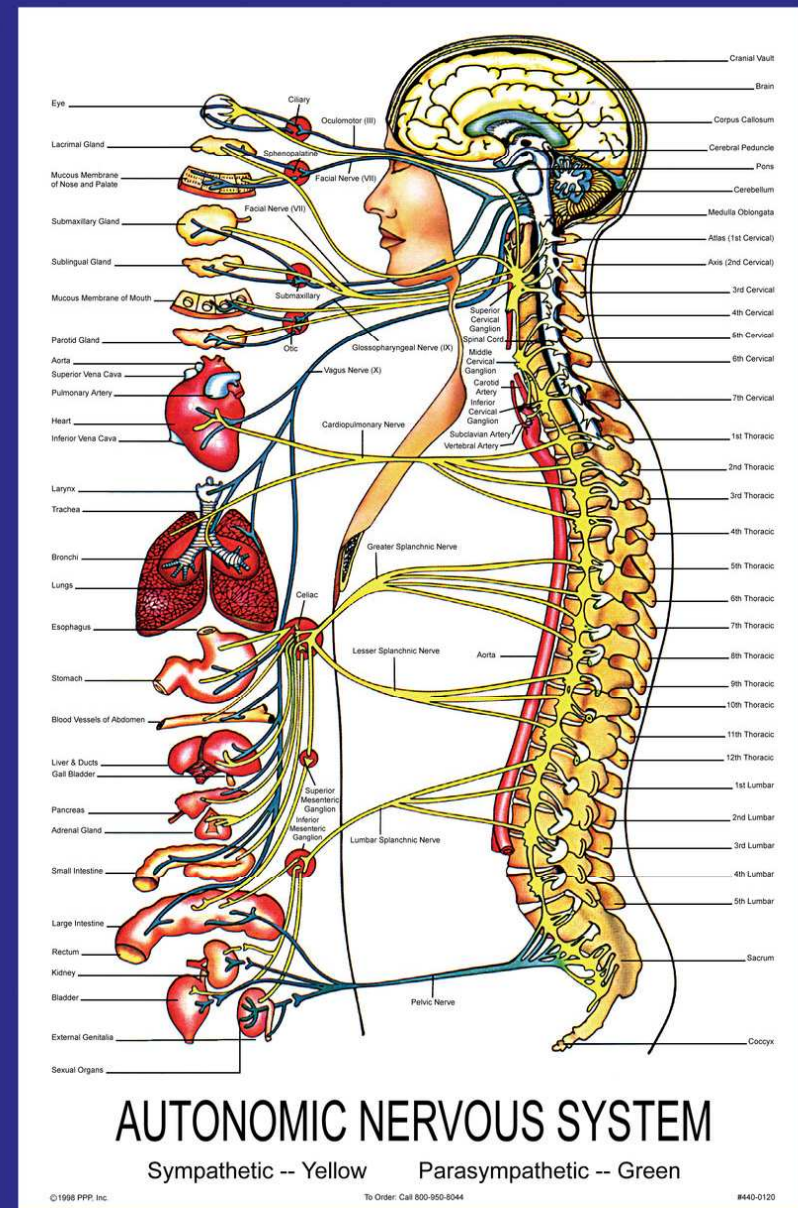


# Autonomní nervový systém

Seminář z fyziologie  
Podzim 2024



# REGULACE

## – Lokální/autoregulace

- fyzikální nebo chemická povaha
- jsou do značné míry autonomní

## – Metabolická

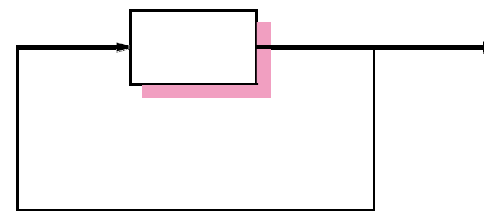
- fyzikální nebo chemická povaha
- jsou do značné míry autonomní

## – Hormonální

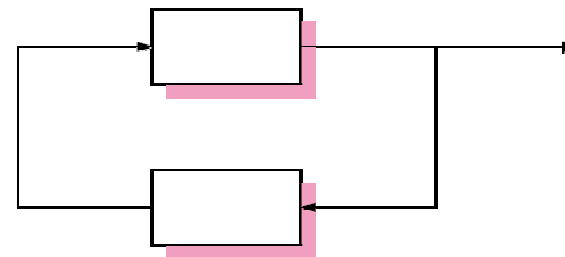
- jsou látky chemické povahy, secernované specializovanými buňkami do krve nebo do mezibuněčné tekutiny, které působí na jiné tkáně prostřednictvím specifických receptorů a regulují řadu dějů v organismu
- slouží k pomalému a dlouhodobému přenášení signálů  
endokrinní sekrece, parakrinní sekrece, autokrinní sekrece

## – Nervová

- centrální nervový systém
- periferní nervový systém



přímá zpětná vazba



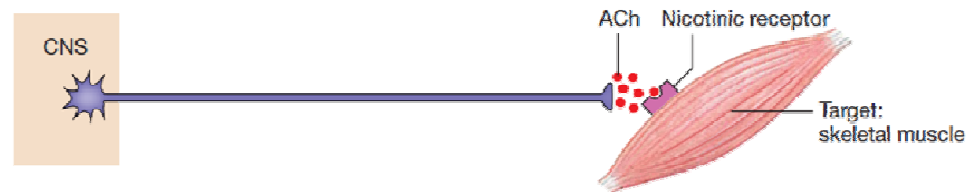
nepřímá zpětná vazba

# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM (ANS)

- Autonomní nervový systém je součástí periferního nervového systému, jehož úlohou je udržovat optimální vnitřní podmínky organismu (homeostázu).
- Systémy:
  - Sympatický (akce, boj, útěk)
  - Parasympatický (klídek, pohoda, zažíváme)
  - Enterický (speciální oblast parasympatického systému)
- Morfologie
  - Fokální lokalizace autonomních jader v CNS
  - Shromáždění těl efektorových neuronů v podobě ganglií
  - nervová dráha od vegetativního jádra do efektoru obsahuje dva neurony

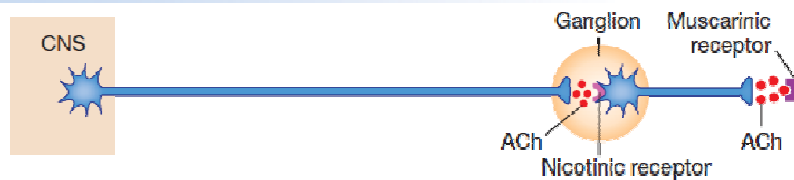
# ANS vs somatický systém

## SOMATIC MOTOR PATHWAY

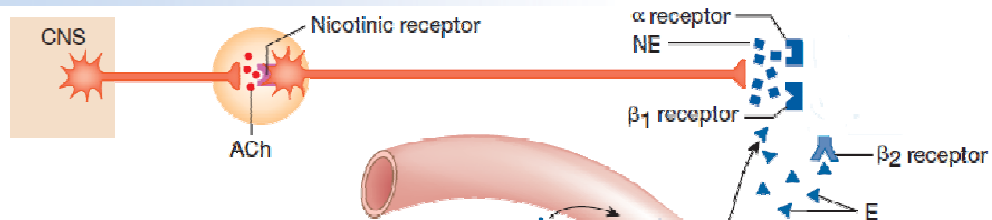


## AUTONOMIC PATHWAYS

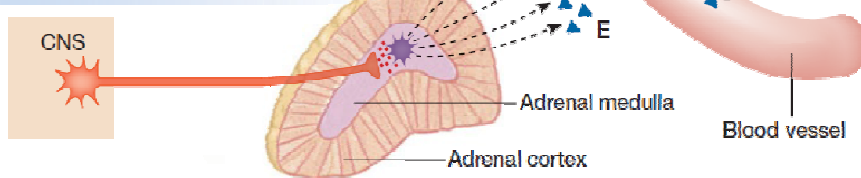
### (a) Parasympathetic Pathway



### (b) Sympathetic Pathway



### (c) Adrenal Sympathetic Pathway



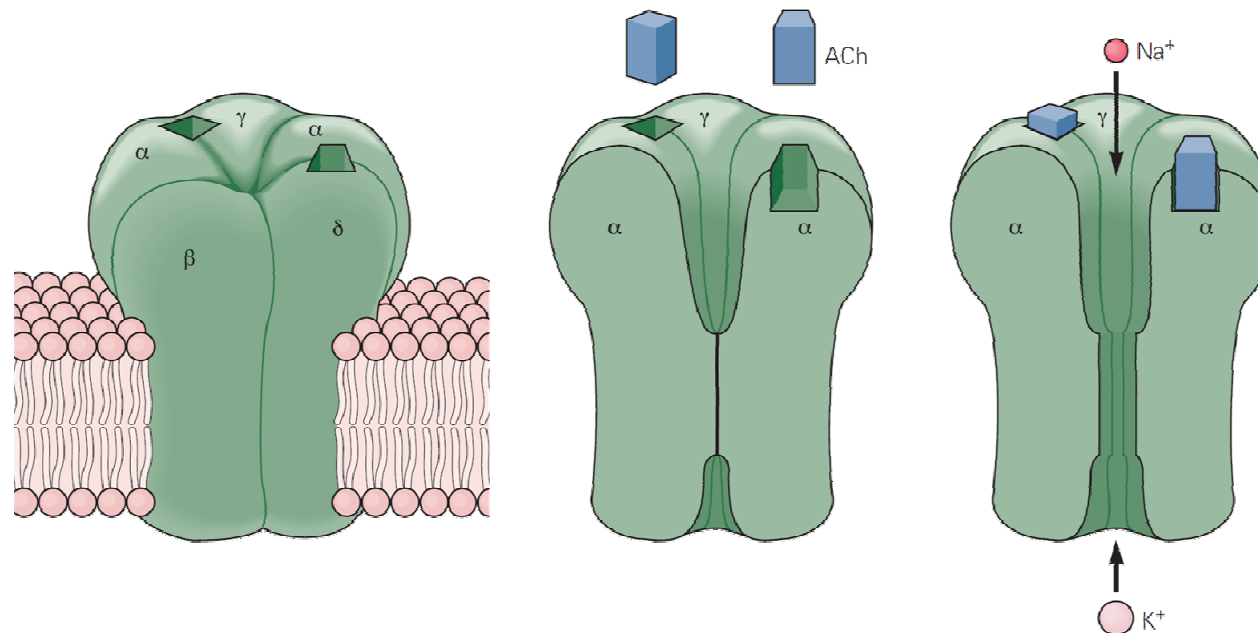
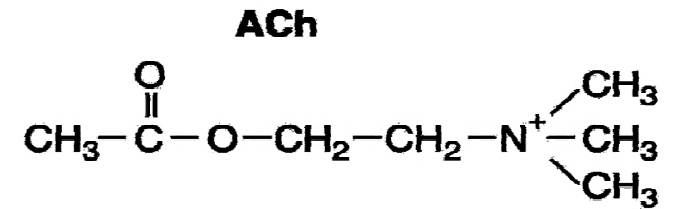
# ANS vs somatický systém

## Comparison of Somatic Motor and Autonomic Divisions

	SOMATIC MOTOR	AUTONOMIC
Number of neurons in efferent path	1	2
Neurotransmitter/receptor at neuron-target synapse	ACh/nicotinic	ACh/muscarinic or NE/ $\alpha$ - or $\beta$ -adrenergic
Target tissue	Skeletal muscle	Smooth and cardiac muscle; some endocrine and exocrine glands; some adipose tissue
Neurotransmitter released from	Axon terminals	Varicosities and axon terminals
Effects on target tissue	Excitatory only: muscle contracts	Excitatory or inhibitory
Peripheral components found outside the CNS	Axons only	Preganglionic axons, ganglia, postganglionic neurons
Summary of function	Posture and movement	Visceral function, including movement in internal organs and secretion; control of metabolism

# Pregangliová vlákna

- Sympatikus, Parasympatikus
- Nikotinový receptor (aktivovatelný nikotinem)
  - Nervový (NN) (je ještě svalový (NM) typ)
  - Rychlý krátký excitační účinek (milisekundy) – rychlá inaktivace acetylcholinesterázou



# Postgangliová vlákna - parasimpatikus

## – Muskarinový receptor

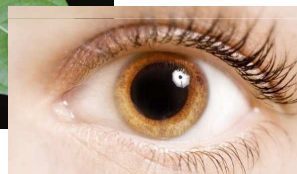
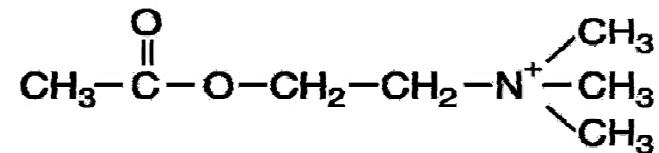
- pomalejší účinek než u nikotinových receptorů - metabotropní

**Muskarin** – jed muchomůrky – váže se na muskarinové receptory – aktivace parasymptické odezvy

## – Spřažený s G-proteinem

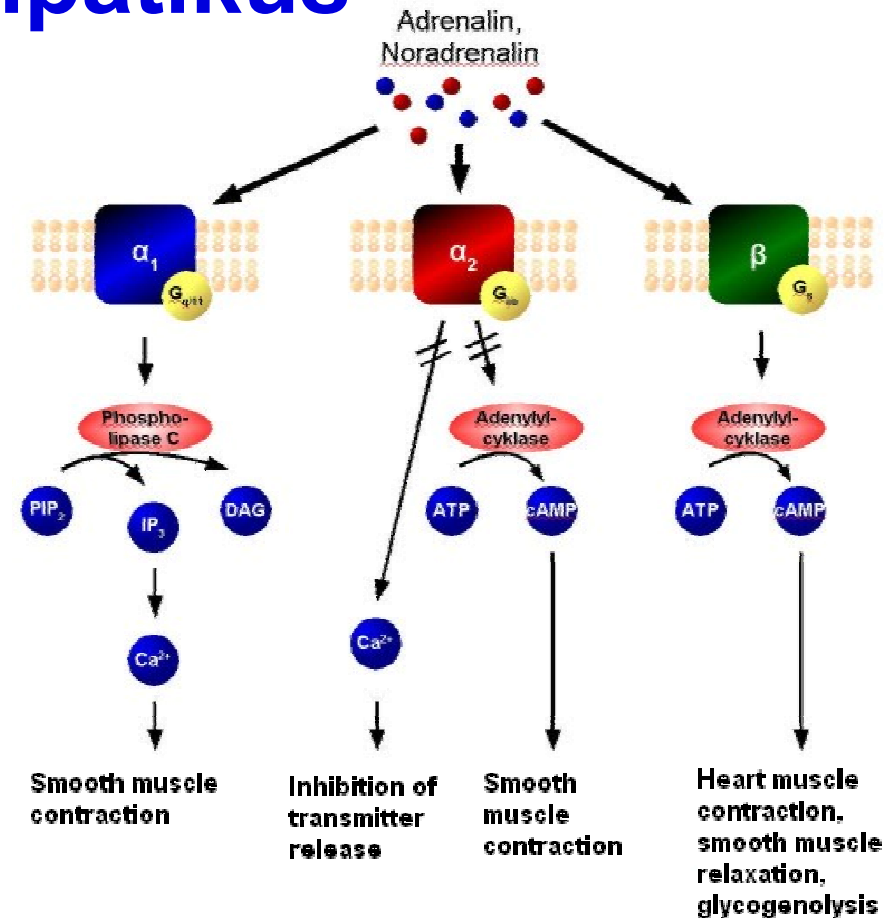
- Excitační (M1, M3, M5)
- Inhibiční (M2, M4)

**ACh**



# Postgangliová vlákna - sympatikus

- Adrenergní receptor alfa a beta
- Spřažený s G-proteinem
  - Typ  $\alpha$  – obecně excitační
  - Typ  $\beta_1$  – pro srdce excitační
  - Typ  $\beta_2$  – cévy - relaxace
- Z nervových zakončení převážně noradrenalin, méně adrenalin
- Nervová zakončení na potních žlázách - acetylcholin
- Adrenalin má až 10x silnější účinek než nor-adrenalin
- Cirkulující katecholaminy mají stejný účinek jako ty ze sympatických vláken (poločas rozpadu 2 minuty)
- Sympatický efekt může trvat až 30 s, než jsou hormony inaktivovány (produkty rozpadu lze nalézt v moči, kys. vanilmandlová)

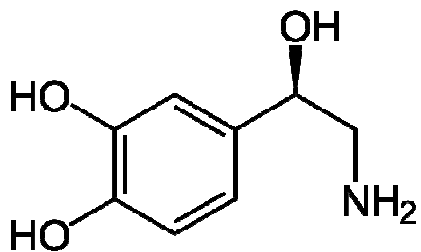




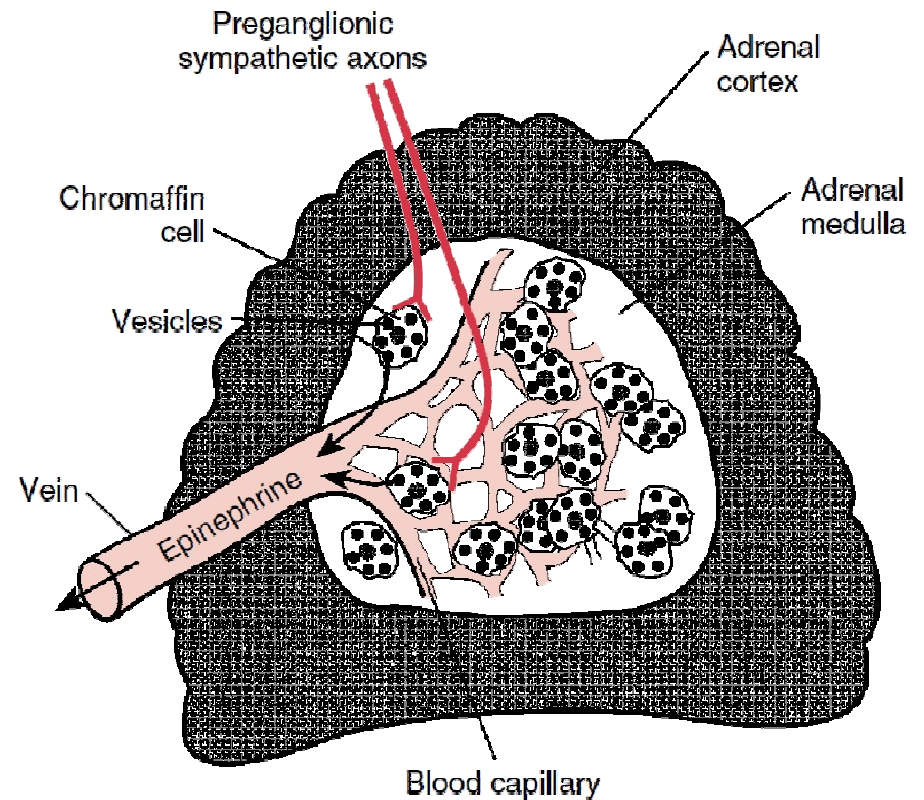
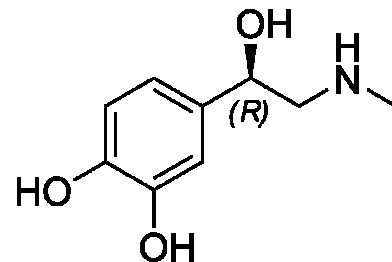
# Postgangliová vlákna - sympatikus

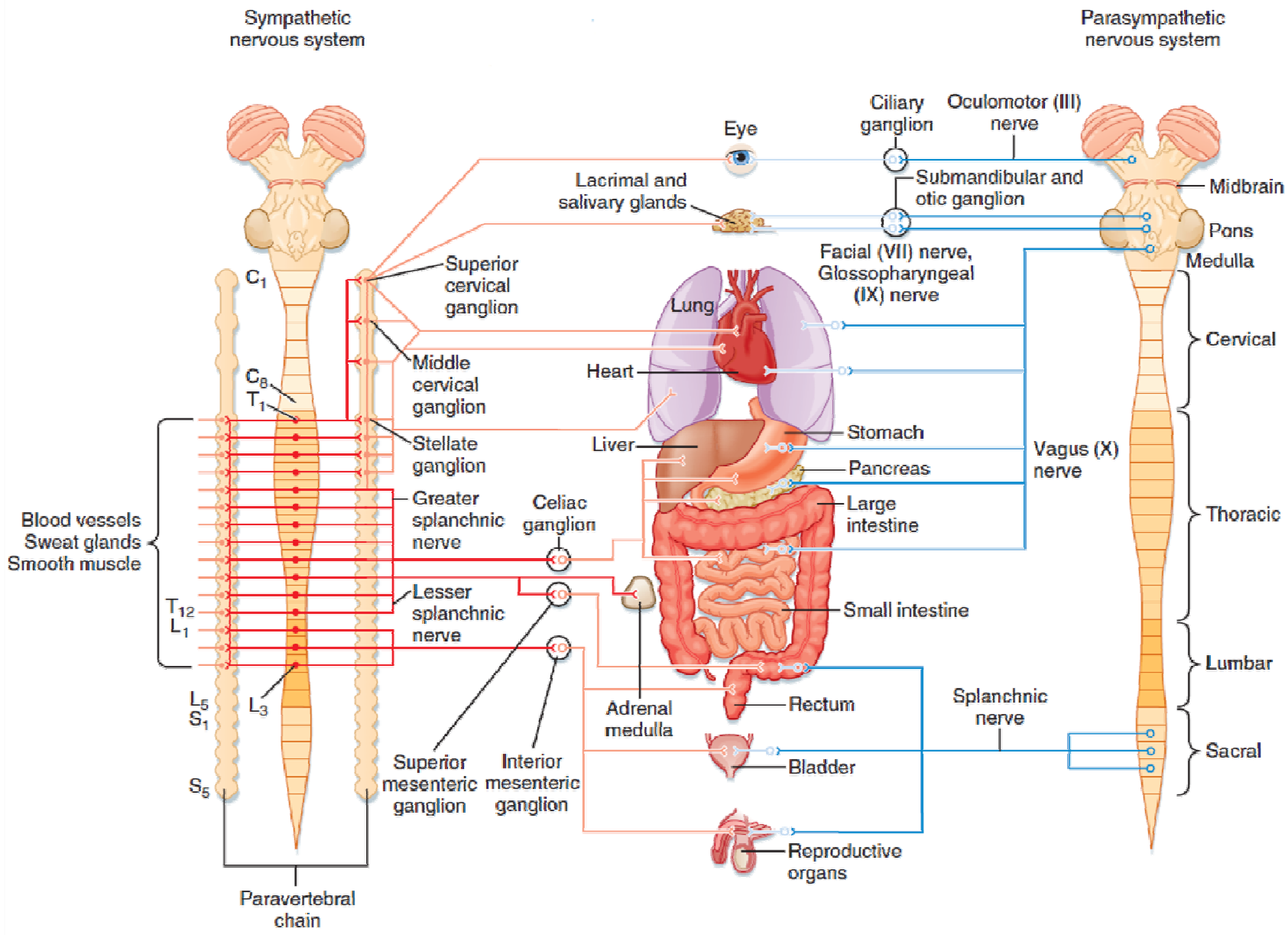
- Dřeň nadledvin
  - Modifikované sympatické ganglion (postsympatická vlákna určená pro sekreci)
- Stresové hormony vylučuje do krve
  - Převážně adrenalin, méně noradrenalin

Nor-adrenalin



adrenalin





# Mozková centra kontrolující ANS

## Autonomic centers—brain stem and hypothalamus

### 1. Medulla

- Vasomotor center
- Respiratory center
- Swallowing, coughing, and vomiting centers

### 2. Pons

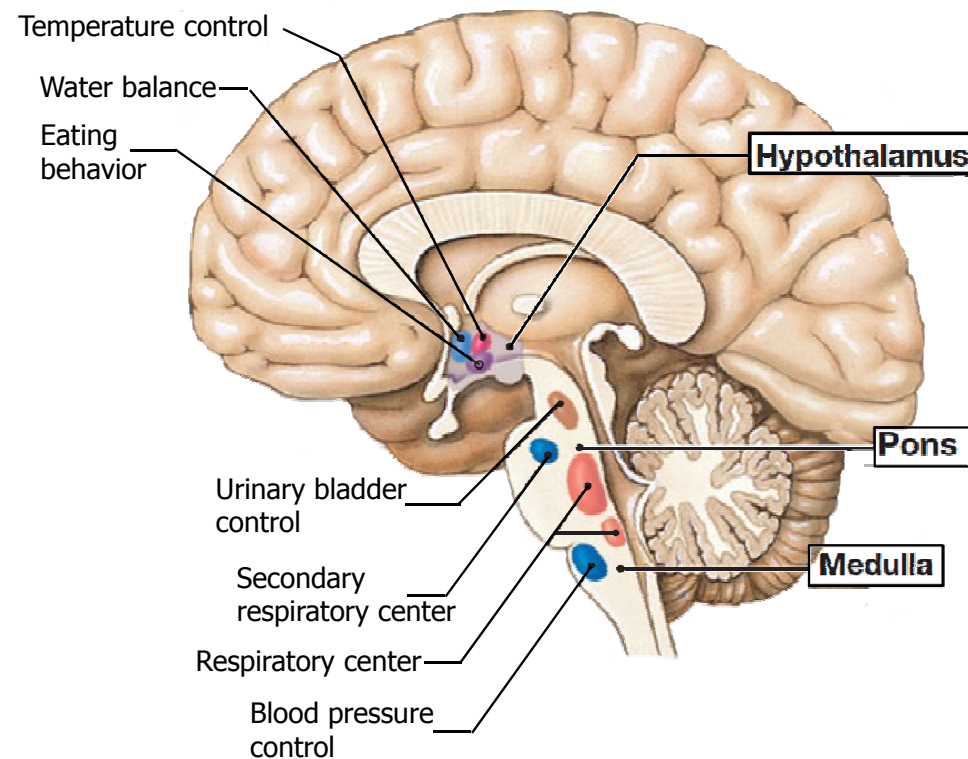
- Pneumotaxic center

### 3. Midbrain

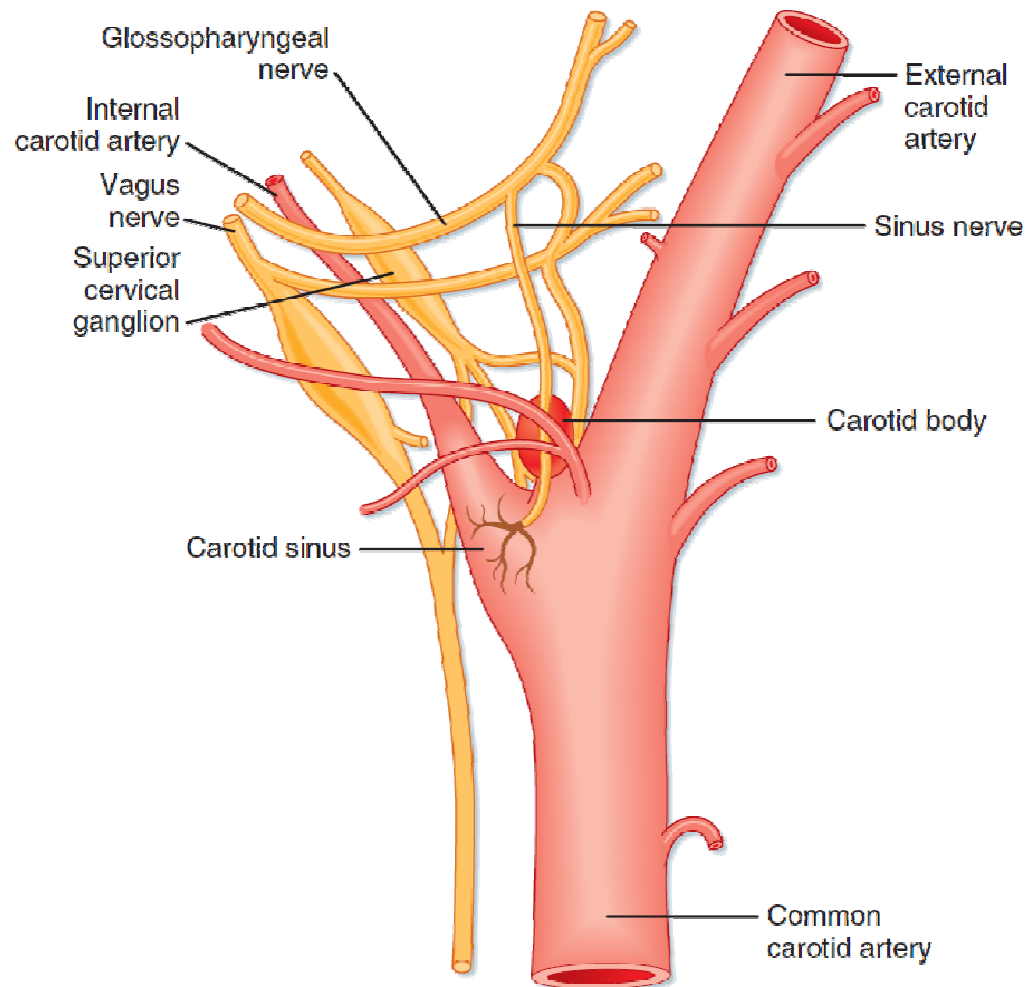
- Micturition center

### 4. Hypothalamus

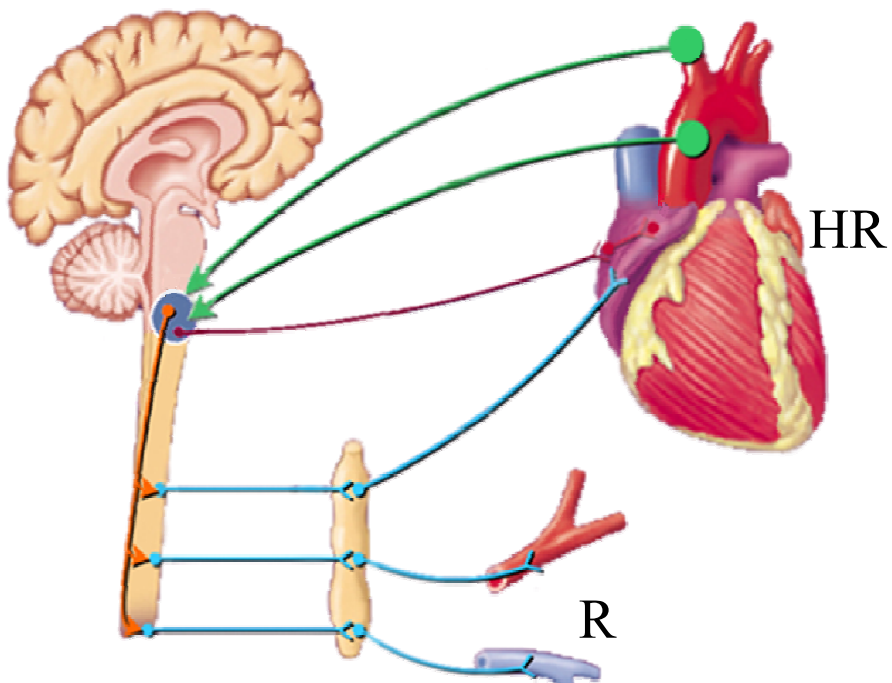
- Temperature regulation center
- Thirst and food intake regulatory centers



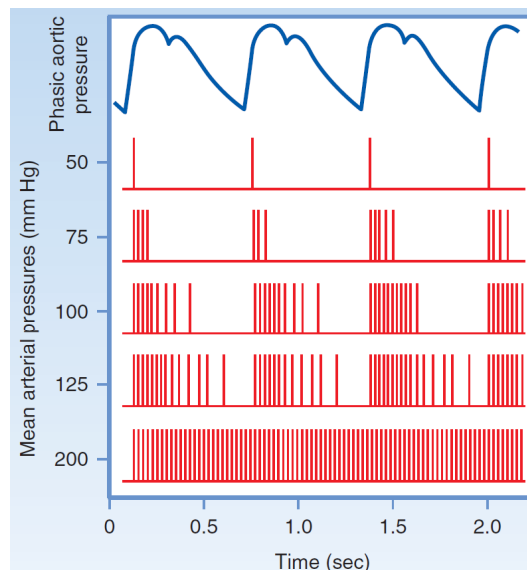
# Baroreceptor, chemoreceptor



# Baroreflex



- █ aferentní vlákna
- █ parasympatická vlákna
- █ sympatická vlákna

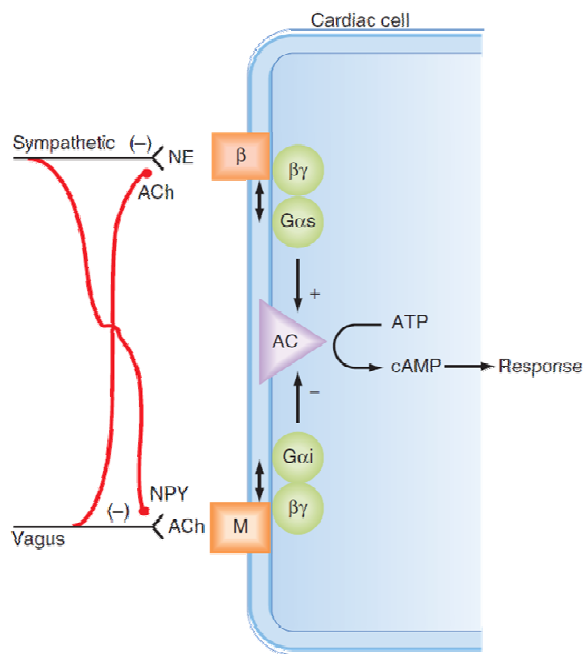


$$BP = HR \times SV \times R$$

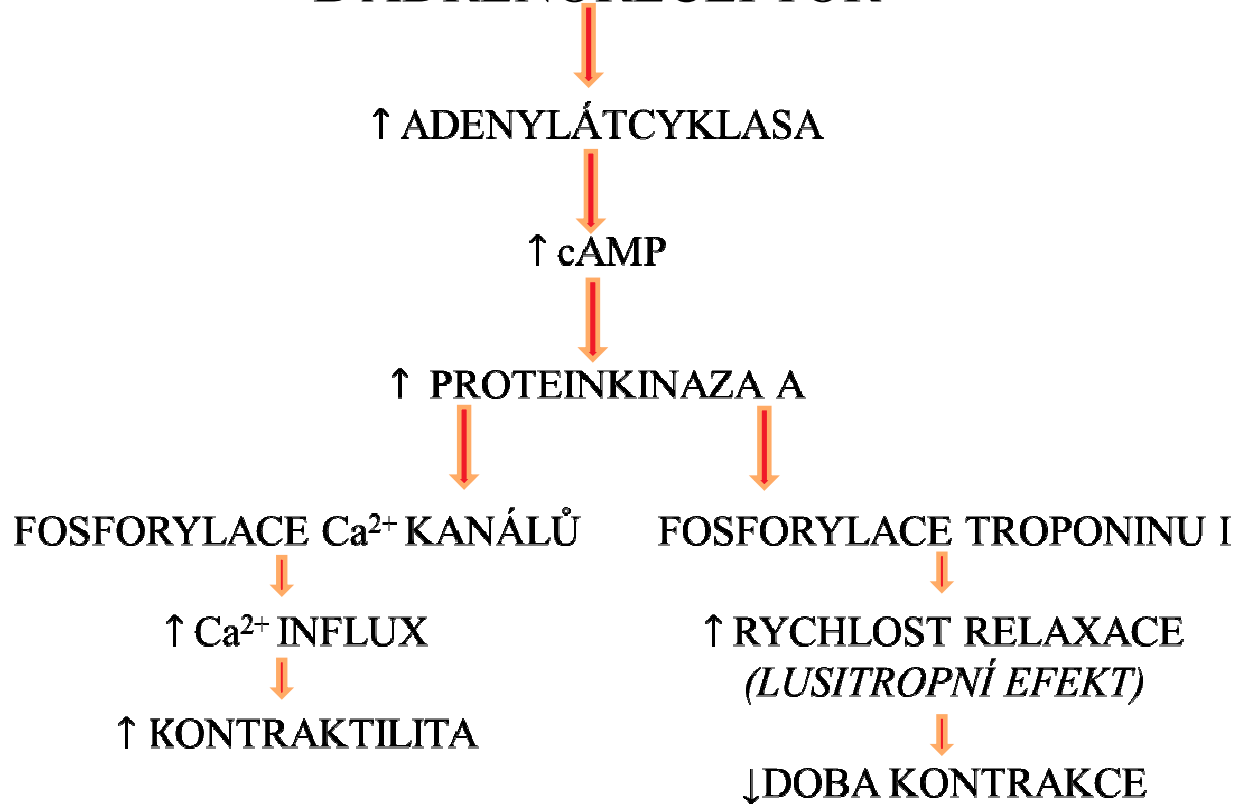
- Inotropní
- Chronotropní
- Dromotropní
- Batmotropní

} efekt

# Baroreflex



## B ADRENORECEPTOR



# Baroreflex umět

## Funkce baroreflexu

regulace rychlých změn TK pomocí změn HR a R

- **baroreceptory** – sinus caroticus + aorticus, (stretch-receptory, reagují na protažení cévní stěny)
- **afferentace:** n.vagus (X), n.XI. —

### Srdeční větev baroreflexu:

Snížení krevního tlaku vede ke zvýšení srdeční frekvence a naopak

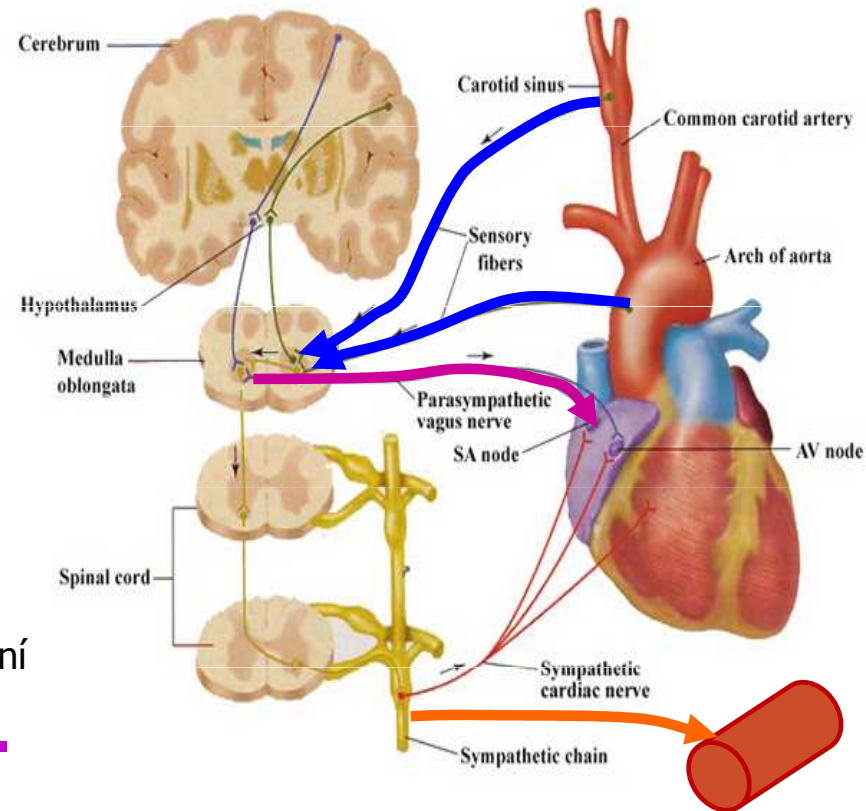
*afferentace:* n. vagus inervující SA uzel —

### Cévní větev baroreflexu:

Snížení krevního tlaku vede k zvýšení periferní rezistence

- vazokonstrikce malých arterií a arteriol
- venokonstrikce – redistribuce objemu krve

*afferentace:* sympatická inervace hladké svaloviny především arterií ( $\alpha_1$ )



Přítlačením karotid můžete způsobit bradykardii – využívá se jako manévr pro zastavení některých arytmií



# Arteriální oběh

Baroreflex

- Pokles arteriálního tlaku vede k aktivaci sympatiku → zvýšení srdeční frekvence (a celého srdečního výdeje) a cévní rezistence
- Nárůst arteriálního tlaku vede k aktivaci parasympatiku → snížení srdeční frekvence (a celého srdečního výdeje) a nepřímo cévní rezistence

**Srdce**  
Srdeční výdej



**Karotidy**  
perfuzní  
tlak v  
mozku

**Arterie,**  
arteriální tlak



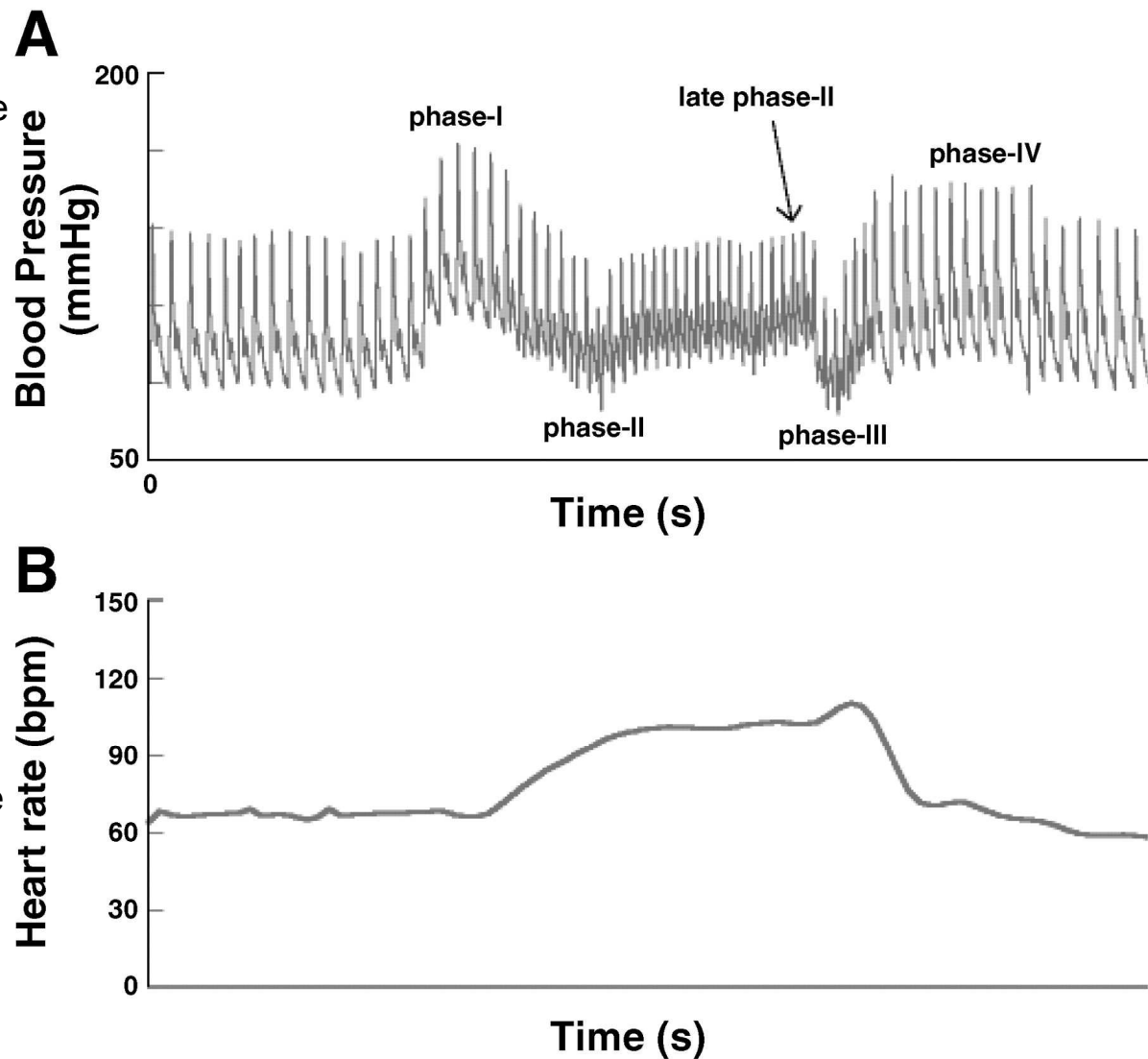
**Odporové  
cévy,**  
Celkový  
periferní  
odpor

**Primární účel nervové regulace TK je udržení konstantního perfúzního tlaku v mozku, dále pak v srdci a plicích (nezávislé na nervové regulaci), další tkáně jsou až na třetím místě místě. Baroreflex pomáhá mozku, ne tělu.**

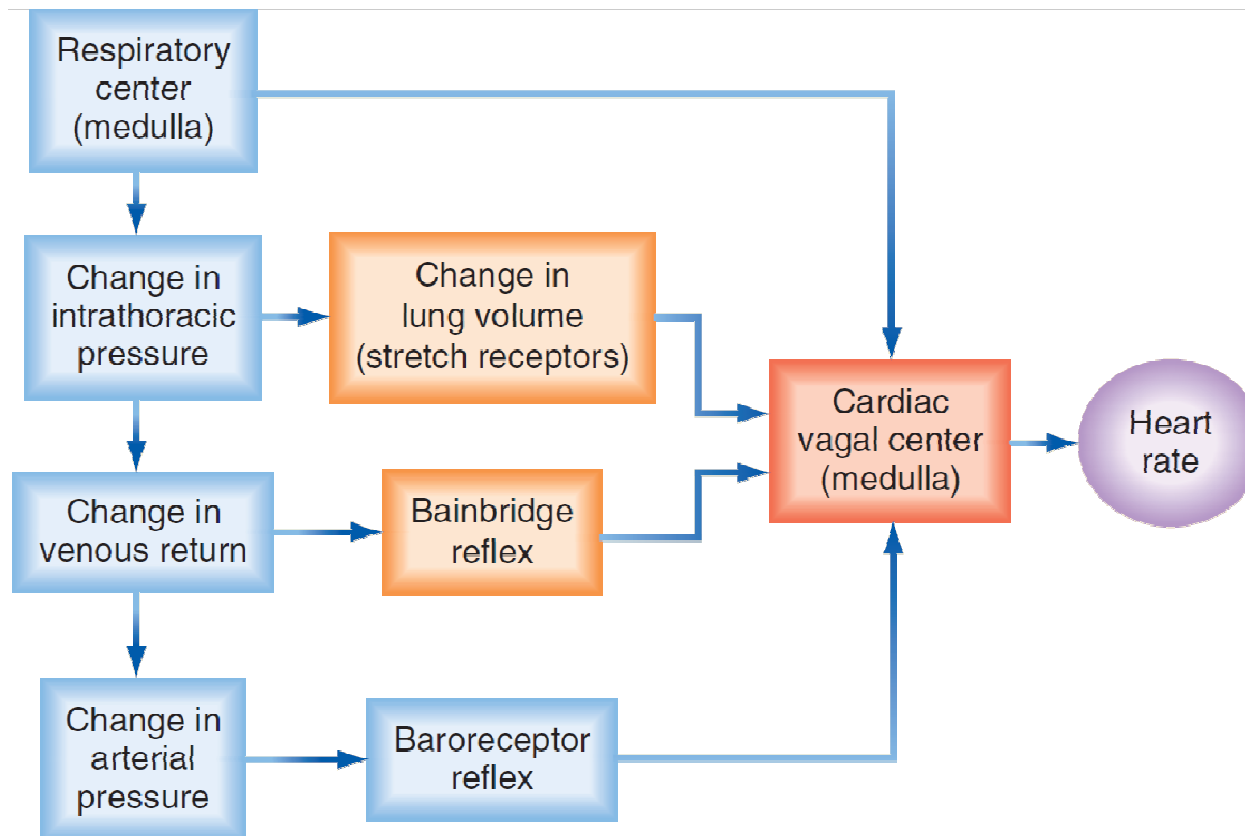


# Valsalvův manévr

- Fáze I: výdech proti uzavřené glottis. Přechodně stoupne nitrohruční tlak a tak i tlak na arterie v hrudníku. Dojde k krátkému nárůstu tlaku.
- Fáze II. Pokračuje výdech proti uzavřené glottis. Vysoký nitrohruční tlak utlačuje duté žíly. Snižuje se žilní návrat a tedy i plnění srdce, srdeční výdej a klesá krevní tlak. Na to reaguje baroreflex zrychlením srdeční frekvence.
- Fáze III. Uvolnění nitrohručního tlaku a volné dýchání. Přechodně poklesne krevní tlak, protože klesá tlak v hrudníku na hrudní arterie.
- Fáze IV. Pokles nitrohručního tlaku obnoví žilní návrat. Zvýšené plnění srdce a systolické objemy zvýší krevní tlak a pulzovou amplitudu. Na nárůst krevního tlaku reaguje baroreflex a snižuje srdeční frekvenci. Tato fáze se používá pro hodnocení citlivosti baroreflexu.
- Pozn. Valsalvův manévr se svoji bradykardickou částí se používá jako první metoda pro zastavení supraventrikulárních tachykardií.



# Sinusová respirační arytmie



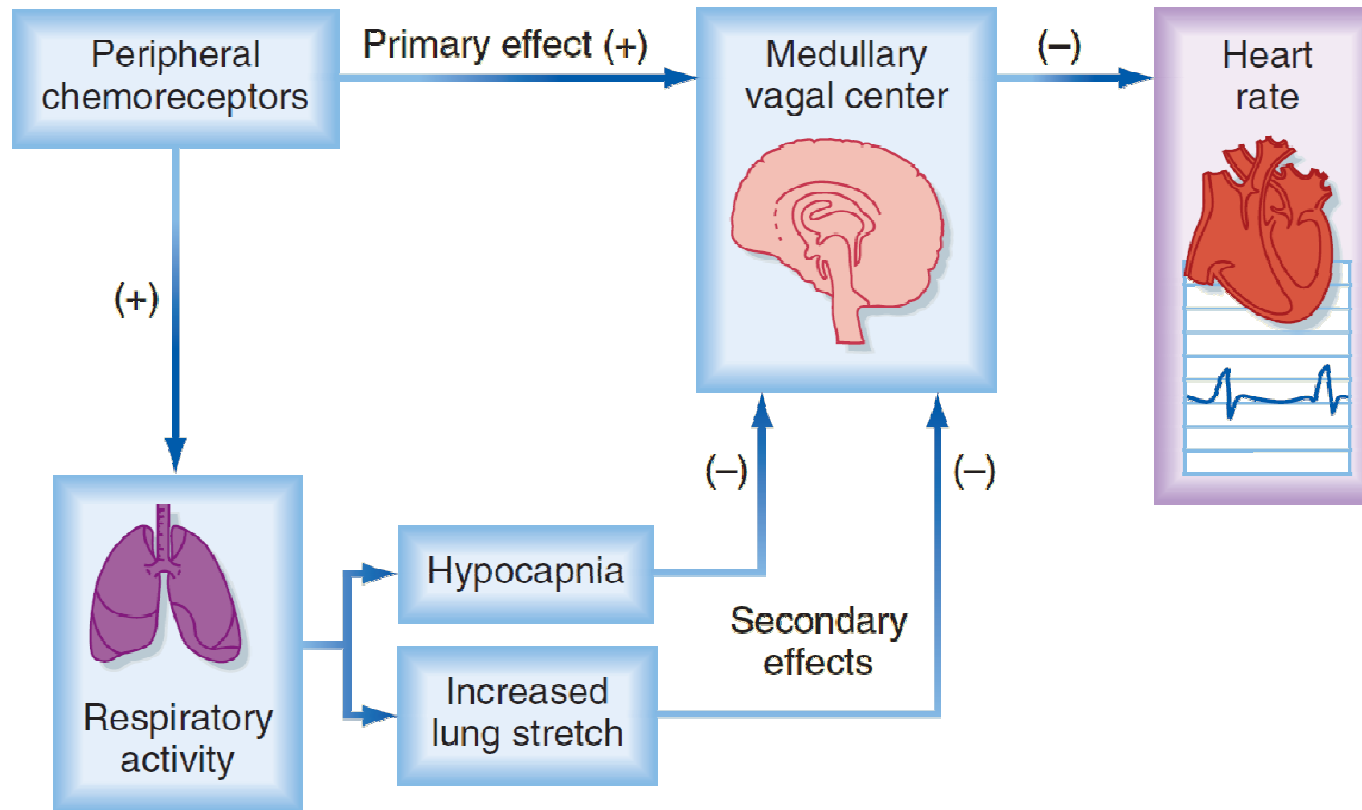
# Některé reflexy ANS

- Okulokardiální reflex
  - Tlak na oční bulby snižuje srdeční frekvenci (aktivace vagu)
  - Používá se k potlačení nebo zastavení síňové tachykardie (snižuje vedení vzruchu v síních a převod na komory AV uzlem)
- Nízkotlaký baroreflex
  - větší rozepletí levé komory stimuluje baroreceptory – aferentace vagovými nervy do srdečních center v prodloužené míše - aktivace vagu a potlačení sympatické aktivity – vazodilatace, bradykardie- snížení TK  
(třeba opravdu velké rozepletí komory, takže není úplně jasné, k čemu reflex je)
- Diving reflex (potápěcí reflex)
  - Studená voda na obličeji vyvolá zástavu dechu, periferní vazokonstrikci a bradykardii
- Somatosympatický reflex
  - Bolest nebo svalová práce vyvolá vzestup arteriálního tlaku
  - Aferentace somatickými (C1) nervy

# Chemoreflexy

- Koronární chemoreflex (Bezoldov-Hirtov-Jarischov reflex)
  - Látky aplikované do levé koronární tepny (veratridín, kapsaicin, některé kontrastní látky, látky produkované ischemickou tkání) vyvolají apnoe a pak hyperpnoe, hypotenzi, bradykardii (vagová aferentace)
  - (Možný zdroj hypotenze po IF. Neví se, k čemu je to dobré)
- Chemoreflex
  - Stimulace periferních chemoreceptorů hypoxií nebo hypoxií+hyperkapnií  
→aktivace sympatiku, vyplavení adrenalinu - vazokonstrikce, hyperpnoe – zvýšení TK a centralizace oběhu
  - Prvotní odpověď chemoreflexu je tachykardie, ale vlivem baroreflexu dojde k bradykardii (bradykardie je důsledkem zvýšeného TK)
  - Zdroj Mayerových vln při hypotenzi (vlny v krevním tlaku o periodě 10-20 s)
  - hypoxie při poklesu TK (průtoku krve) - stimulace chemoreceptorů - zvýší TK (stoupne průtok krve) – poklesne stimulace chemoreflexu – klesne TK – atd...
- Cushingův reflex
  - podnětem je centrální hypoxie způsobená zvýšeným nitrolebním tlakem a utlačením cév zásobujícím mozkový kmen
  - vede k témuž – vazokonstrikce, bradykardie, hyperpnoe – cílem je zvýšit okysličení krve a zvýšit TK, aby „protlačil“ okysličenou krev do mozku (hypertenze, bradykardia, poruchy dechu – cushingův trias)
  - Baroreflex je silnější než chemoreflex

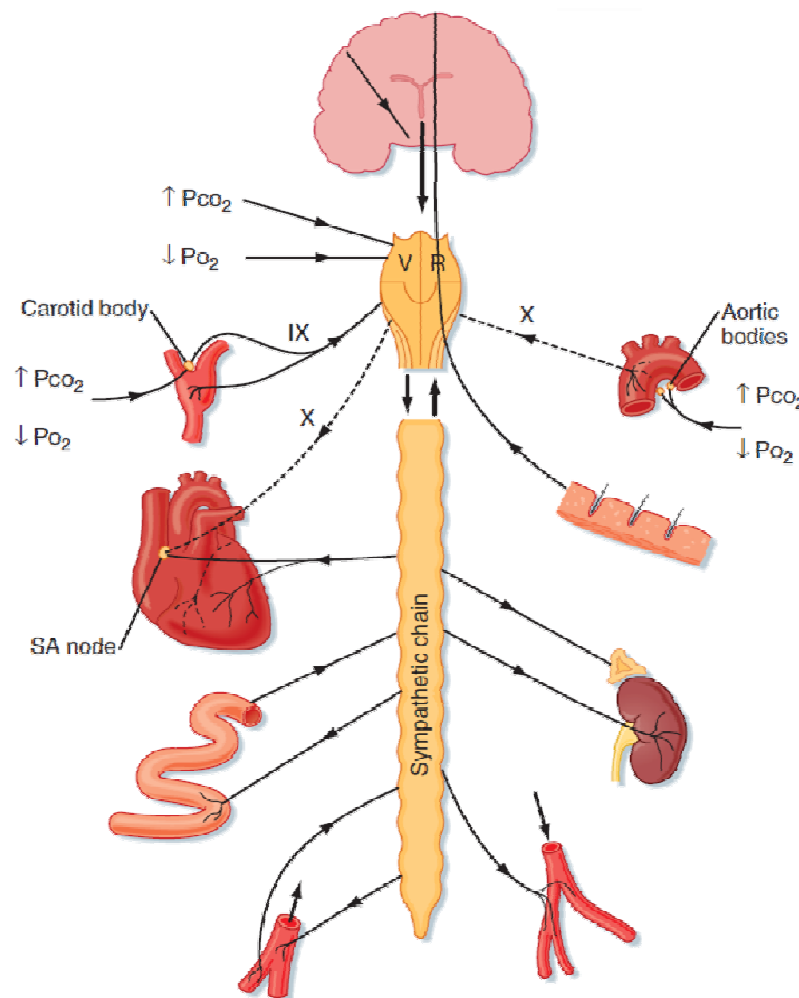
# Chemoreflex



Stimulace periferních chemoreceptorů → vazokonstrikce, bradykardie, hyperpnoe (bradykardie je důsledkem zvýšeného TK)  
Cushingův reflex-centrální hypoxie vede k těmuž

# Vliv na cévy

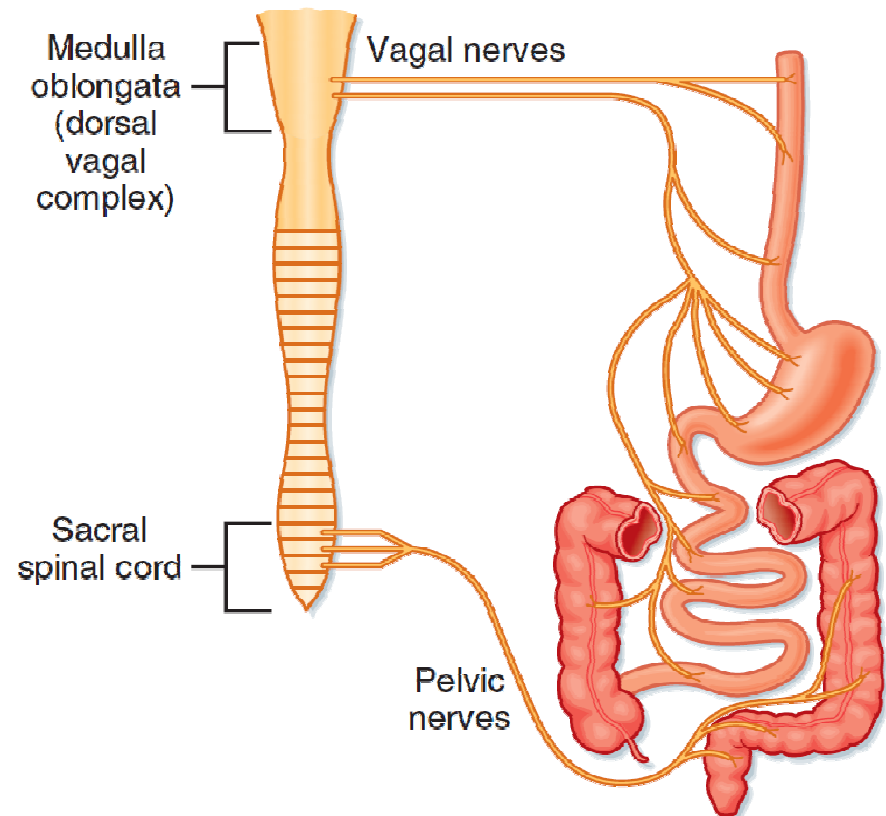
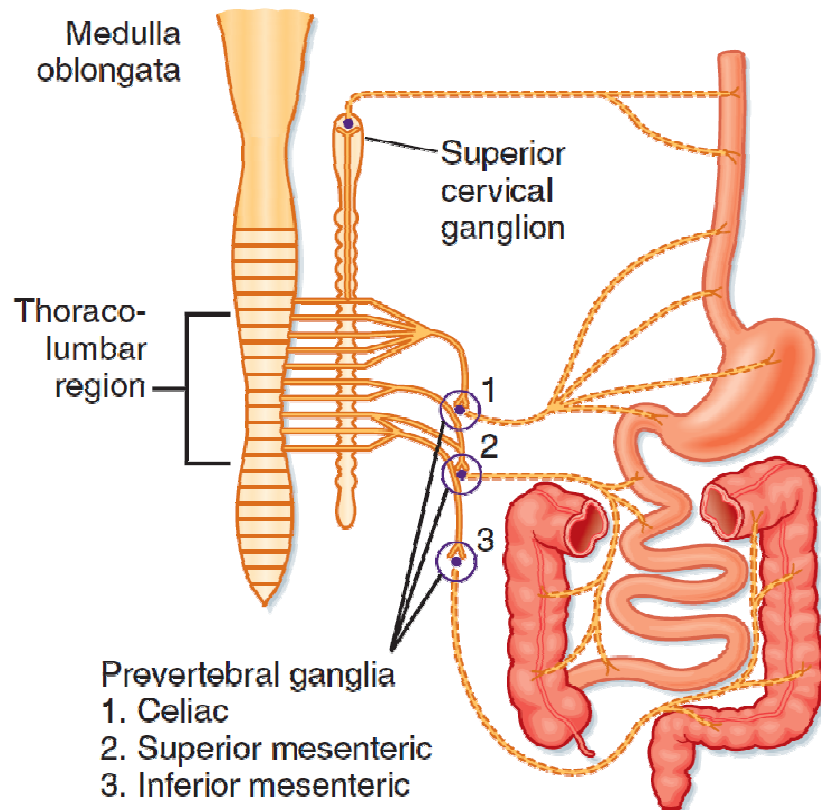
- Výsledný efekt – vazokonstrikce (K) nebo vazodilatace (D) - je daný poměry receptorů v cévě (v tabulce i učebnici budou uvedené všechny, ale nejsou uvedené poměry)
- **Velmi zjednodušeně**
  - Sval – beta – dilatace (prokrvení svalu pro boj)
  - Kůže, sliznice, GIT (kromě jater) – alfa – konstrikce (redistribuce krve z orgánů, které při boji nepotřebujeme používat)
  - Játra – beta – dilatace (pro energetické zásobení při boji)
  - Mozek – sympatikus nemá na cévy mozku významný vliv (jede v boji i klidu)



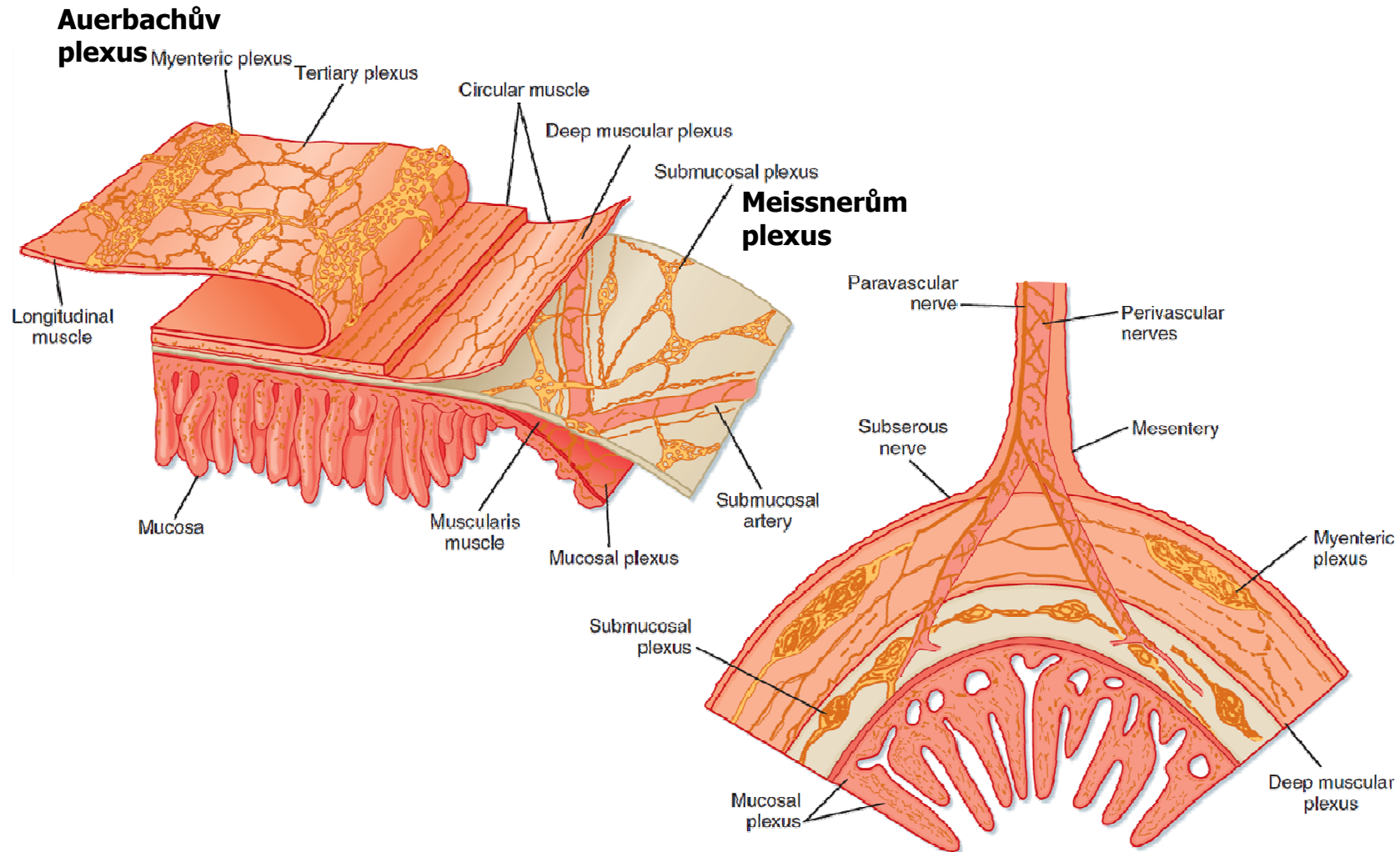
EFEKTORY	RECEPTORY	ADRENERGNI VZRUCH
KORONÁRNÍ	$\alpha, \beta_2$	K, D
KŮŽE A SLIZNICE	$\alpha$	K
KOSTERNÍ SVAL	$\alpha, \beta_2$	K, D
MOZKOVÉ	$\alpha$	K
PLICNÍ	$\alpha, \beta_2$	K, D
ABDOMENÁL NÍ	$\alpha, \beta_2$	K, D
ŽILY	$\alpha, \beta_2$	K, D

Zapomeňte na cholinergní inervaci cév!

# GIT sympatikus vs parasimpatikus



# Enterický nervový systém





# Enterický nervový systém

- Inervovaný sympatikem (tlumí) a parasympatikem (stimuluje), ale dokáže pracovat autonomně
- Myenterický (Auerbachův plexus)
  - mezi longitudiální a cirkulární svalovou vrstvou – inervace těchto svalů
  - Řízení motoriky GIT - peristaltika
- Submukozní (Meissnerův plexus) –
  - mezi střední cirkulární svalovou vrstvou a sliznicí
  - Mezi střední cirkulární svalovou vrstvou a sliznicí
  - Inervuje žláznový epitel, endokrinní bunky střeva, cévy v submukose (dilatace, NO, VIP) - řízení intestinální sekrece
- Parasympatická inervace
  - Pregangliová cholinergní vlákna inervují plexus, postgangliová vlákna jsou součástí plexů
  - Zvyšují peristaltiku, relaxují svěrače, zvyšují tonus stěny
- Sympatická inervace (postgangliová noradrenergní vlákna)
  - Tlumení peristaltiku, relaxace stěny git, kontrakce svěračů, kontrakce cév
  - Některá vlákna končí na postgangliových parasympatických neuronech a tlumí sekreci acetylcholinu

# ANS a močový měchýř

- Močení je míšní reflex modulovaný vyššími nervovými centry
- Hladká svalovina má vlastní spontánní kontraktilitu (schopná kontrakce při velké náplni), ale stretch receptory ve stěně měchýře mají nižší práh citlivosti pro naplnění a vyvolají reflex dříve než by zareagoval samotný hladký sval
- Reflexní kontrakce:
  - Stimulace stretch receptorů při objemu moči cca 300-400 ml
  - Aferentní vlákna (nn pelvici, parasympatické)
  - Centrum reflexu v sakrální míše
  - Parasympatická eferentace – kontrakce detrusoru a relaxace sfinkteru

# ANS a močový měchýř

- Stimulace reflexu před kritickým naplněním měchýře – ovlivnění facilitačními a inhibičními centry v mozkovém kmeni
  - Facilitační centra – v pontu a zadním hypotalamu
  - Inhibiční – střední mozek
- Přetětí míchy na pontem – menší náplň měchýře vyvolá reflex
- Léze v gyrus frontalis – snížená potřeba močit
- Měchýř se může stáhnout na volní popud facilitací míšního mikčního reflexu, i když je skoro prázdný
- Přetětí míchy (plegie) – při prvotním spinálním šoku je měchýř ochablý a nereaguje, v chronické fázi měchýř podléhá pouze sakrálnímu reflexu (bez facilitace, inhibice, volní kontroly), někdy se stává mikční reflex hyperaktivní – kapacita se snižuje, stěna hypertrofuje (spastický neurogenní měchýř)

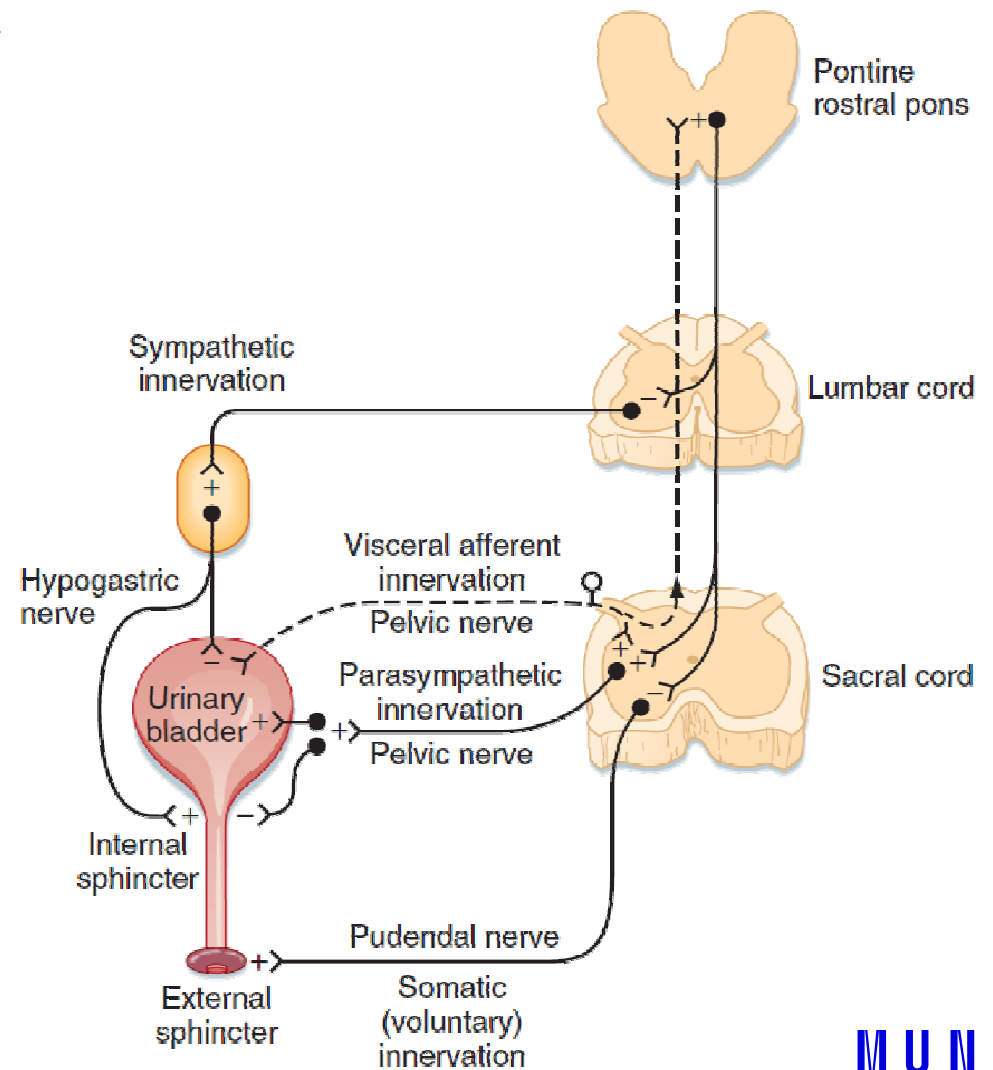
# ANS a močový měchýř

## SYMPATIKUS

DETRUSOR	RELAXACE
SFINKTER	KONTRAKCE

## PARASYMPATIKUS

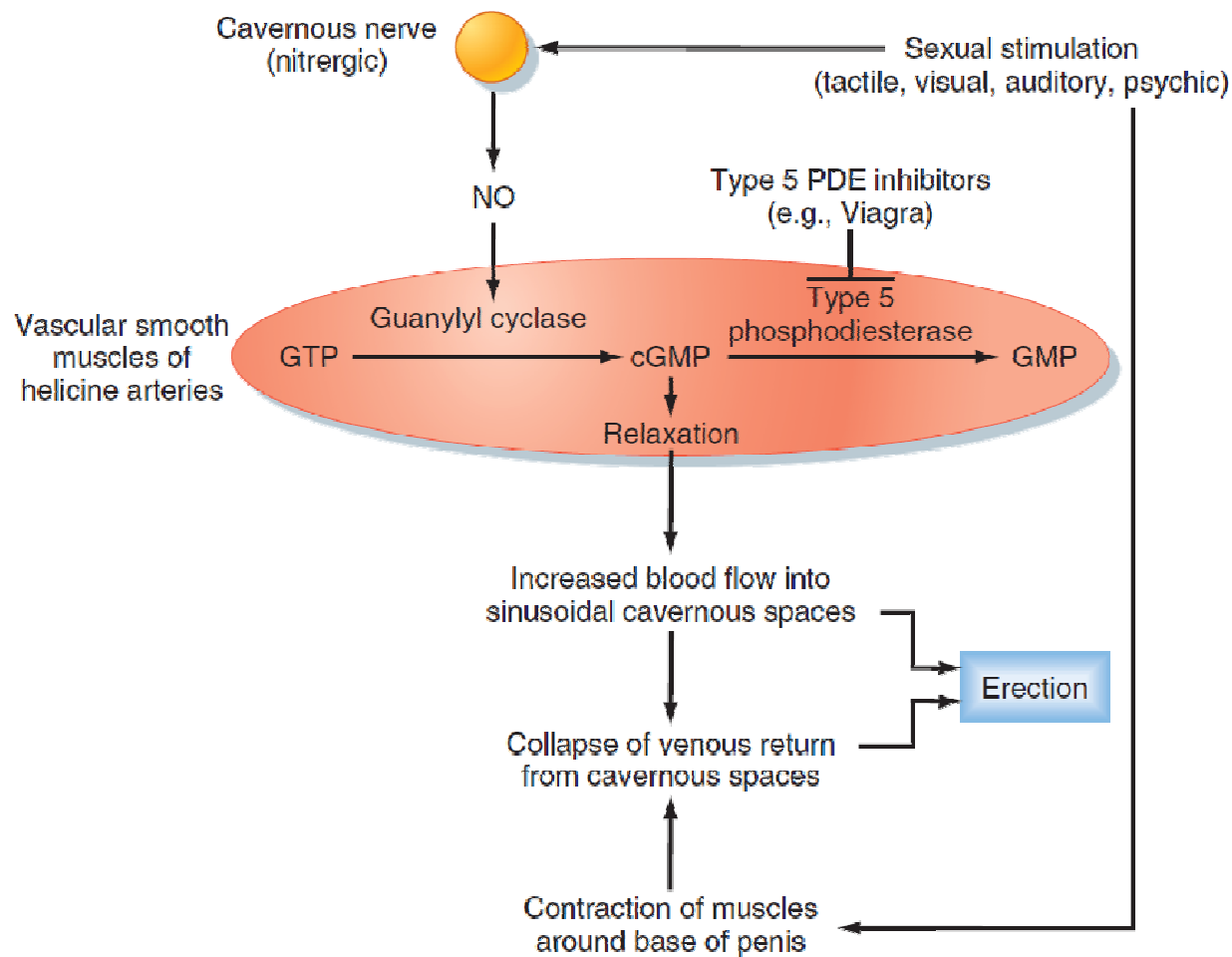
DETRUSOR	KONTRAKCE
SFINKTER	RELAXACE



# Neurogenní močový měchýř

NÁZEV	PŘÍZNAKY
Neinhibovaný neurogenní močový měchýř	<b>Léze:</b> nad pontinním centrem mikce <b>Příznak:</b> snížené uvědomění o plnosti močového měchýře může dojít k inkontinenci
Detruzoro-sfinkterová dyssynergie	<b>Léze:</b> mezi pontinním centrem mikce a sakrální míchou <b>Příznak:</b> detrusor je obvykle spastický; současná kontrakce detruzoru a močového svěrače zvyšují tlak v močovém měchýři; může vést k vezikoureterálnímu refluxu a poškození ledvin
Smíšený typ A	<b>Léze:</b> poškození sakrální míchy na jádře detruzoru s intaktním pudendálním jádrem <b>Příznaky:</b> detrusor sval je ochablý, močový měchýř je velký, vnější močový svěrač je spastický, inkontinence méně častá
Smíšený typ B	<b>Léze:</b> poškození sakrální míchy na pudendálním jádře s intaktním detrusorem <b>Příznaky:</b> močový měchýř je spastický a externí močový svěrač je ochablý; inkontinence je častá
Porucha níže uloženého motorického neuronu	<b>Léze:</b> sakrální mícha; hrudní sympatická inervace do dolních močových cest je zachována <b>Příznak:</b> močový měchýř je velký a hypotonický, méně častá inkontinence

# Regulace sexuálních funkcí



# Sympatický nervový systém

- PREGANGLIOVÁ CHOLINERGNÍ ZAKONČENÍ
  - nadledviny (aktivují sekreci katecholaminů - adrenalinu)
- Postgangliová cholinergní zakončení
  - aktivace potních žláz
- Postgangliová adrenergní zakončení
  - SRDCE
    - pozitivní chronotropní vliv
    - pozitivní dromotropní vliv
    - pozitivní inotropní vliv
  - KŮŽE
    - kontrakce napřimovačů (aerektorů) kožních chlupů
    - dilatace kožních (a svalových) cév
  - PLÍCE
    - dilatace bronchů (beta2)

# Sympatický nervový systém

## – MOČOVÝ SYSTÉM

- v ledvinách aktivace sekrece reninu (beta1)
- snižují napětí detruzoru (beta2) a kontrahují sfinkter močového měchýře

## – POHLAVNÍ ÚSTROJÍ

- u muže způsobuje ejakulaci (alfa 1)
- kontrakce dělohy u těhotných žen (alfa 1) a tokolýza (beta 2)

## – GIT

- kontrakce žaludečního a střevních sfinkterů (alfa1)
- snížení napětí svaloviny žaludku a střeva
- snížení napětí žlučníku
- inhibice sekrece inzulínu (alfa2)
- aktivace sekrece inzulínu (beta2)
- inhibice exokrinní sekrece
- ovlivnění glukoneogeneze v játrech (beta2 a alfa1)



# Parasympatický nervový systém

## – SRDCE

- negativní chronotropní vliv
- negativní dromotropní vliv
- negativní inotropní vliv

## – PLÍCE

- kontrakce svaloviny bronchů
- zvýšení bronchiální sekrece

## – MOČOVÝ SYSTÉM

- kontrakce močovodu
- kontrakce detrusoru a snížené napětí sfinkteru v močovém měchýři

# Parasympatický nervový systém

## – GIT

- zvyšuje tonus v žaludku a střevech
- snižuje napětí sfinkterů
- aktivuje žaludeční a střevní sekreci
- kontrakce žlučníku
- aktivace glykogeneze v játrech
- aktivace exokrinní sekrece

## – POHLAVNÍ ÚSTROJÍ

- erekce způsobená vazodilatací (u obou pohlaví)