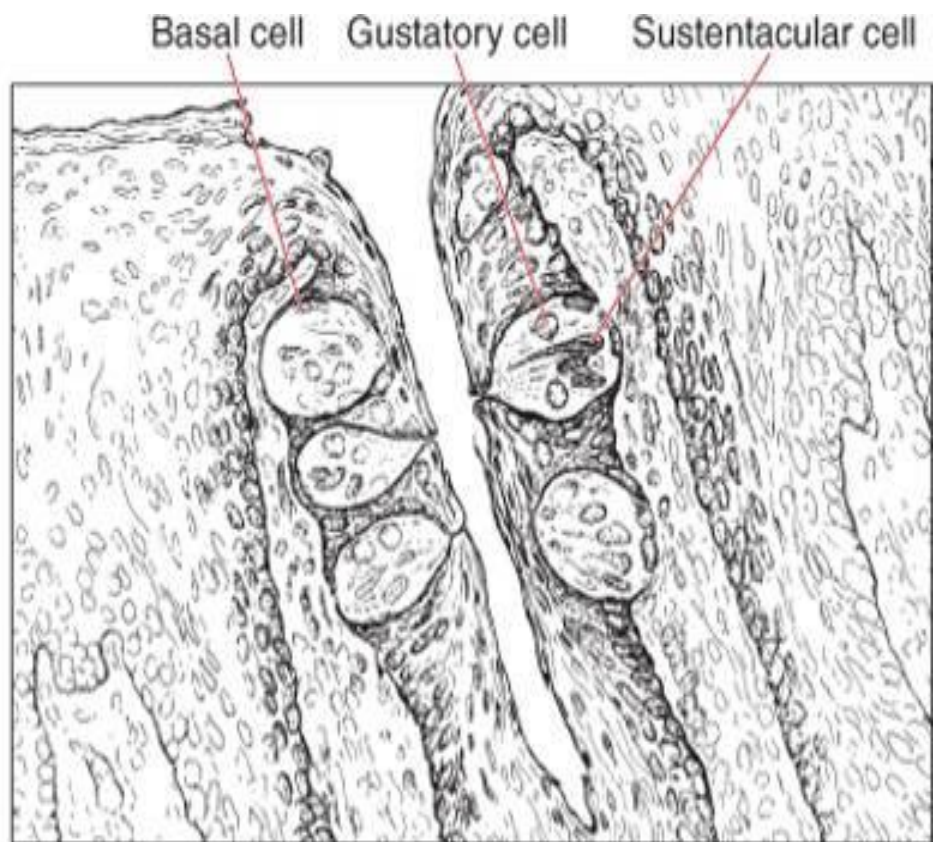
Nerve fibers

Serous glands of von Ebner

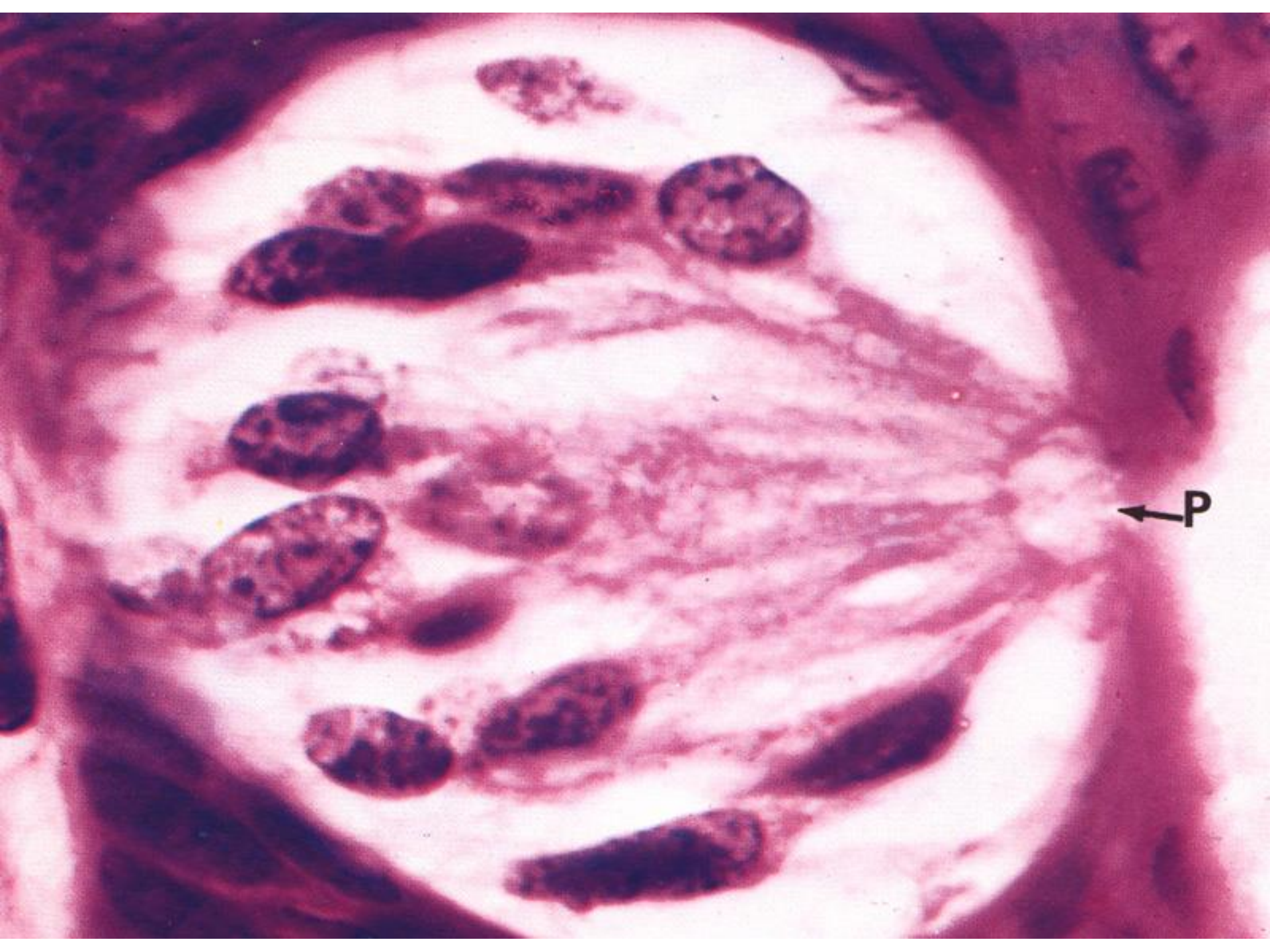
Gemma gustatoria

Chuťový pohárek

- vývoj během 11. – 13. týdne
 - buňky pronikají z chorda tympani, n. IX, a n. X
 - reakce zrychleným polykáním a mimikou (26. týden)
- 4 typy buněk – celkem 100 - 150
 - chuťové buňky (*epiteliocytus gustatorius*)
 - mikrokilky
 - chemoreceptory, sekundární receptory (typ I)
 - podpůrné buňky (*epiteliocytus sustenans*)
 - bazální buňky (*epiteliocytus basalis*)





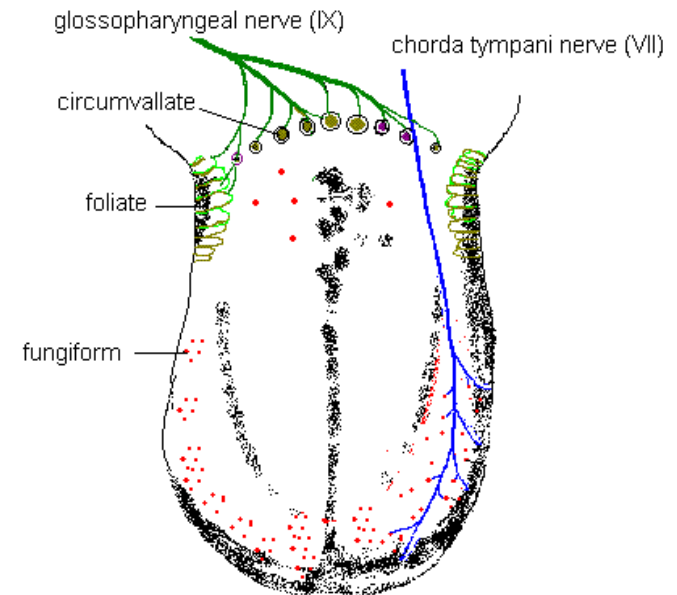


Přídavné zařízení

- **glandulae gustatoriae von Ebneri (*pars profunda glandulae lingualis posterior*)**
 - drobné serózní slinné žlázy přidružené ke hrazeným papilám – složená větvená tubulární až tuboalveolární
 - výměšek obsahuje enzymy napomáhající úvodnímu štěpení látek (lingvální lipáza, kyselá fosfatáza, nespecifická esteráza a slinná amyláza)
 - v buňkách sekreční granula s peroxidázou, která snižuje počet bakterií brázdách okolo papil a brání tak infekci – vývody ústí do den brázd kolem hrazených papil
 - sliny rozpouštějí chutí vnímané látky a vymývají chuťové pohárky

Chuť = *Gustus*

- základní chutě
 - sladká, slaná, hořká, kyselá, umami (glutamát sodný)
 - další (tuk)
- každý pohárek vnímá všechny chutě
 - nachází se na **hrozených**, listovitých a houbovitých papilách



Projekční → Vzestupné → Senzorické

CHUŤOVÁ DRÁHA

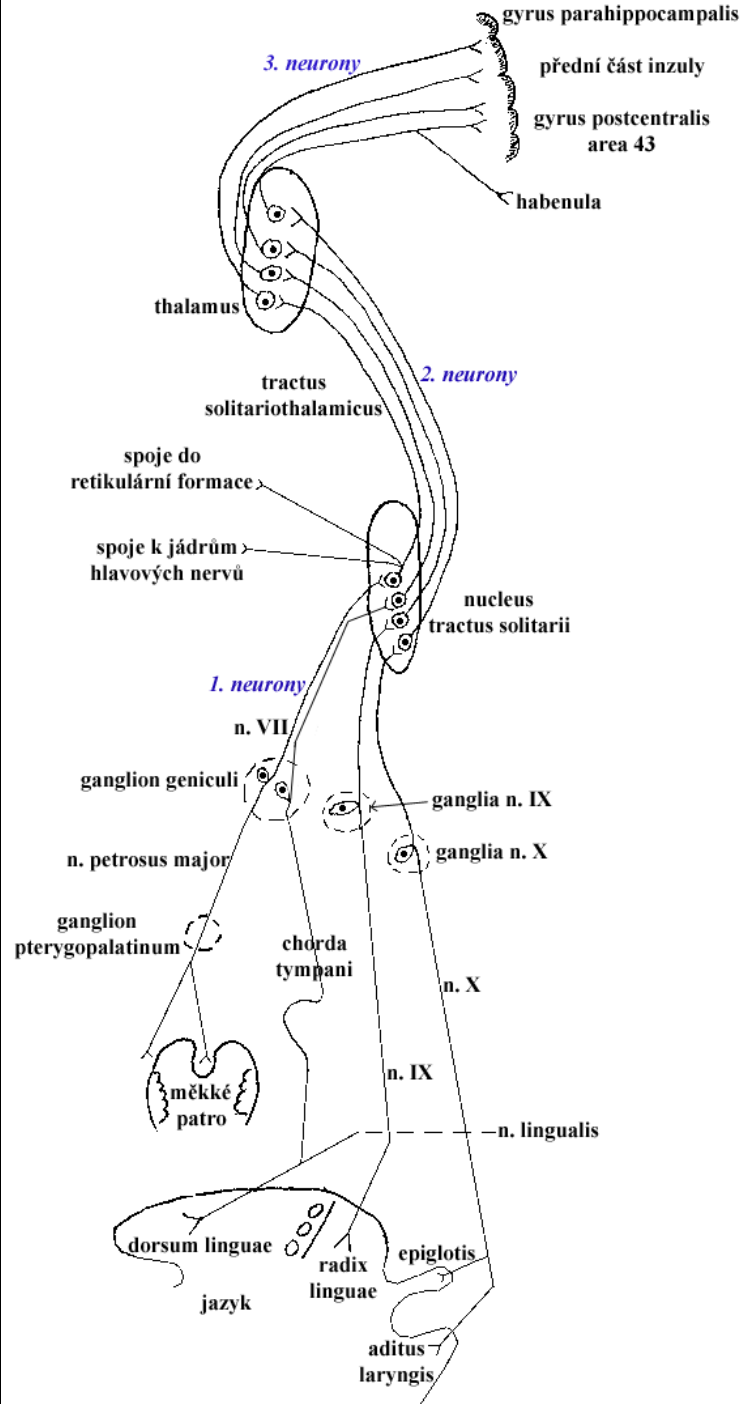
3-neuronová dráha

1.N: cestou hlavových nervů

- měkké patro → nn. palatini minores → ggl. pterygopalatinum (bez přepojení) → n. petrosus major → ggl. geniculi → n. intermedius → n. VII → nuclei tractus solitarii
- 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

Projekční → Vzestupné → Senzorické CHUŤOVÁ DRÁHA

- 2.N: nuclei tractus solitarii → tractus tegmentalis centralis (při tr. trigeminothalamicus posterior) → ncl. VPM thalami (k motorickým jádrům hlavových nervů, do RF)
- 3.N: thalamus → mozková kůra - lobus parietalis, gyrus postcentralis (area 43) a přední části inzuly (do gyrus parahippocampalis)
- cesta do hypotalamu, amygdaly a kůry přes ncl. parabrachiales míjí thalamus – *antigenní vlastnosti potravy - imunita*



Smell / Olfaction (*Olfactus*)

řecky: osmé = pach

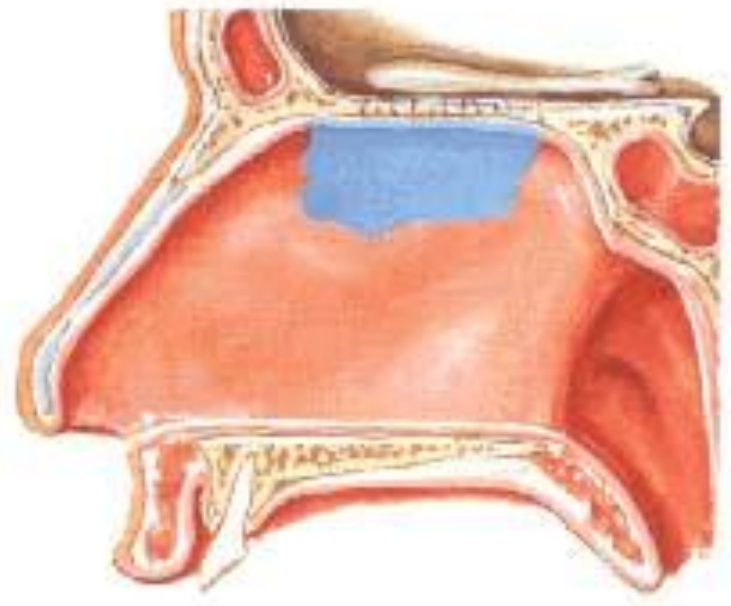
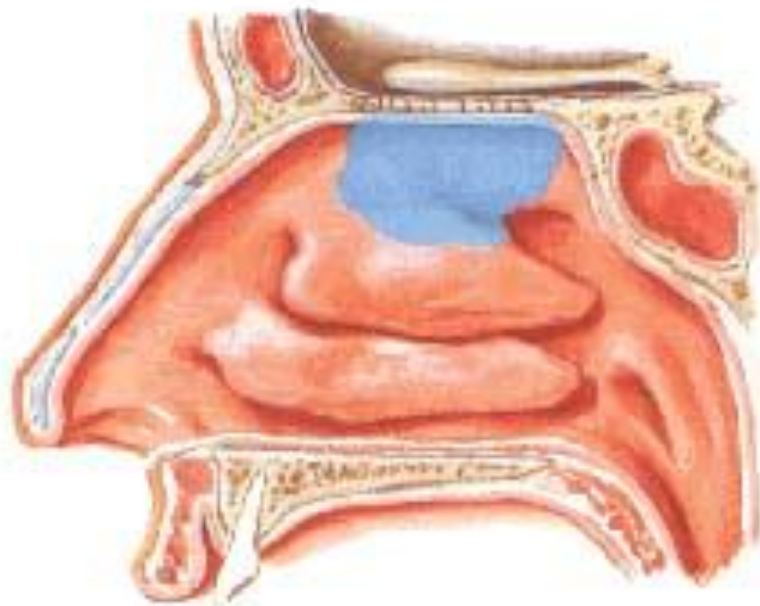
Čichové ústrojí

Organum olfactorium

- čichová sliznice v nosní dutině
 - strop, horní skořepa a stěny ve výši horní skořepy
- 3-5 cm² 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)

Nerves of Nasal Cavity

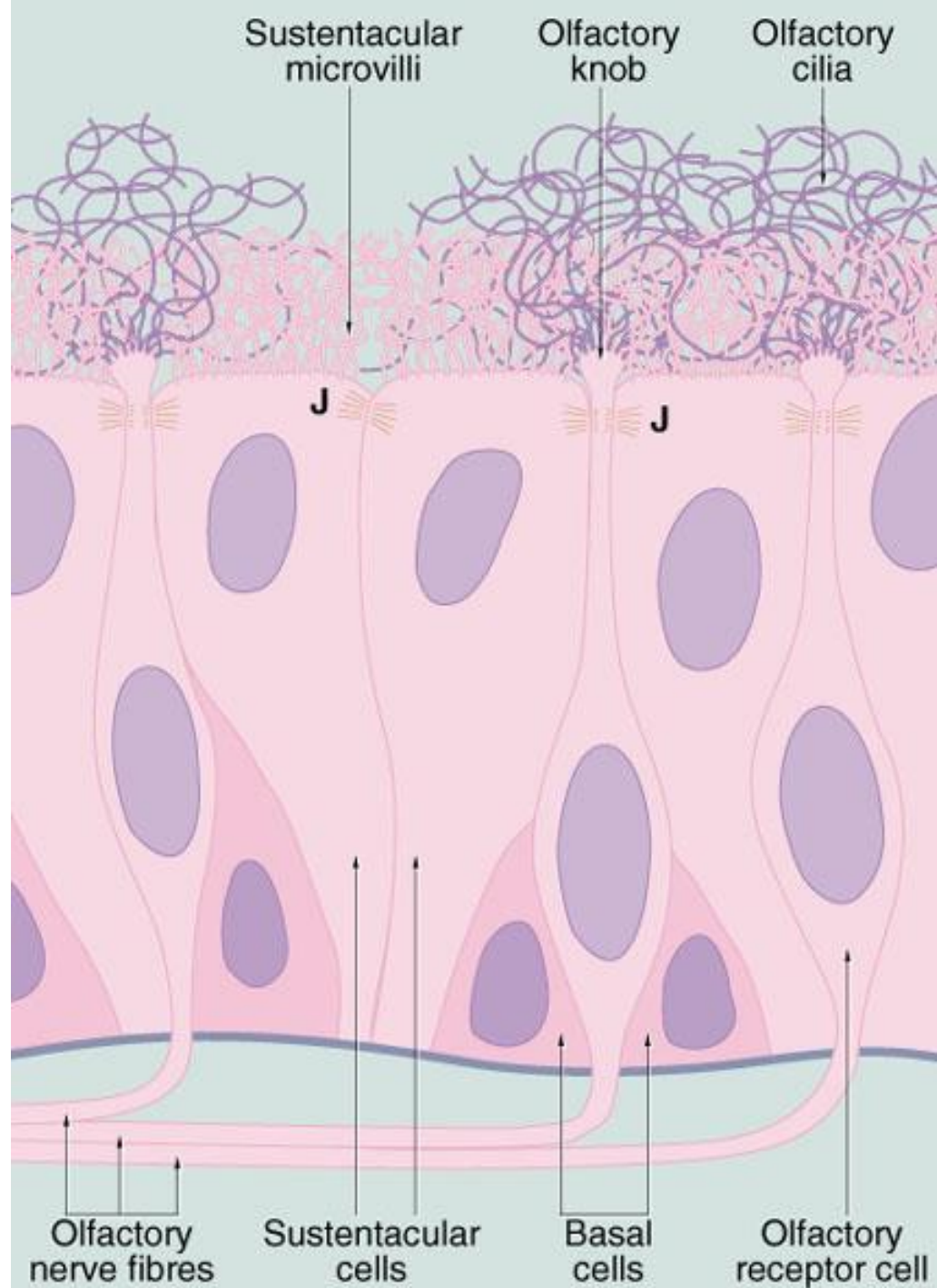
Distribution of Olfactory Mucosa



Čichový epitel = *Epithelium olfactorium*

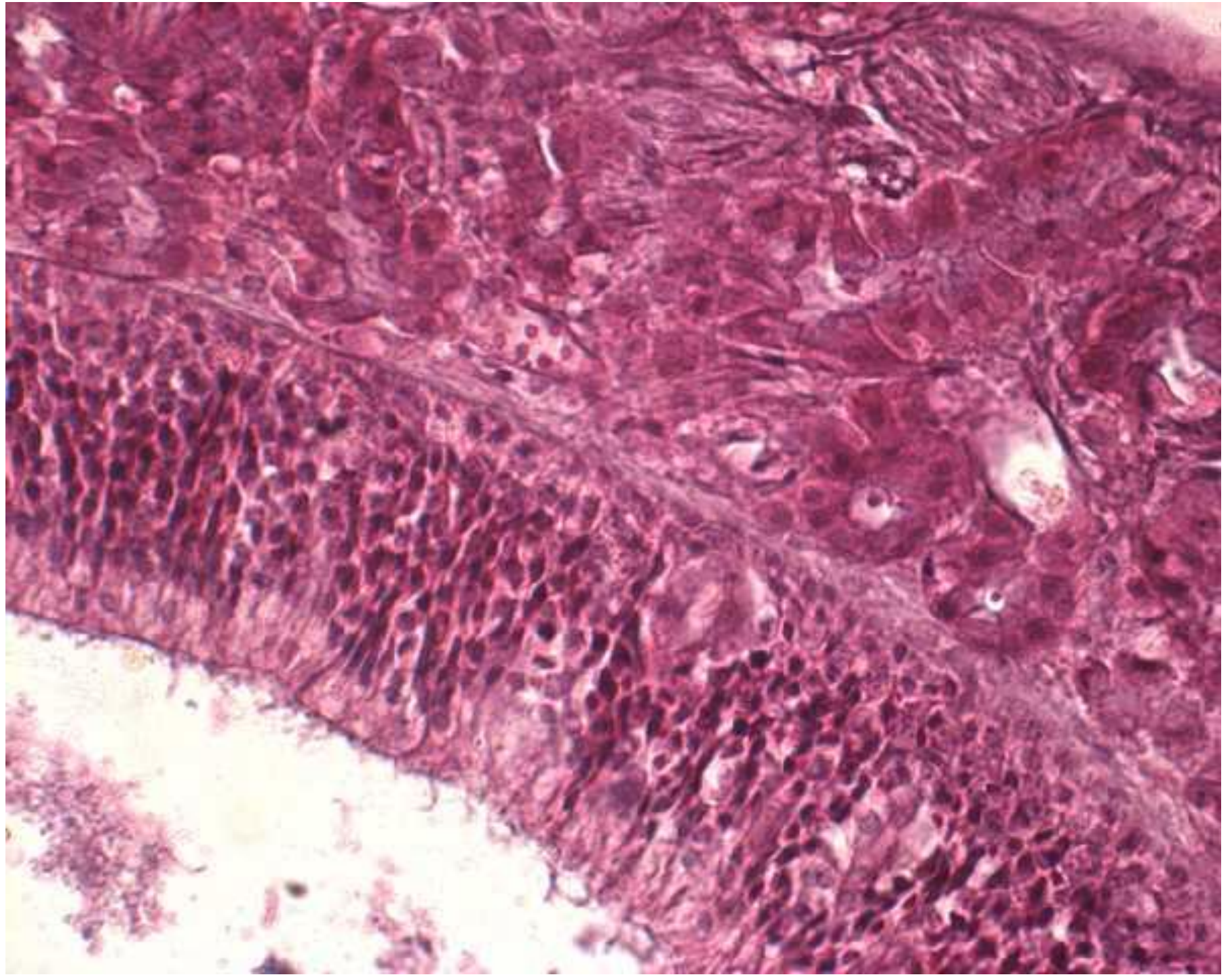
specializovaný víceřadý cylindrický epitel (100 μm vysoký)
s pozměněnými řasinkami

- **čichové buňky** (*epitheliocyti neurosensorii olfactorii*)
 - bipolární neurony, životnost 30-60 dnů
 - vysoce polarizované buňky lahvovitého tvaru
 - 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 (tloušťka 0,2 μm ho řadí mezi nejtenčí nervová vlákna)
 - jedná se o poměrně rychle se dělící neurony (hlavní výjimka v nervové tkáni)



Čichový epitel = *Epithelium olfactorium*

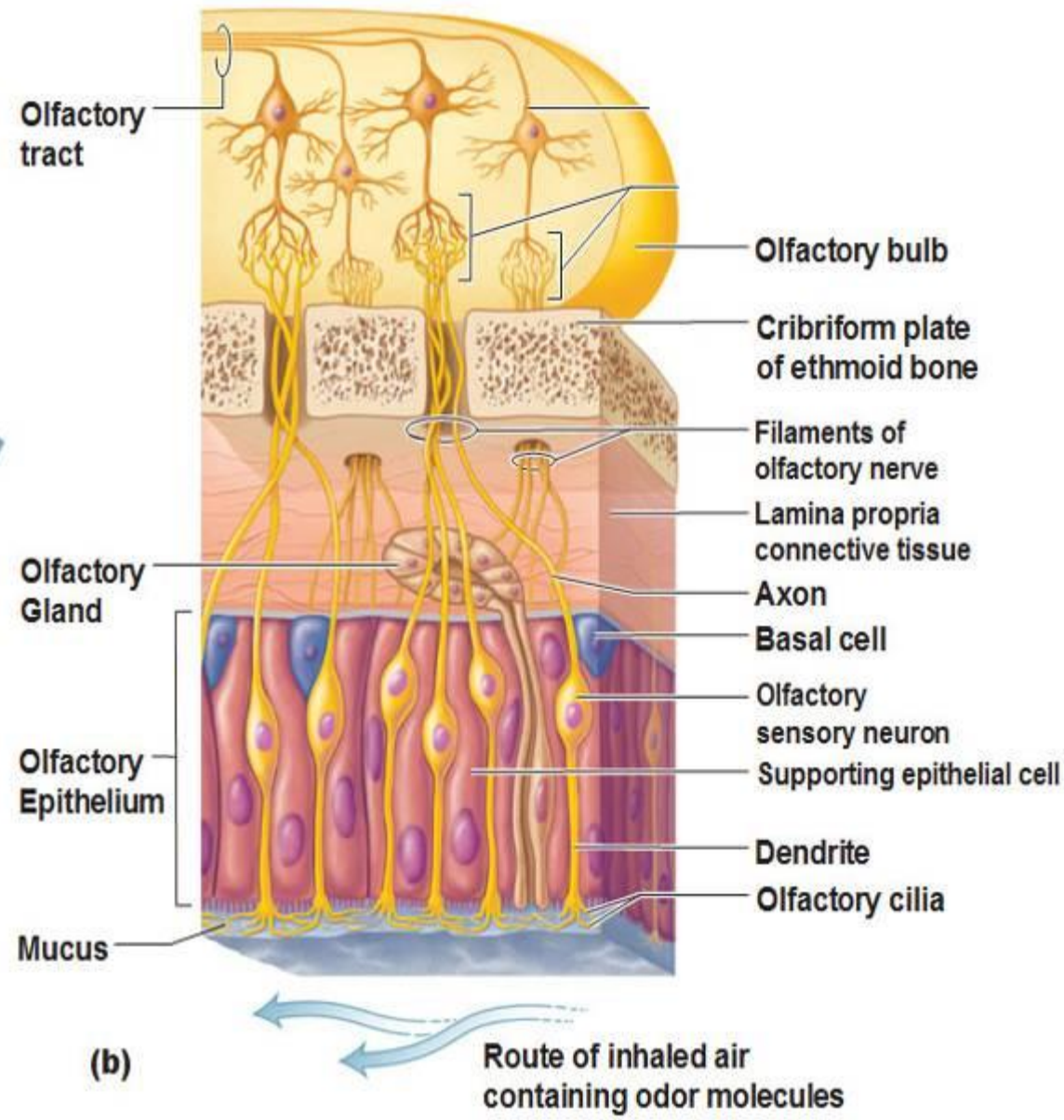
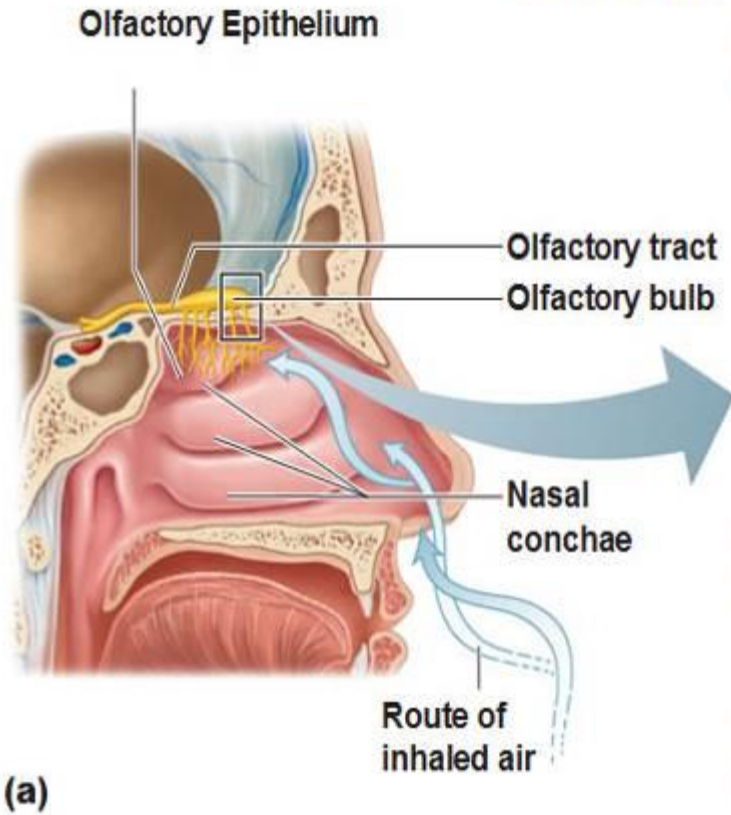
- **bazální buňky** (*epithelocytii basales*)
 - mitoticky aktivní kmenové neurony s jádry uloženými při lamina basalis epitelu
- **podpůrné buňky** (*epithelocytii sustentantes*)
 - zrcadlový tvar k čichovým buňkám
 - apikálně umístěné jádro
 - těsná spojení s čichovými buňkami
 - dlouhé mikrovly na apikálním povrchu
 - bazálně lipofuscinová granula (přibývající s věkem), dlouhověké buňky (1 rok)
- nezralé čichové buňky = globózní
 - mezistupeň mezi bazálními a čichovými buňkami
 - nedosahují ještě apikálním koncem povrchu epitelu

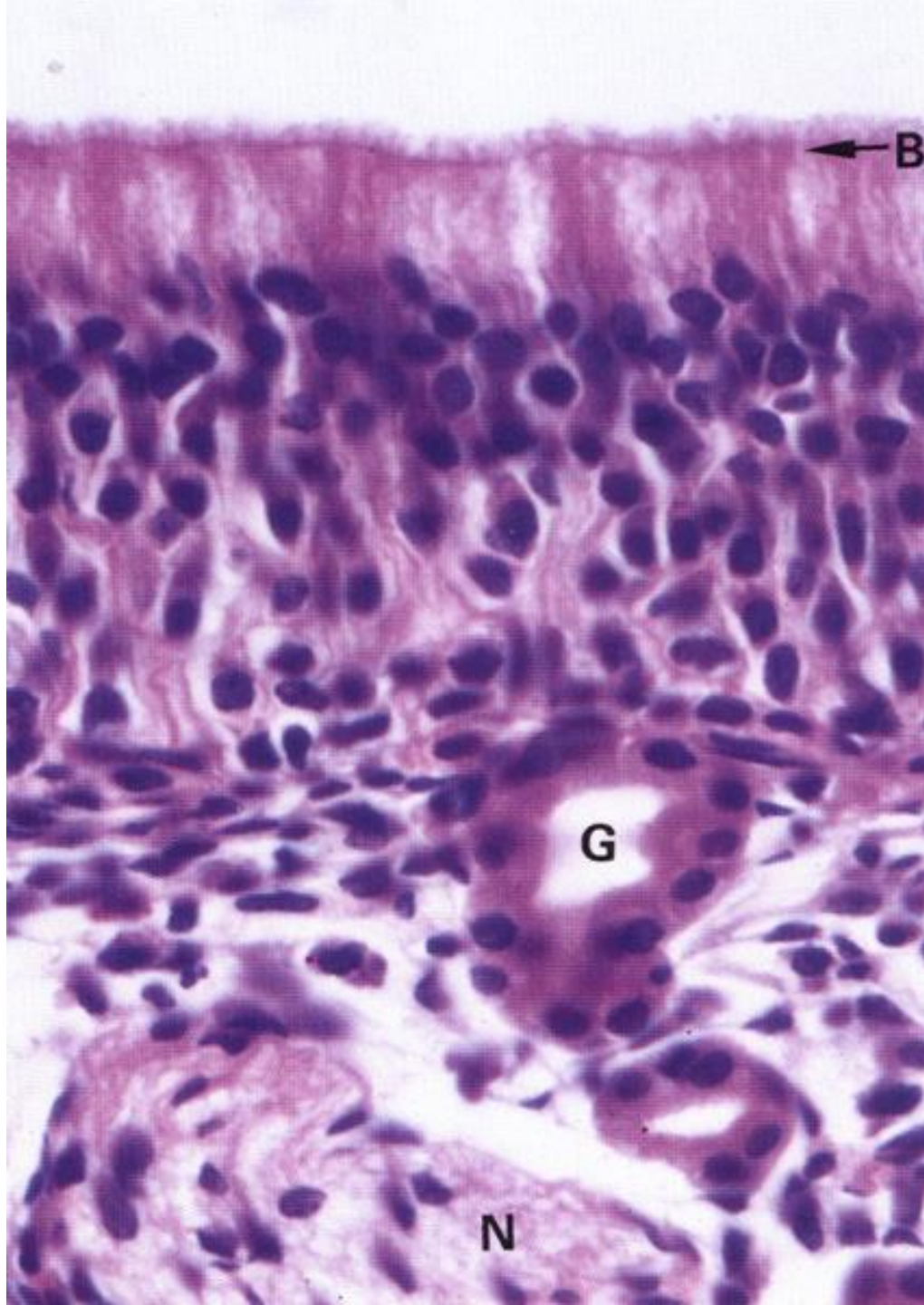


Čichový epitel – další součásti

- **fila olfactoria**
 - svazky nemyelinizovaných axonů čichových buněk
 - procházejí skrz lamina cribrosa ossis ethmoidalis do lebeční dutiny do bulbus olfactorius
- **čichové žlázy (*glandulae olfactoriae Bowmani*)**
 - jednoduché větvené tuboalveolární
 - serózní výměšek → koncentruje a rozpouští čichem vnímané látky a následně je odplavuje
 - sekret obsahuje odoranty-vážící protein (odorant-binding protein, OBP) s vysokou afinitou k široké škále molekul odorantů, a dále lysozym, laktoferrin a imunoglobulin A
- **čichová glie (*glia olfactoria*)**
 - drobné buňky obklápějící nemyelinizovaná čichová vlákna v lamina propria mucosae
 - původ z čichové plakody (povrchový ektoderm)

Smell





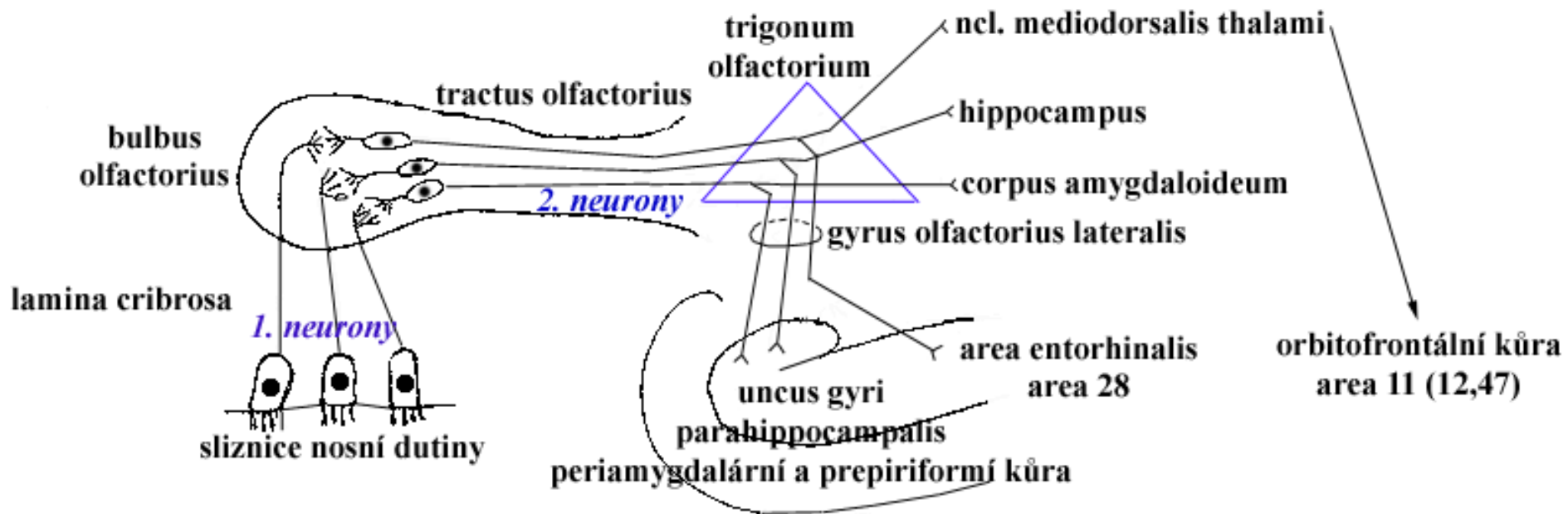
Bulbus olfactorius

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

Projekční → Vzestupné → Senzorické
ČICHOVÁ DRÁHA

2-neuronová dráha

- 1.N: neuroepitelové buňky v pars olfactoria cavitatis nasi → fila olfactoria → lamina cribrosa ossis ethmoidalis → fossa cranii anterior → bulbus olfactorius
- 2.N: 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)



Hmat (*Tactus*)

Hmat = *Tactus*

hmat (*tactus*) = dotyk + tah + tlak + diskriminace + vibrace + teplo/chlad

bolest (*dolor*) = nocicepce

- somatosenzitivní zakončení v kůži
 - obecně všechna vnímají všechny modality (záleží na intenzitě podnětu)
- somatosenzitivní zakončení v kloubech, šlachách, svalech, fasciích
- viscerosenzitivní zakončení v orgánech („vnitřní hmat“)
 - Headovy zóny
- *areae nervinae* x *areae radicales*
- senzitivní složky hlavových a periferních nervů
- dráha zadních provazců x *tractus spinothalamicus*

Kožní receptory

- 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...

Sensory Mechanoreceptors

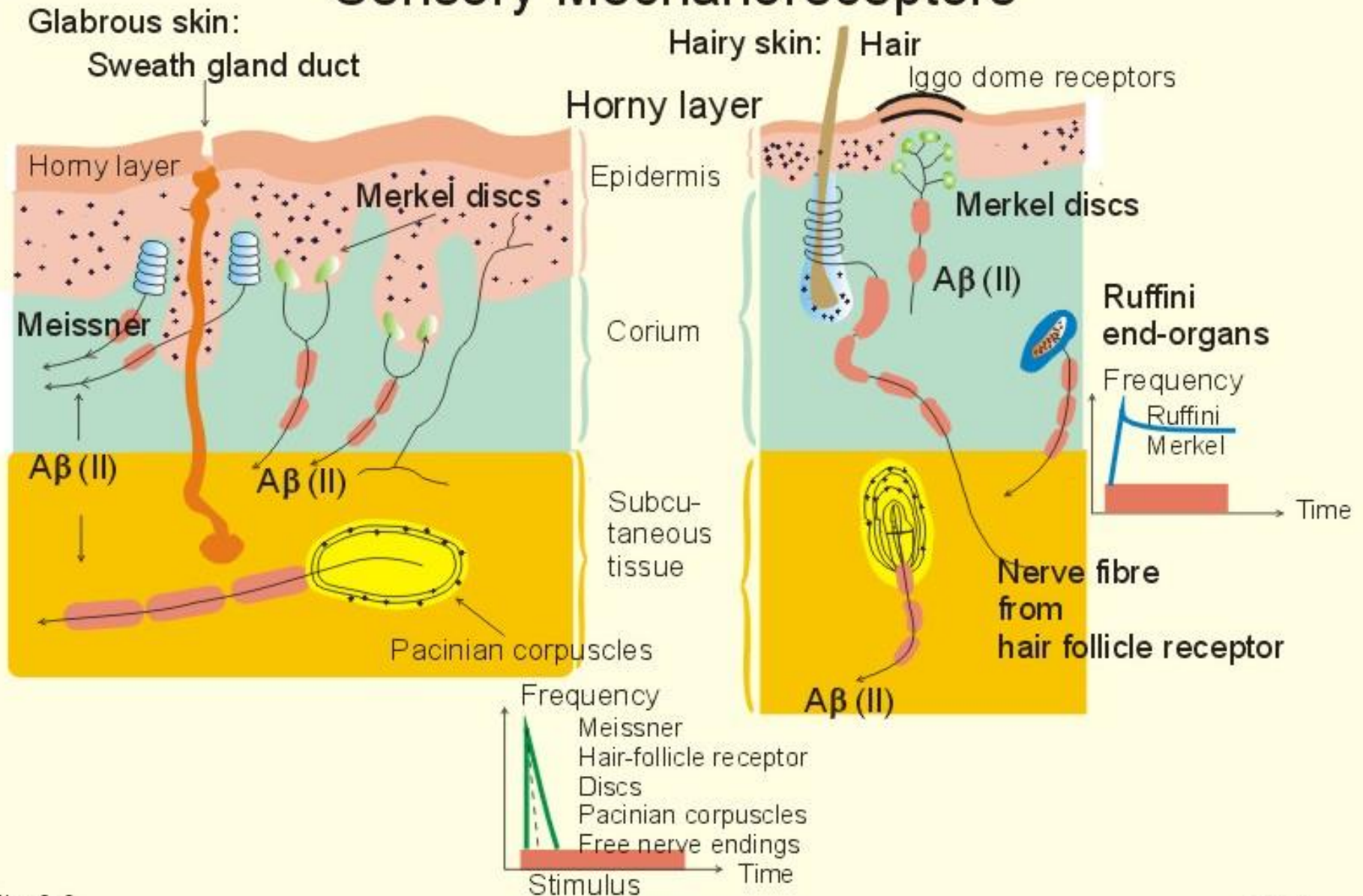


Fig. 3-3

Volná nervová zakončení

Terminatio neuralis libera

- 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, ochrustavice (perichondrium), 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

Merkelovy terče

Meniscus tactilis / dendriticus

- oploštělé epitelové buňky (*epitheliocytus tactilis*; Merkelova buňka)
 - ve spodních vrstvách pokožky vytvářejí funkční spojení s větvením aferentního nervu – Abeta vlákna (*complexus epithelliales tactus*)
- 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

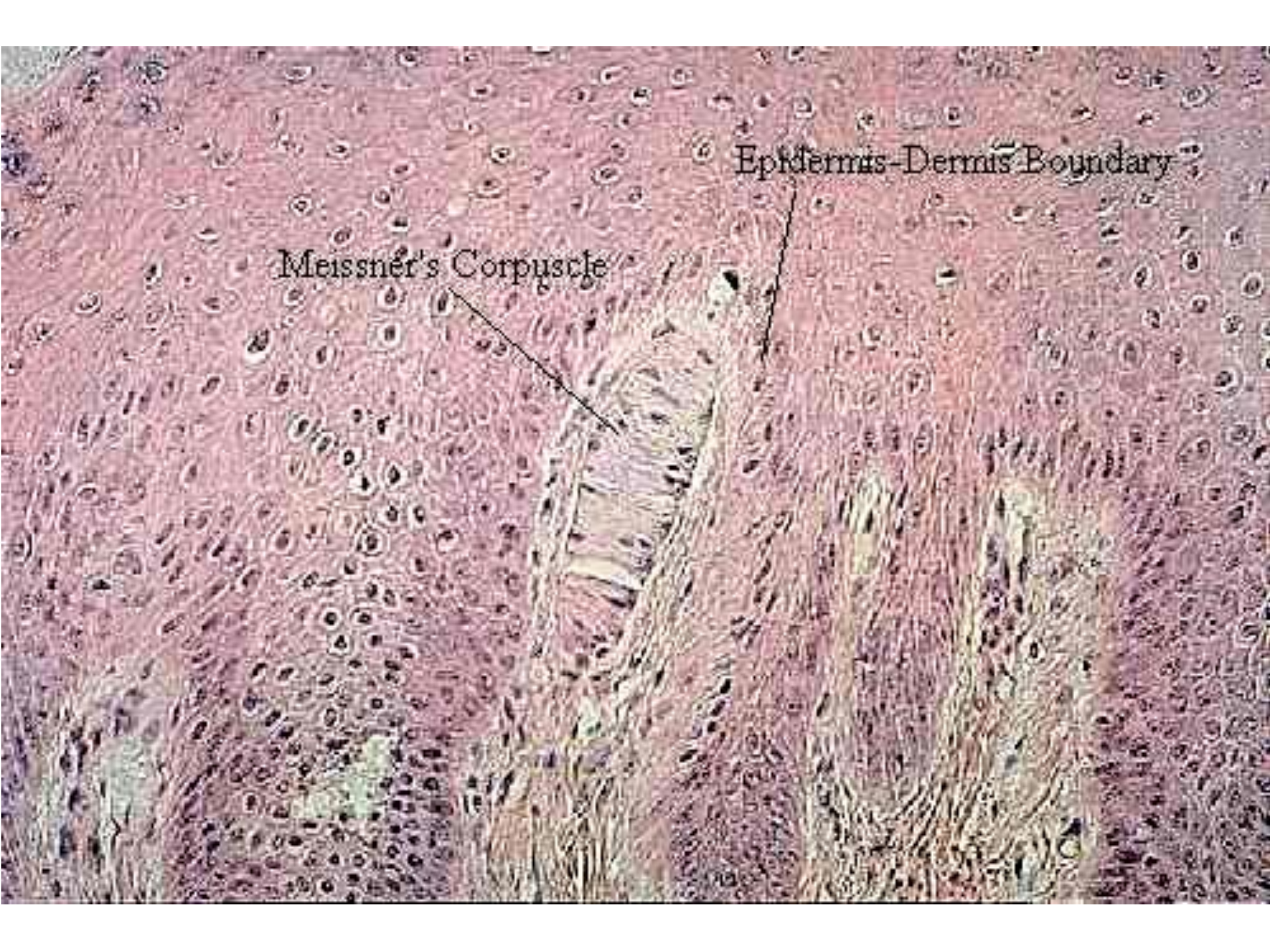
Corpusculum nervosum lanceolatum

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

Meissnerova (Wagner-M.) tělíška

Corpusculum ovoideum / tactile

- modifikované Schwannovy buňky vrstvené napříč tělískem obklopují centrální nervové vlákno
- capsula fibrosa - okolo tělíška (přenos sil z okolí)
- uložena 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 μm x 100 μm



Epidermis-Dermis Boundary

Meissner's Corpuscle

Ruffiniho tělíska

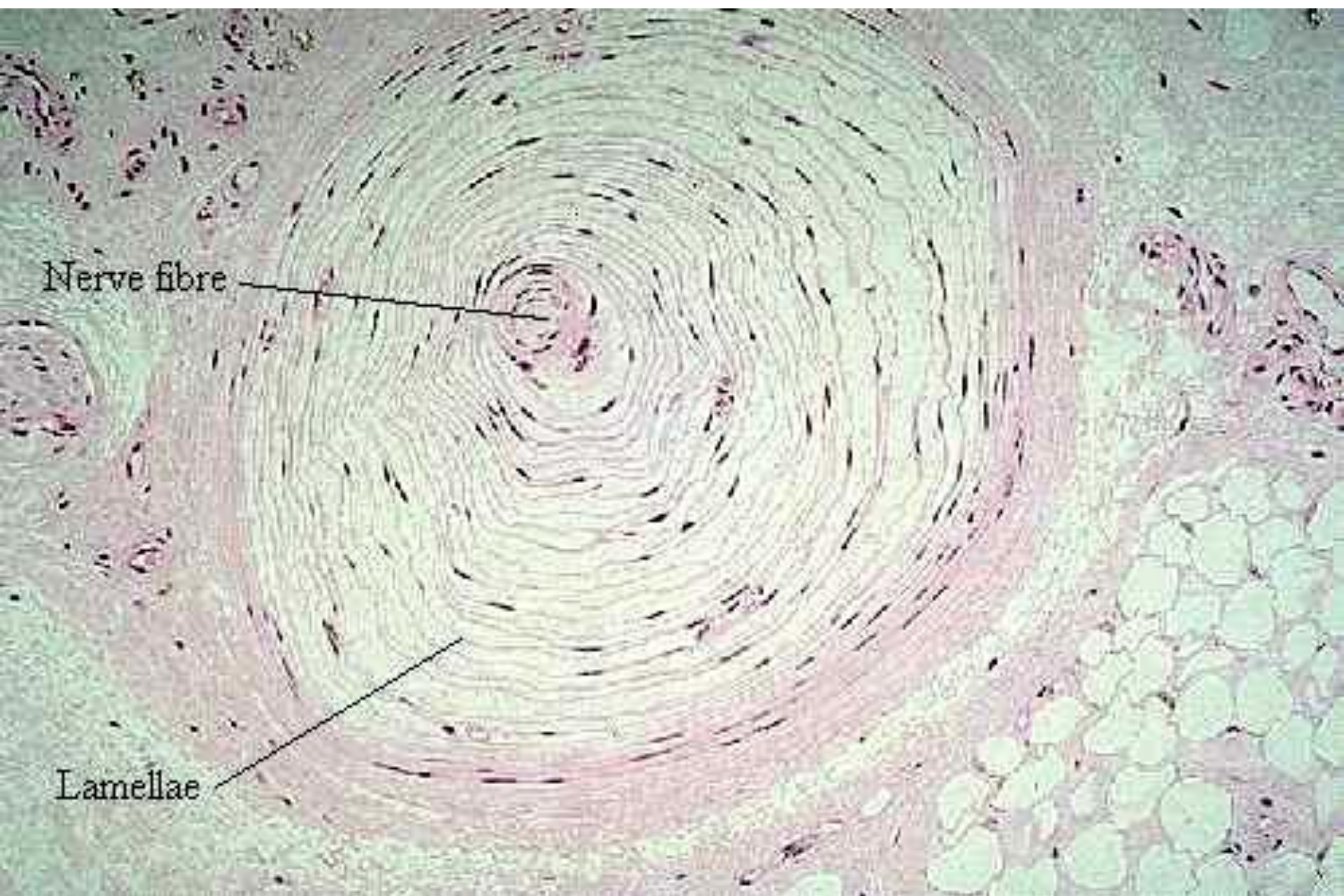
Corpusculum sensorium fusiforme

- v hloubce škáry 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

Vaterova-Pacciniho tělíška

Corpusculum lamellosum

- nejsložitější, největší, opouzdřená hmatová tělíška
- délka až 2,5 mm, velké receptivní pole
- centrálně uložené myelinizované nervové vlákno, obklopeno 30 lamelami Schwannových buněk
- pouzdro (capsula fibrosa) - tvořené 60 lamelami perineurálních buněk (capsula perineuralis / bulbus externus)
- na příčném průřezu vzhled cibule (lamely Schwannových buněk a perineuria)
- mezi lamelami tekutina – zajistí nestlačitelnost tělíška a rychlý přenos tlaku a vibrací na dendritickou zónu vlákna
- v hloubce škáry na hranici s podkožím a rovněž v podkoží
- 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, dále např. v mezenteriu kočky 😊



Nerve fibre

Lamellae

Další kožní receptory

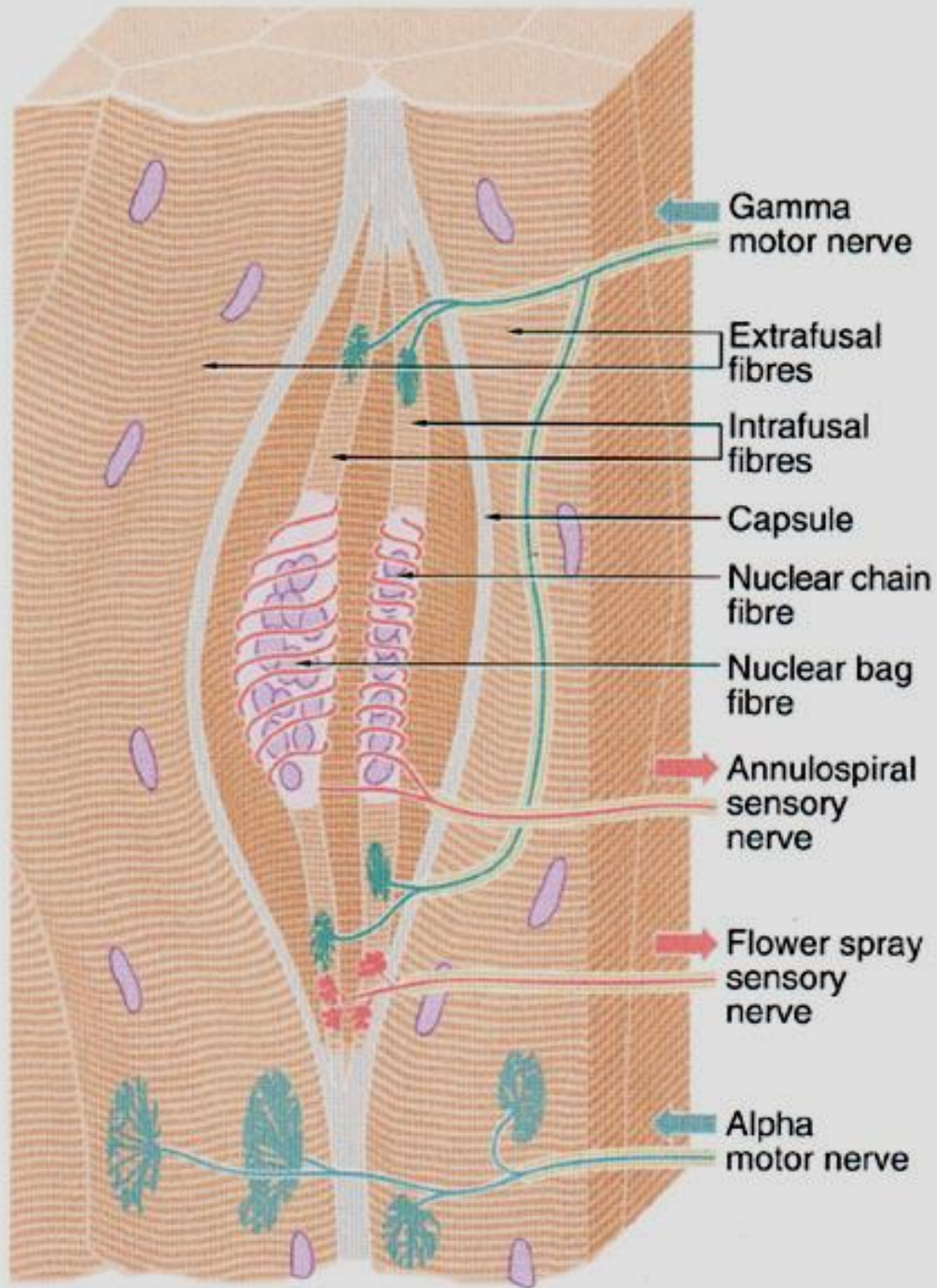
pikoška pro milovníky histologie ☺

- **Golgiho-Mazzoniho tělíka**
 - podkoží bříšek prstů
 - tenčí obal a silnější jádro než VP
- **Krauseho tělíka („end-bulb“)**
 - škára (stratum papillare), spojivka, rty a jazyk, epineriesum nervových kmenů
 - spojené po 2–6 = **Dogielova genitální tělíka** (penis, clitoris)
 - kloubní pouzdra (ruka)
 - válcovité nebo oválné opouzdřené tělísko
 - 50 μm x 150 μm
- Herbstova tělíka – jazyk kachny ☺
- Grandryho tělíka – zobák a jazyk ptáků

Nervosvalové vřeténko

Fusus neuromuscularis

- příčně pruhované svaly
 - málo v očních svalech, žádné v jazyce
- 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 (*myofibrae infrafusales*)
 - liší se od obvyklých (extrafuzálních) svalových vláken kratší délkou a tenčí zónou myofibril kolem jádra



Nervosvalové vřeténko

– nervová zakončení

- anulospirální (primární) zakončení (*terminatio neuralis anulospiralis*)
 - spirály kolem jaderné oblasti
 - rychle se adaptující zakončení senzitivních nervů
- keříčkové (sekundární) zakončení (*terminatio neuralis racemosa*)
 - rozvětvené s korálkovitými konci
 - pomalu se adaptující zakončení senzitivních nervů
- nervosvalová ploténka
 - zakončení motorických nervů (gama-motoneuronů a kolaterál alfa-motoneuronů)

Nervosvalové vřeténko – funkce

- 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

Arteriole

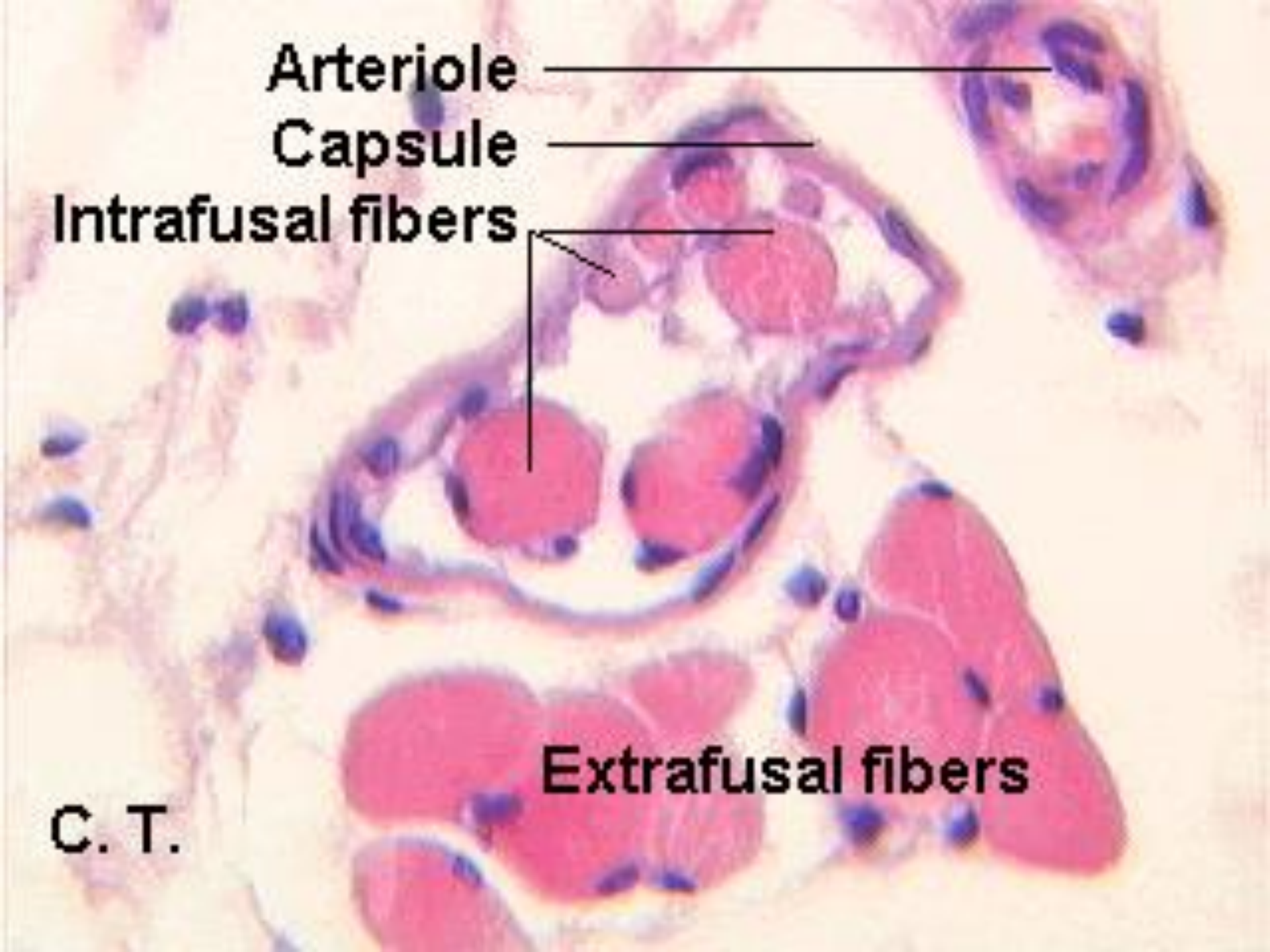
Capsule

Intrafusal fibers



Extrafusal fibers

C. T.



Šlachové (Golgiho) vřeténko

Organum sensorium tendinis

- malé svazky šlachových vláken (*fasciculi intrafusales*) obalené tenkým pouzdrém
- 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 μm , pomalá adaptace
- podává propriocepční informace o napětí svalů a šlach, čímž doplňuje polohocit ze svalů a z kloubních pouzder

Projekční → Vzestupné → Senzitivní → Přímé:
DRÁHA ZADNÍCH PROVAZCŮ

= *lemniskový systém*

= *tractus spino-bulbo-thalamo-corticalis*

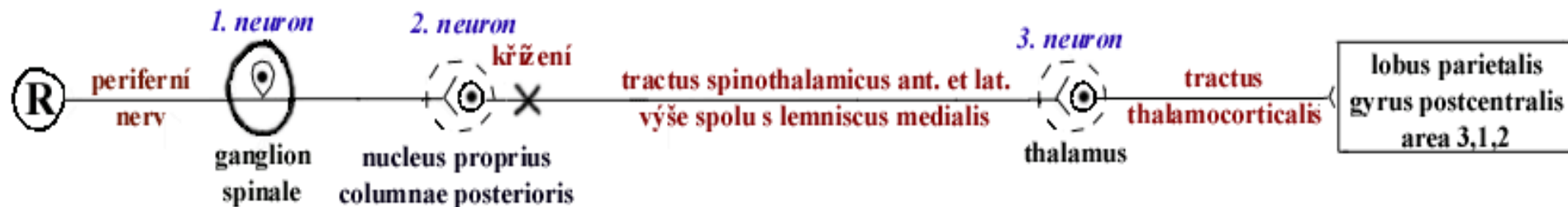
- 3-neuronová dráha, zkřížená v prodloužené míše
- hmat, vibrace, hluboký tlak, tah, polohocit (propriocepce) z kloubů, šlach a svalů
- porucha: senzoričná ataxie (*sclerosis multiplex*, *tabes dorsalis*) – tabická disociace čítí



Projekční → Vzestupné → Senzitivní → Přímé →
Anterolaterální systém:

TRACTUS SPINOTHALAMICUS

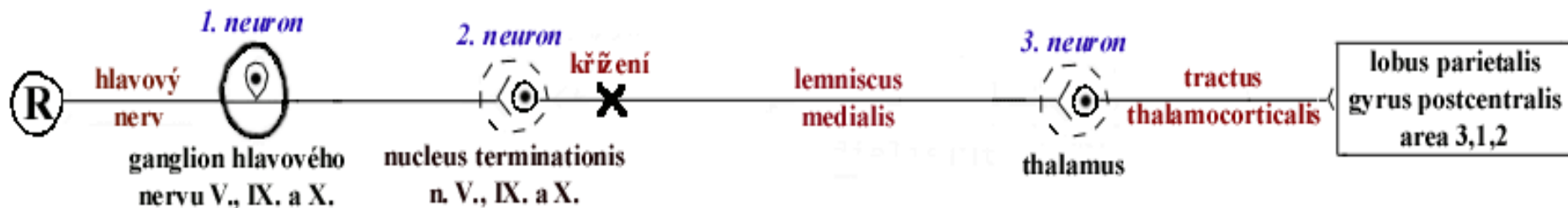
- součást *anterolaterálního systému* (neospinotalamická dráha)
- 3-neuronová dráha, zkřížená v míše
- rychlá (akutní, ostrá bolest), teplo a chlad (lat.) a hrubá citlivost (ant.)
- lemniscus spinalis v kmeni
- z Rexedových zón I,V,VII,VIII
- *porucha: syringomyelie* – syringomyelická disociace cití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



Projekční → Vzestupné → Senzitivní → Přímé →
Anterolaterální systém:

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



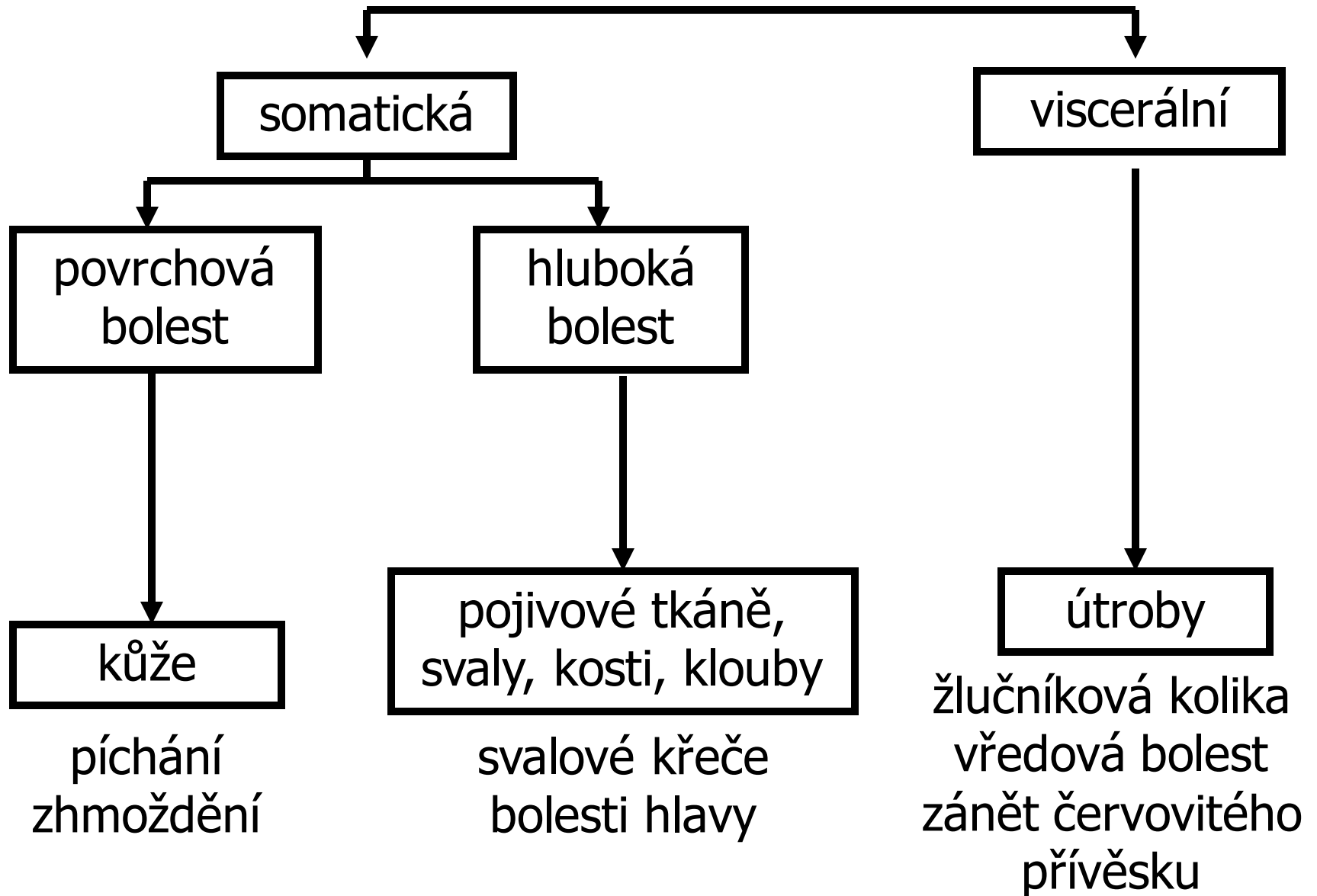
Pain (*Dolor*)

Definice bolesti

„Nepříjemný smyslový a emoční zážitek spojený se skutečným nebo potenciálním poškozením tkáně nebo popisovaný výrazy pro takovéto poškození. Bolest je vždy subjektivní.“

- nezávislá entita = samostatný nocicepční systém
- neplatí vždy vztah
intenzita podnětu = intenzitě vjemu

BOLEST



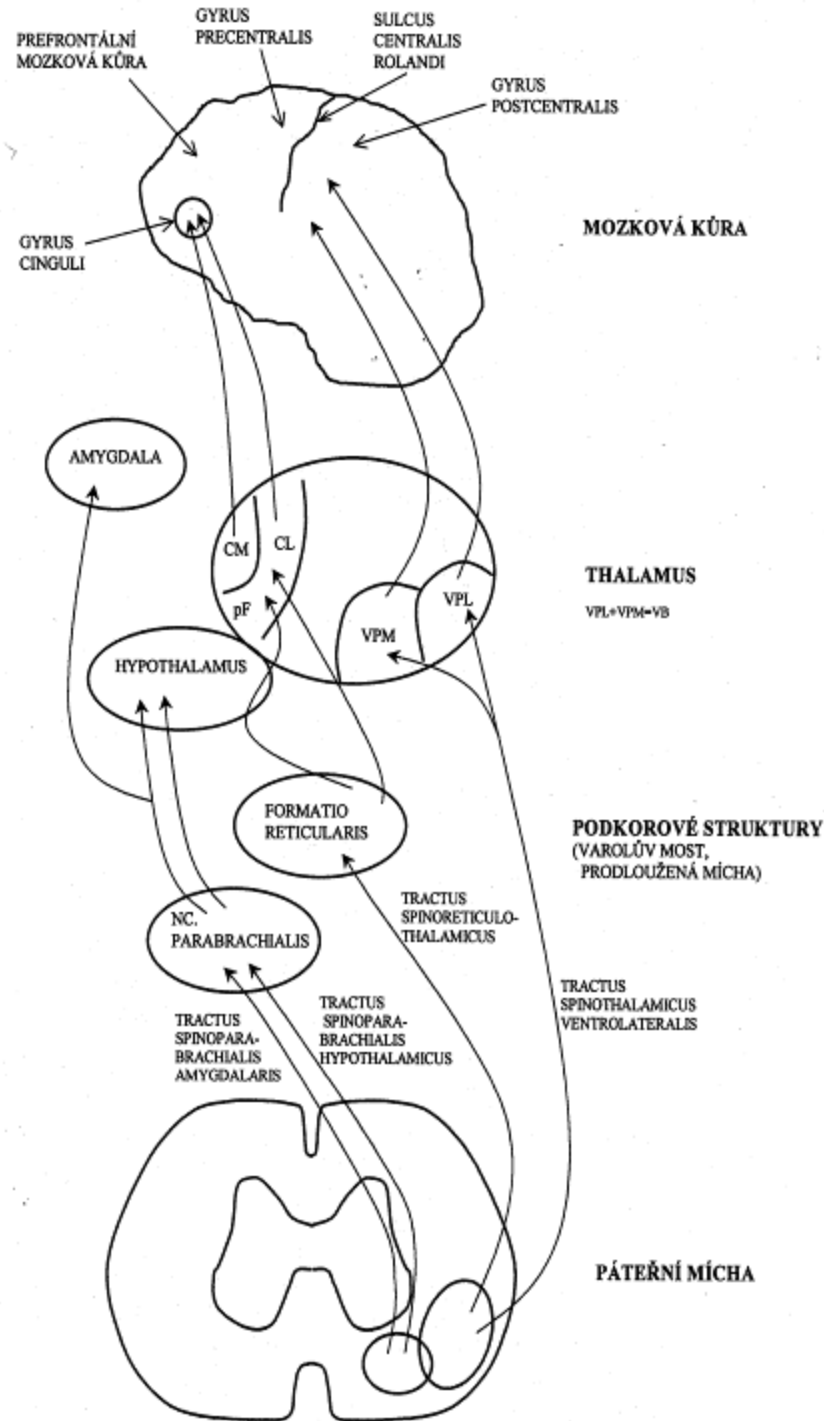
Nociceptory = Nocisenzory

- 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 talamus)
- *nejsou v mozkové kůře*

3 typy nocisenzorů

- 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

Schéma přenosu bolestivých vjemů z periférie do CNS



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)

Somatická, rychlá bolest

- slabě myelinizovaná vlákna A δ (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

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

Dráhy bolesti descendentní

substantia grisea centralis mesencephali =
periaqueductální šed' (PAG)

enkefaliny



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

serotonin



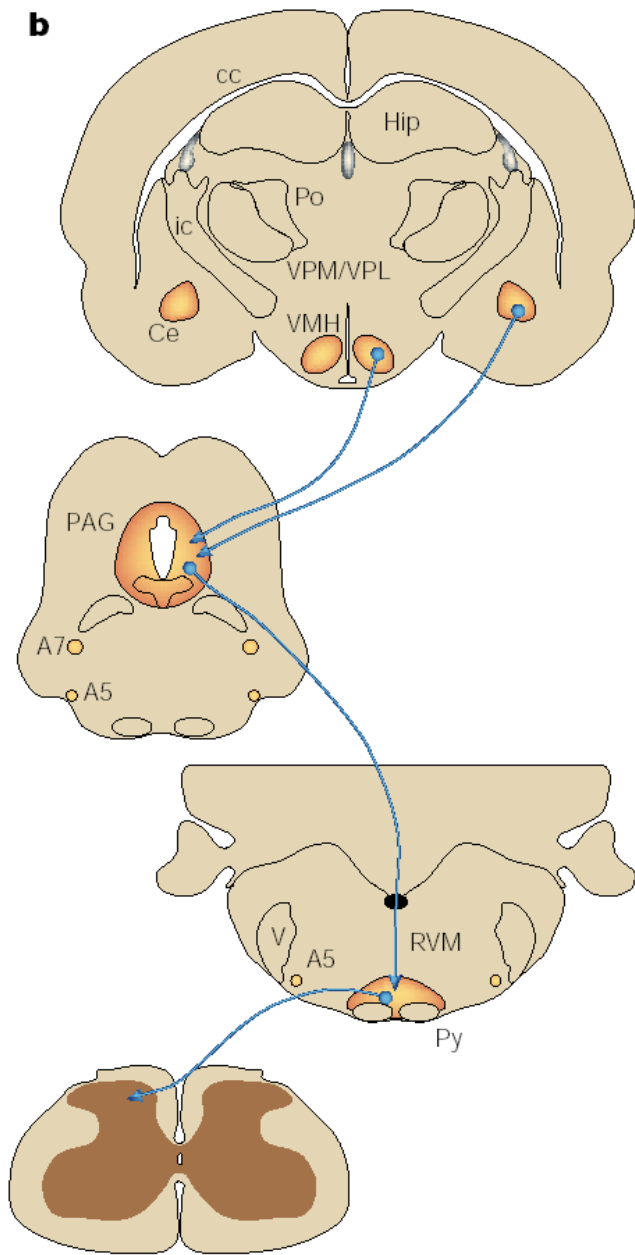
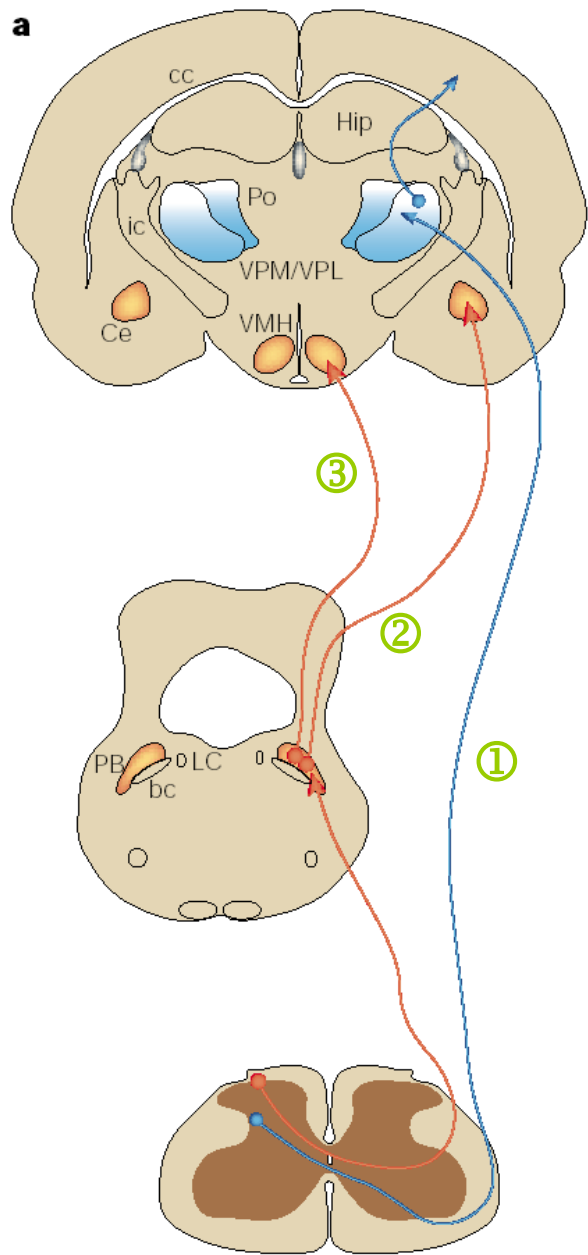
dorzolaterální míšní provazce



Rexedova lamina II – presynaptická inhibice

blok Ca²⁺ kanálů → blok substance P

subnucleus caudalis ncl. spinalis n.V



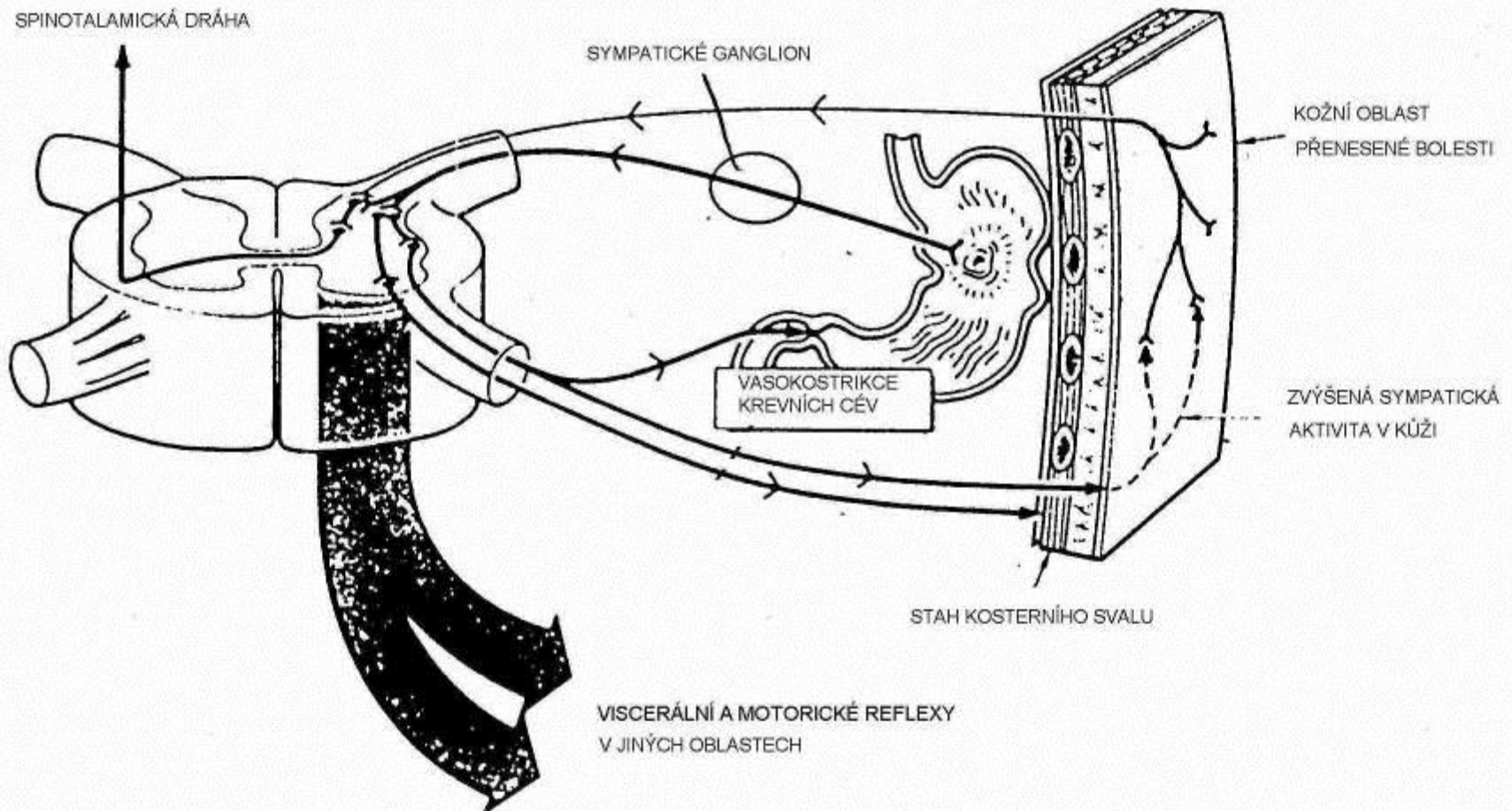
Ascendentní a descendentní dráhy bolesti

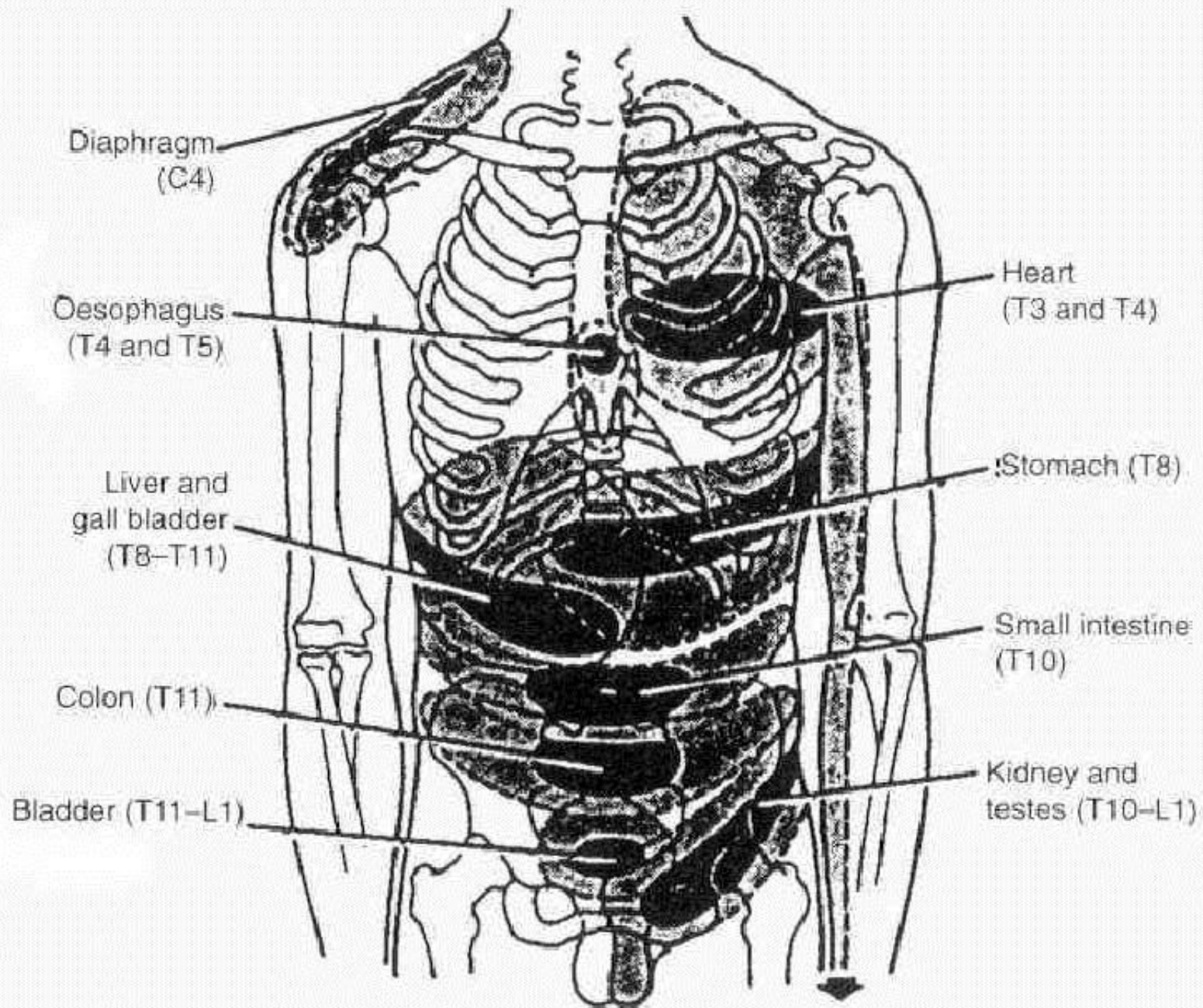
- ① Spino-talamická
- ② Spino-parabrachio-amygdalární
- ③ Spino-parabrachio-hypotalamická

Přenesená bolest (referred pain)

- Headovy zóny
- 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

Vznik přenesené bolesti Headovy zóny

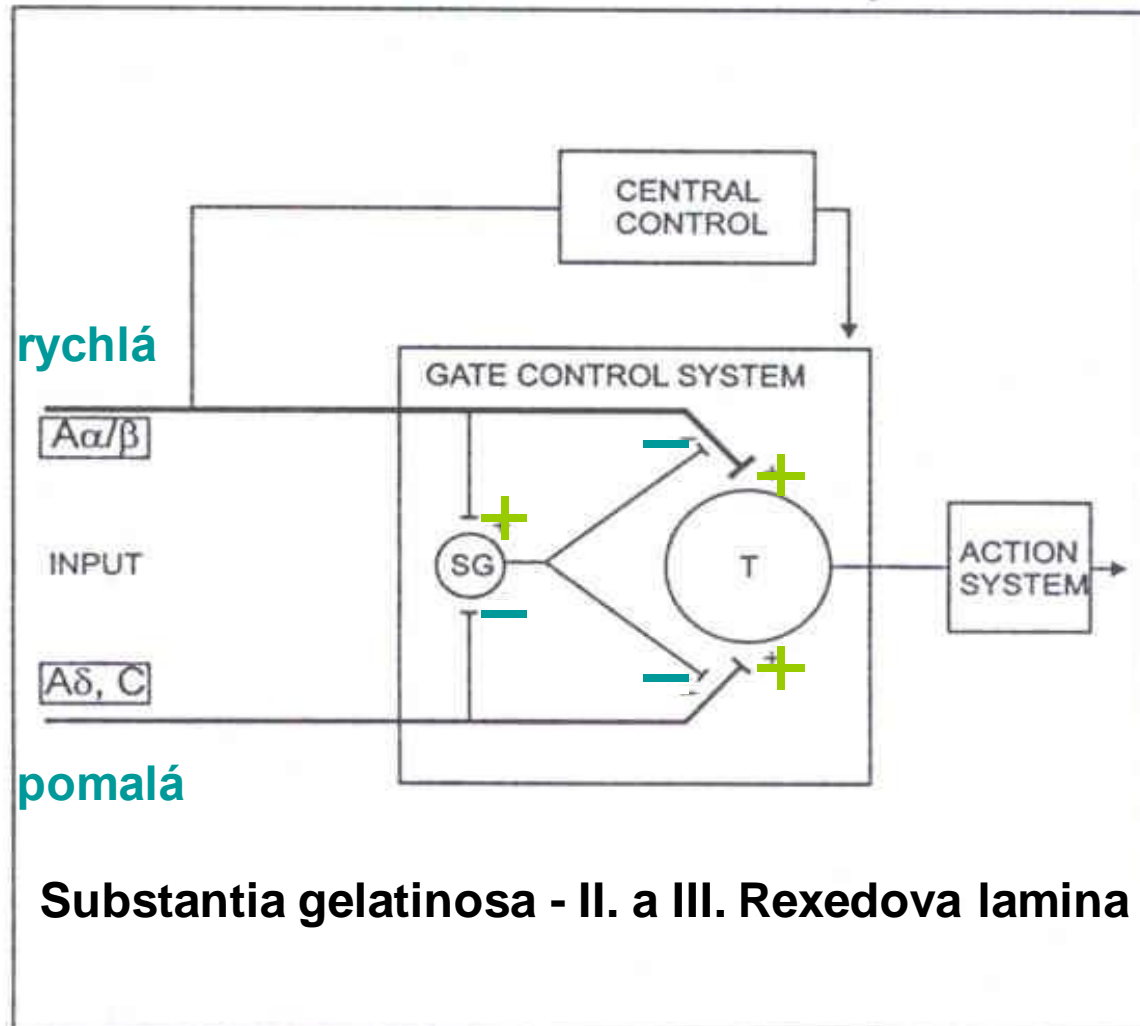




Vrátková teorie bolesti

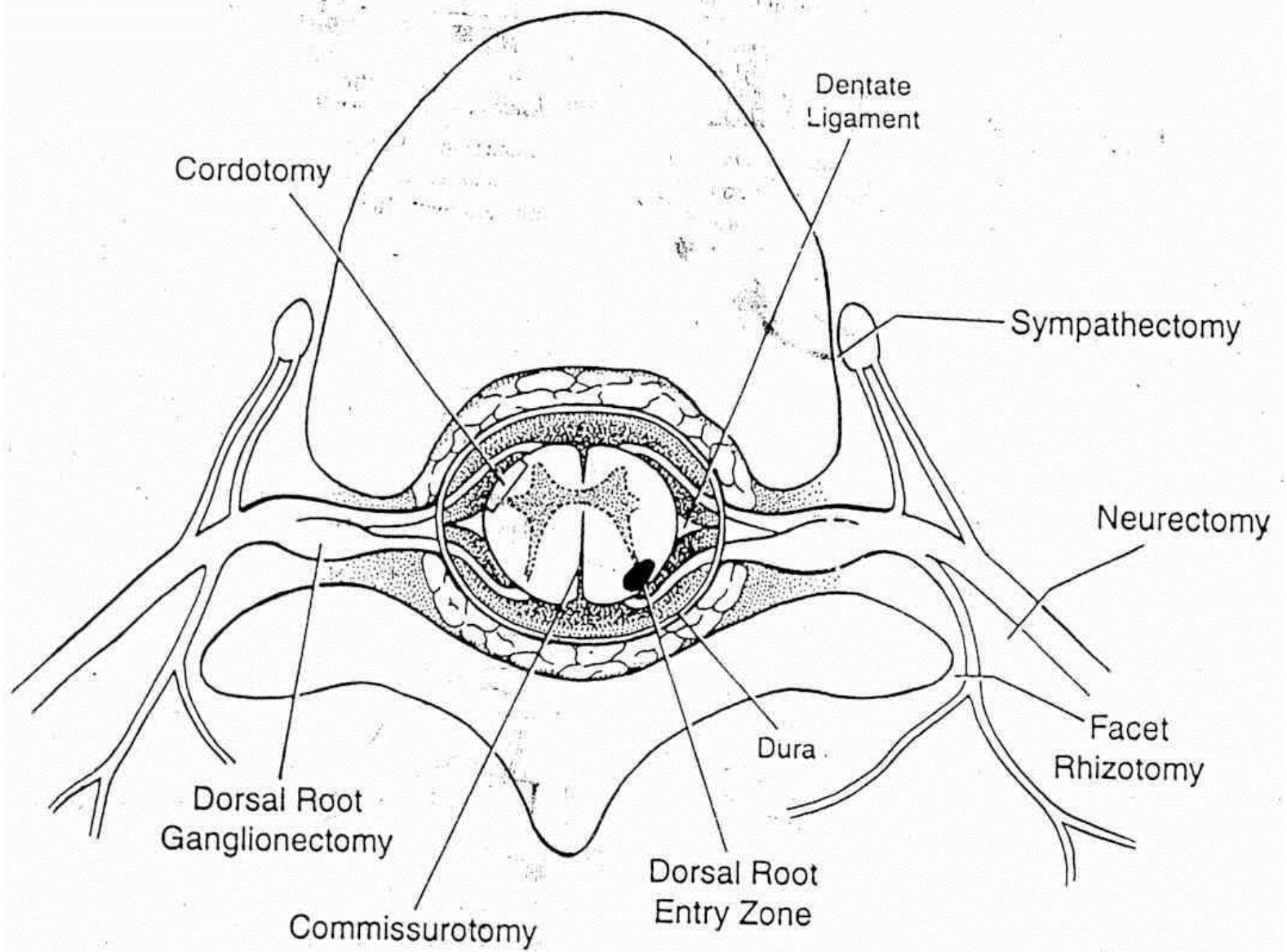
dnes překonaná

Gate control theory



Algorytmus léčení bolesti*

- fyzikální terapie, rehabilitace, akupunktura
- farmakoterapie neopioidní
 - ASA, NSA
- farmakoterapie opioidní
 - kodein, morfin, fentanyl
- psychoterapie
- invazivní metody
 - nerovové blokády, obstřiky
 - míšní neuromodulace
 - DREZ (dorsal root entry zone)
 - korová stimulace



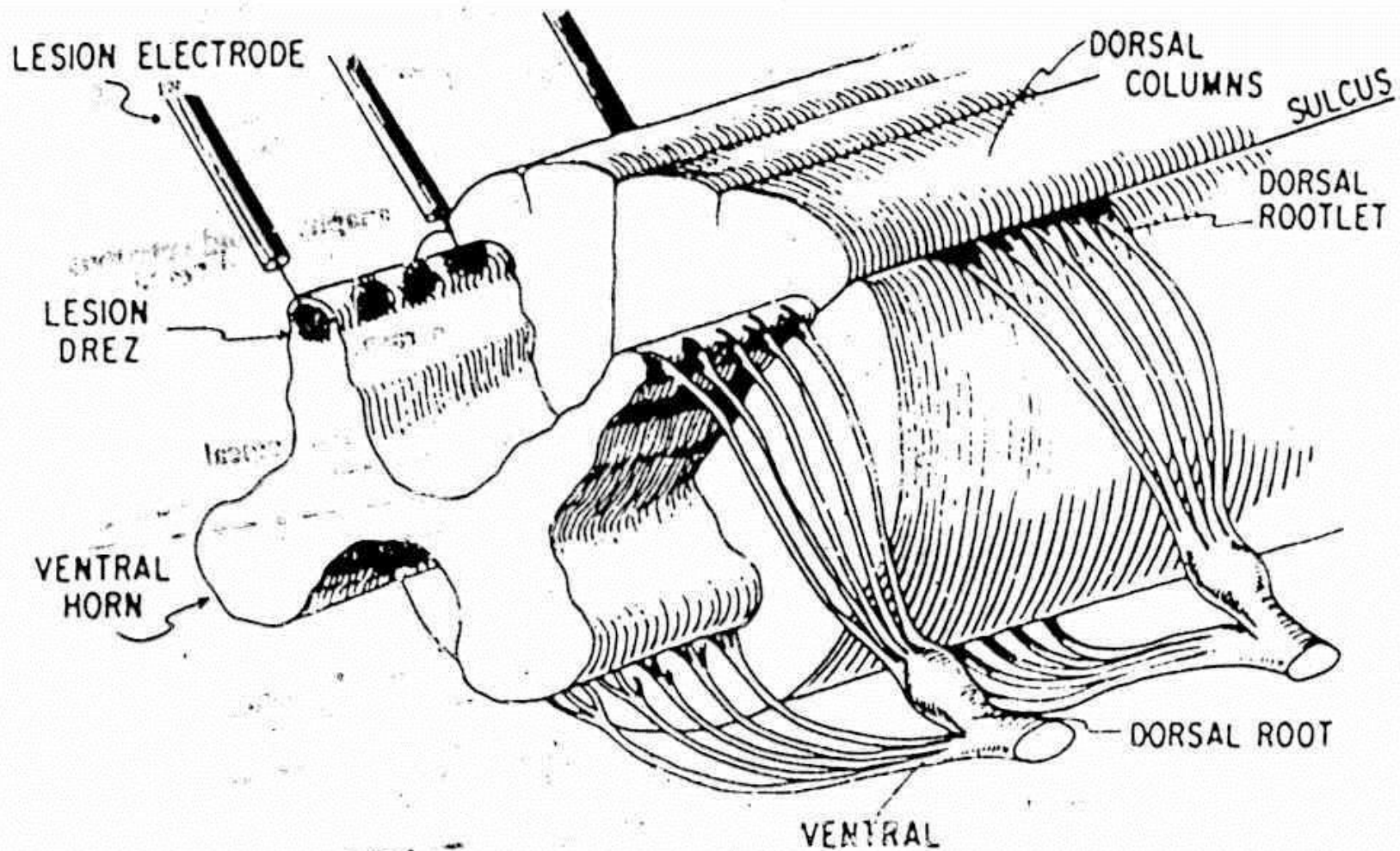


Fig. 58.1 Nashold's diagram of location of his lesions in dorsal root entry zone. (From Nashold & Ostdahl 1979)

Základní typy bolesti

Akutní (rychlá) bolest

- je vyvolána identifikovatelnými podněty
- je krátkodobá
- přestává, když je zhojeno poranění tkání, které ji způsobilo
- většinou se neopakuje

Chronická (pomalá) bolest

- trvá déle než 6 měsíců
- příčiny nemusí být vždy identifikovatelné
- intenzita bolesti je vždy vyšší, než odpovídá intenzitě stimulace
- způsobuje velké tělesné i duševní utrpení
- zhoršuje kvalitu života

Neuropatická bolest

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

Neurotransmitery bolesti

- excitační aminokyseliny - **glutamát** (Glu)
 - receptory kainátové, AMPA, NMDA
- **substance P** (NK1 receptor ↓ K⁺ vodivost)
- **CGRP** (calcitonin gene-related peptide)

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

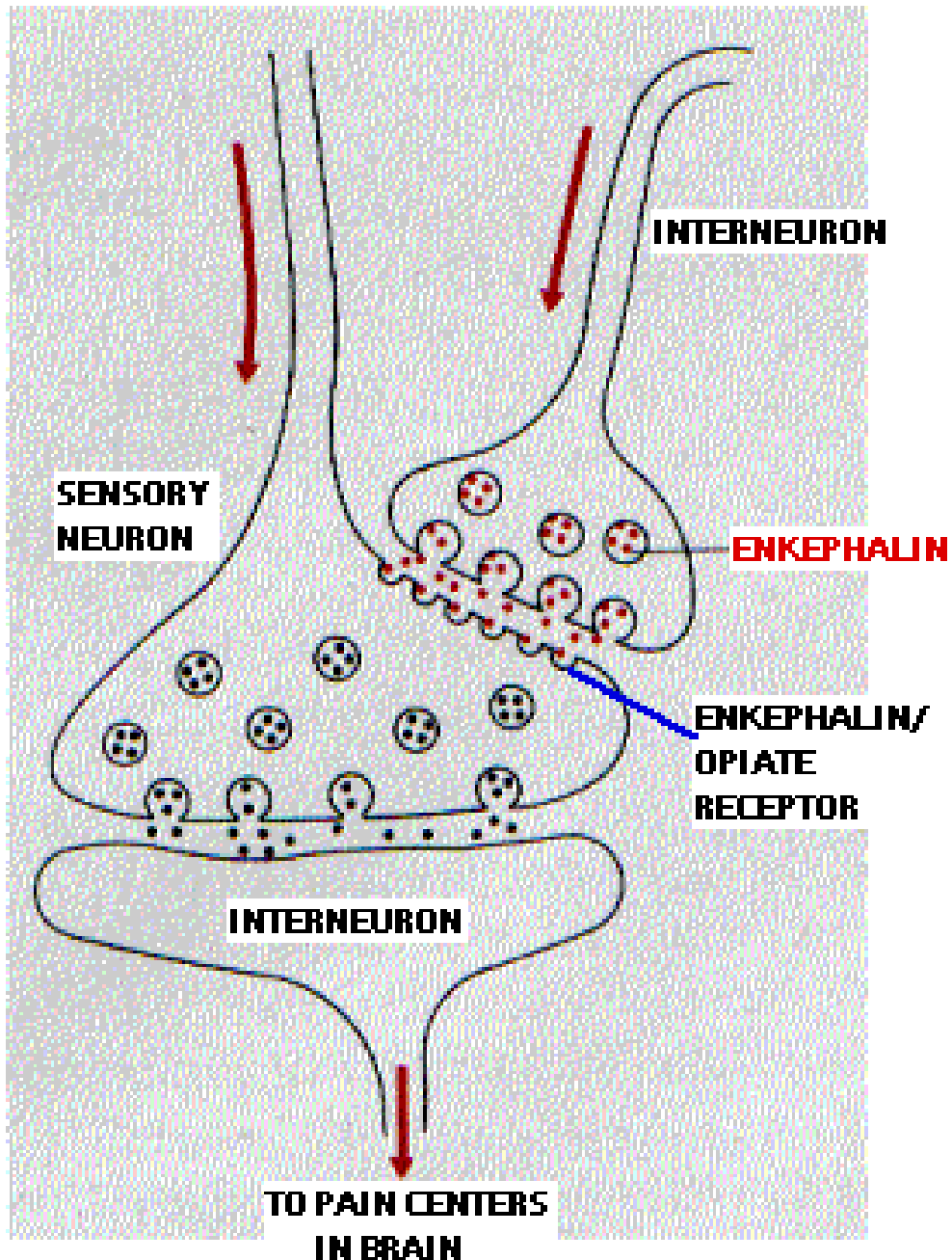
Primární hyperalgezie*

- vzniká v místě poranění
- periferní senzitivace – snížení prahu nocisenzorů
 - 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



Met-enkephalin
(Tyr-Gly-Gly-Phe-Met)

Leu-enkephalin
(Tyr-Gly-Gly-Phe-Leu)

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, talamus
 - descendentní – PAG, ncll. raphes

Endogenní opioidy*

- β -endorfin (31 aminokyselin) - μ , δ , κ
- endomorfin (4 aminokyseliny) - μ
- Leu-enkefalin (5 aminokyselin) - δ
- Met-enkefalin (5 aminokyselin) - δ
- dynorfin (A 1-8, B 1-17) - κ
- nociceptin/orfanin

Endogenní opioidy*

- presynaptické receptory
 - inhibice uvolňování neurotransmiterů
 - ↓ Ca^{2+}
- postsynaptické receptory
 - ↑ K^+ vodivost – hyperpolarizace membrány

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

