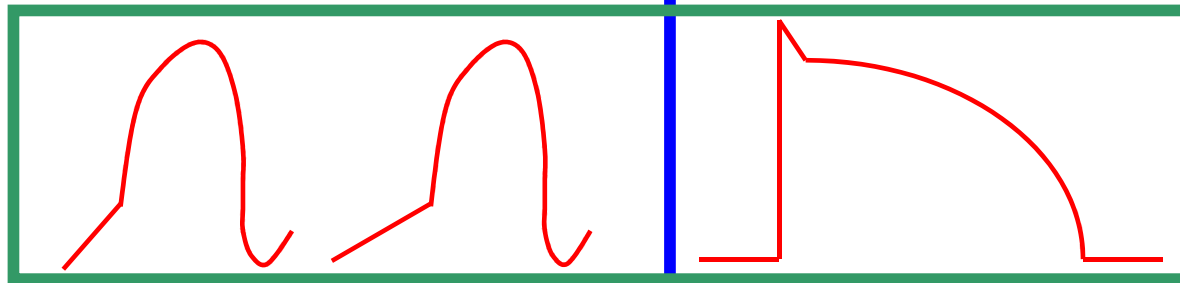
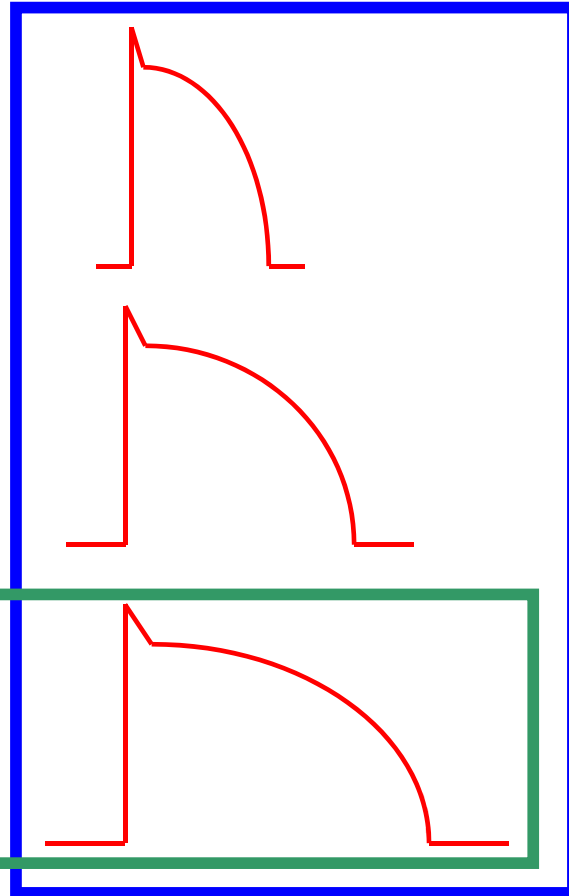
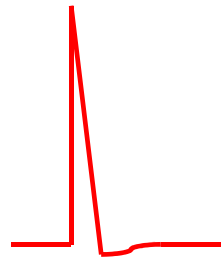


## Akční potenciál (AP)

- Pokud je překročena prahová hodnota napětí (-55 mV), vzniká na membráně akční potenciál
- **Fáze depolarizace**
  - otevírají se napěťově řízené kanály pro Na<sup>+</sup>
  - Na<sup>+</sup> velmi rychle vstupuje do buňky
- **Zákon vše nebo nic** – nepřekročí-li se práh, žádný AP, překročí-li se práh – vzniká AP
- **Fáze repolarizace**
  - kanály pro Na<sup>+</sup> jsou znovu zavřeny (velmi rychle se inaktivují)
  - Otevírají se K<sup>+</sup> kanály, K<sup>+</sup> vystupuje z buňky
  - Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> pumpou je Na<sup>+</sup> pumpován ven, K<sup>+</sup> dovnitř
  - Napětí se dostává zpět ke klidovým hodnotám



3

Marie Nováková, Fyziologický ústav LF MU

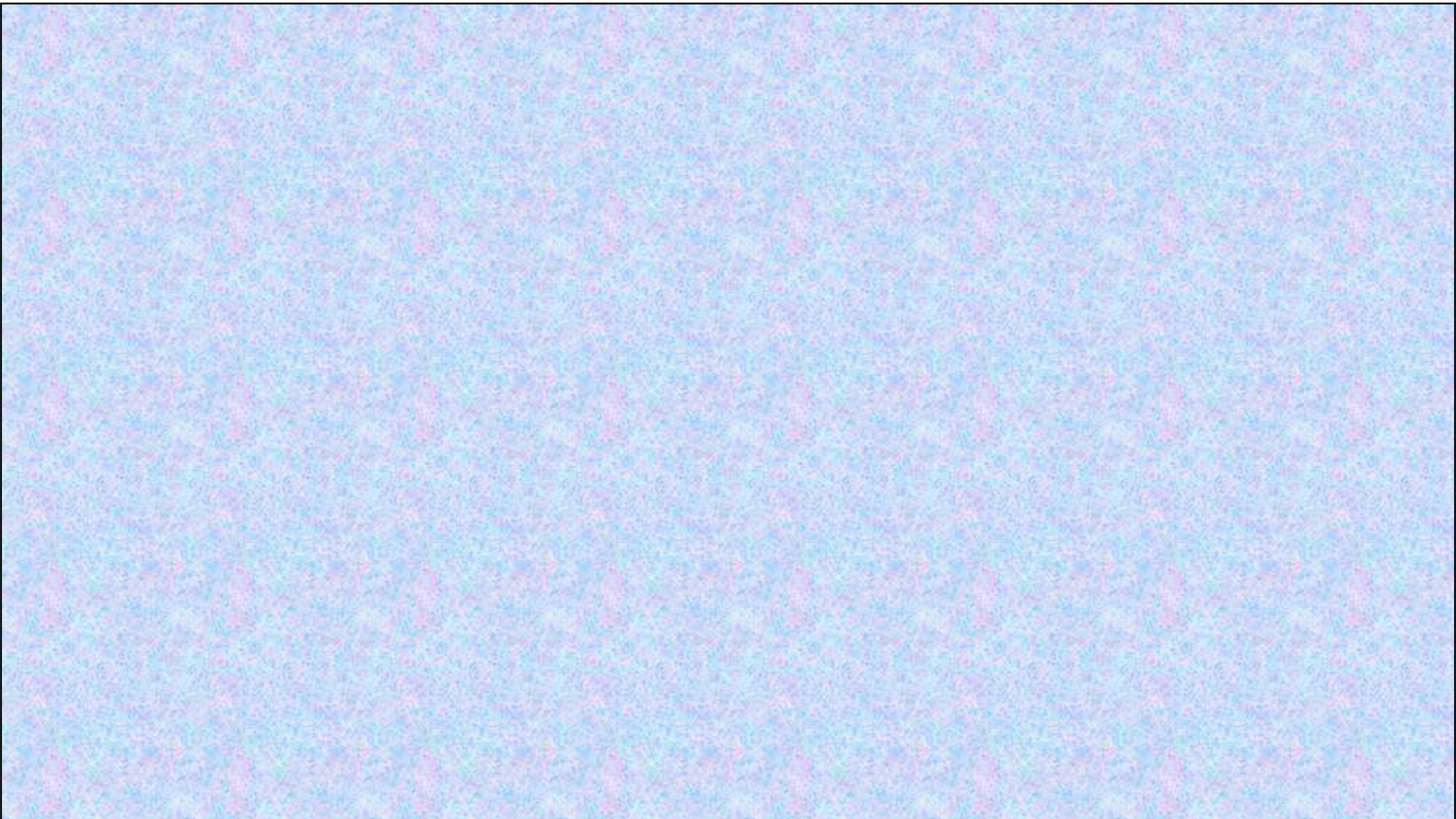
# Fyziologický význam akčního potenciálu

- změnou klidového membránového potenciálu v akční potenciál se:
  - ✓ kódují a přenášejí informace v živých systémech (nervová soustava)
  - ✓ spouští se svalová kontrakce (svalstvo)

# Místní odpověď membránového napětí

- Evolučně starší typ odpovědi buněčné membrány na podnět (vyskytuje se v nervové soustavě nižších živočichů), nicméně i u člověka máme tento typ odpovědi
- Základní vlastnosti:
  - velikost odpovědi závisí na intenzitě podnětu
  - odpověď se šíří s úbytkem (dekrementem)
  - nemá refrakterní fázi (refrakternita=nedráždivost...ikdyby přišel silný podnět, buňka na něj nezareaguje - neodpovídá)

Příklady: u smyslových (receptorových buněk) – tzv. receptorový potenciál  
postsynaptické potenciály nervových buněk  
tzv. ploténkový potenciál – u nervosvalové ploténky



# Nervový systém - hlavní funkce

- Přijímání, zpracování a ukládání informací, které přicházejí z vnitřního, ale i vnějšího prostředí
- Tyto informace využije pro řízení (regulaci) a vzájemnou koordinaci činnosti jednotlivých orgánových systémů
- Takto jsou zabezpečeny:
  - funkční jednota živého organismu jako celku
  - schopnost přizpůsobovat se změnám vnějšího prostředí

## Stavba nervové soustavy

### •Neurony

–Příjem, integrace a šíření informace

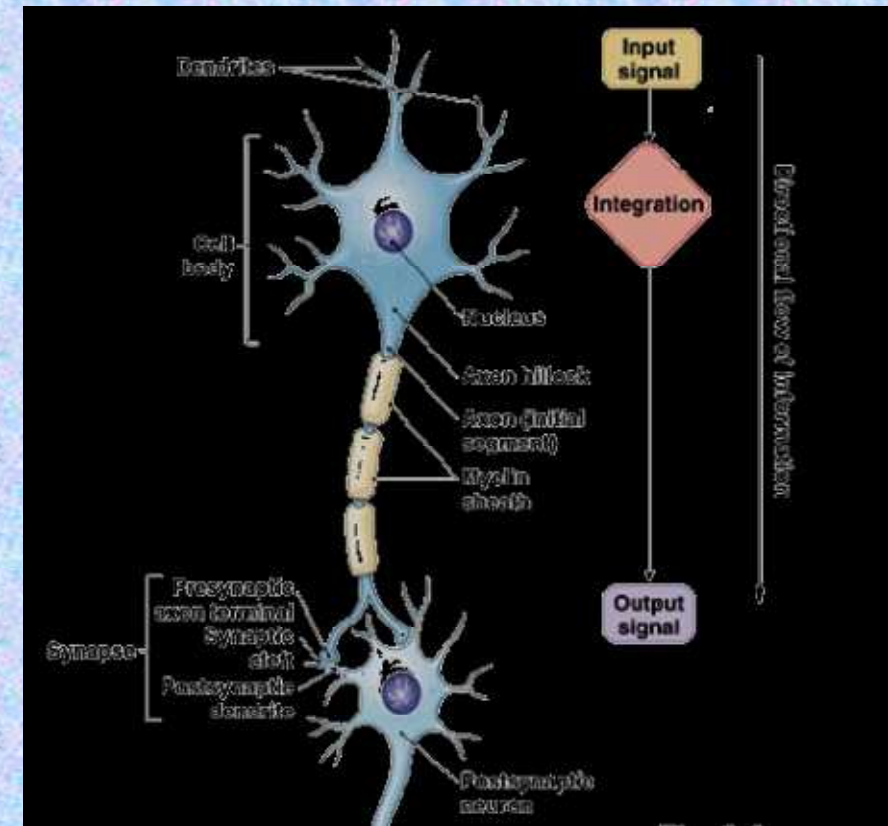
### •Neuroglie (astrocyty, oligodendrocyty, mikroglie, ependymální buňky)

–Podpůrná činnost

### •Počet neuronů cca. 100 miliard

### •Poměr neuron/glie

1/1 (Nolte s Human Brain, 7th ed., 2015)



**Díky hematoencefalické bariéře a podpůrné činnosti neuroglie je udržována homeostáza ve velmi úzkém rozmezí**

**Vysoký stupeň organizace CNS a regulace umožňuje žít neuronům po celý život jedince!**



# Regulační povaha nervového systému

**Regulace** - ve fyziologii rozeznáváme  
**základní 2 typy** regulací

– ***Nervová***

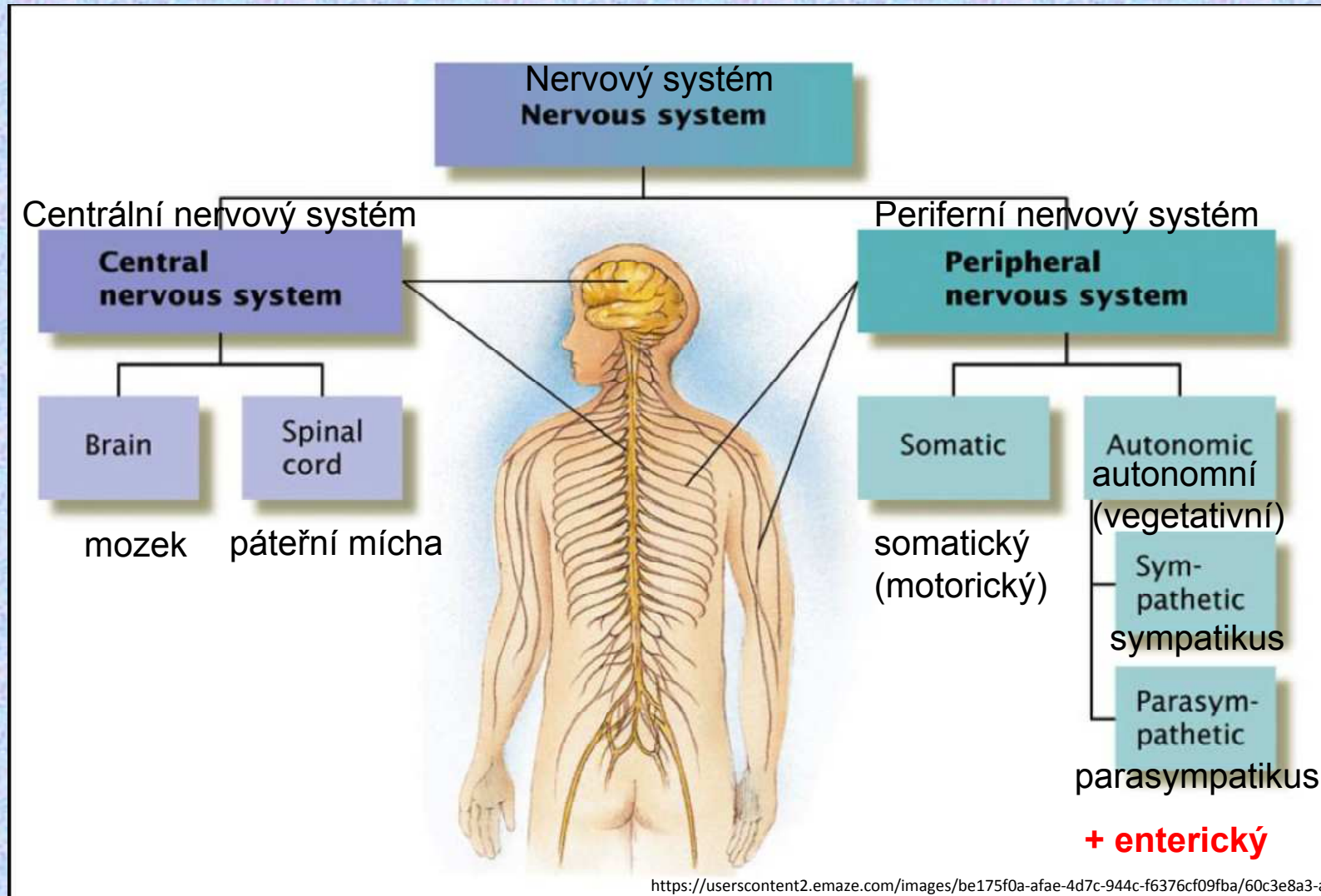
– ***Humorální (hormonální)***

**Centrální nervový systém je součástí nervové regulace  
a významně ovlivňuje i regulaci hormonální**



<http://biology.about.com/od/anatomy/p/Hypothalamus.htm>

# Stavba nervové soustavy



# AUTONOMNÍ (VEGETATIVNÍ) NERVOVÝ SYSTÉM

Autonomní nervový systém je součástí periferního nervového systému, jehož úlohou je udržovat optimální vnitřní podmínky organismu (homeostázu).

- Sympatický
  - Parasympatický
  - Enterický
- } nervový systém

Efektory tohoto systému jsou hladké svaly, srdeční sval, žlázy

Eferentní část reflexní oblouky při vegetativních reflexech se rozděluje na část pregangliovou a postgangliovou

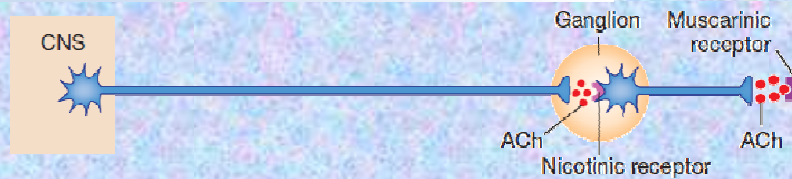
# Autonomní NS versus SOMATICKÝ NS

## SOMATIC MOTOR PATHWAY

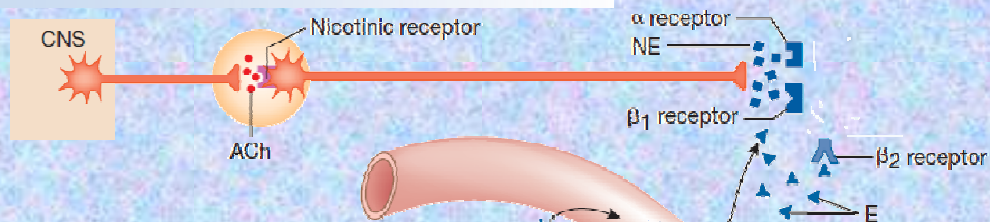


## AUTONOMIC PATHWAYS

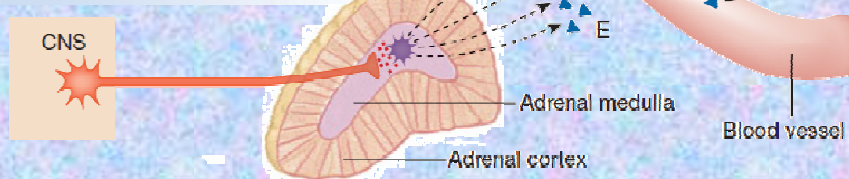
### (a) Parasympathetic Pathway



### (b) Sympathetic Pathway



### (c) Adrenal Sympathetic Pathway



# Neuromediátor – Acetylcholin

## Cholinergní systém

- Je to neurotransmitter všech neuromuskulárních plotének obratlovců, všech presynaptických neuronů v autonomním nervovém systému a také všech postgangliových neuronů parasymptického nervového systému.
- V CNS moduluje širokou škálu kortikálních aktivit, zejména bdění, spánek a konsolidaci paměťových stop.
- Acetylcholin je ester cholinu a acetátu. Mozek získává téměř veškerý cholin z krve. Hlavním místem produkce cholinu jsou játra. Cholinergní přenos je ukončen acetylcholinesterázou (AChE), která je vázána na postsynaptickou membránu.
- Receptory: muskarinové a nikotinové

# Cholinergní systém – nikotinový receptor

(otevřává iontový kanál - ionotropní receptor)

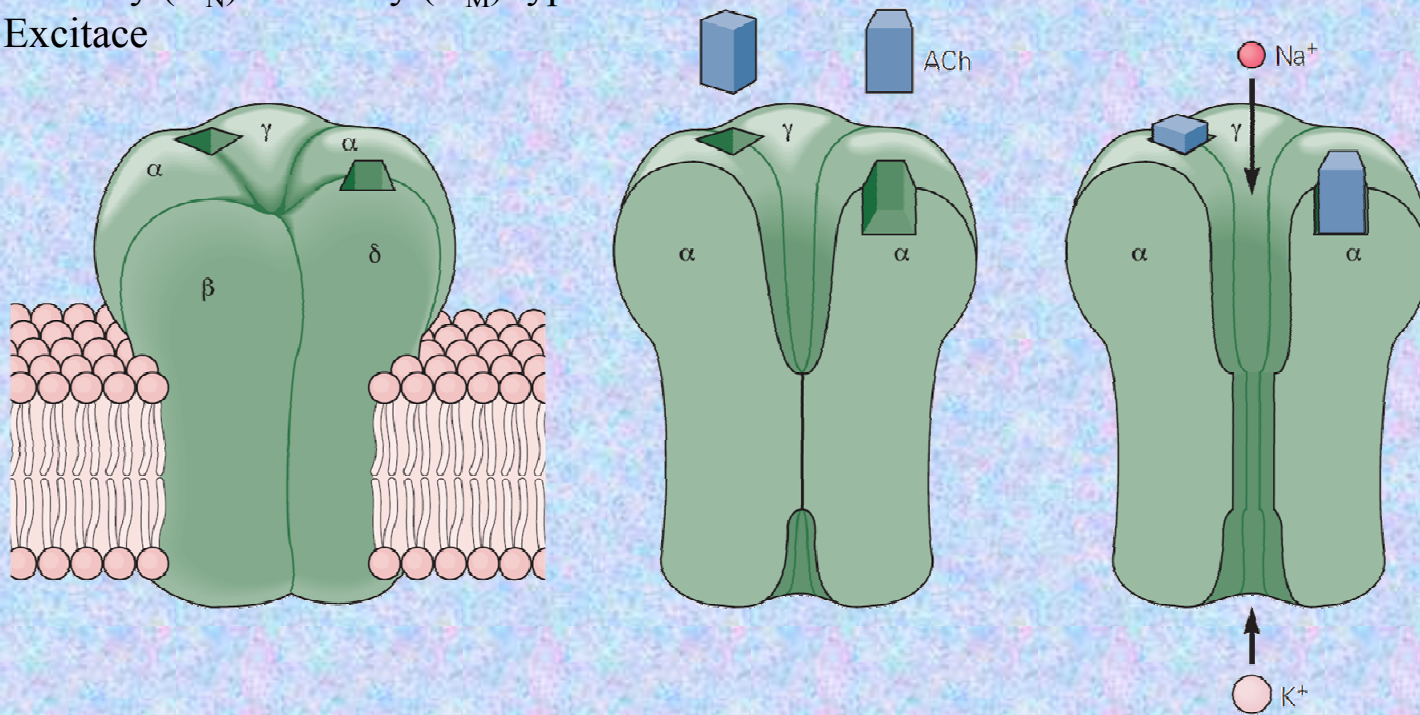
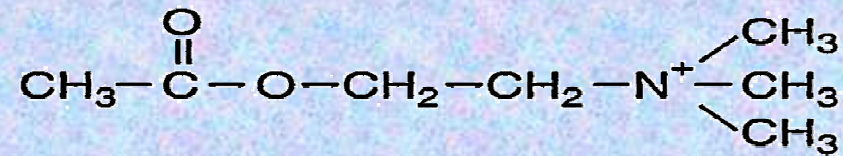
## Pregangliová vlákna

- Sympatikus, Parasympatikus

## Nikotinový receptor

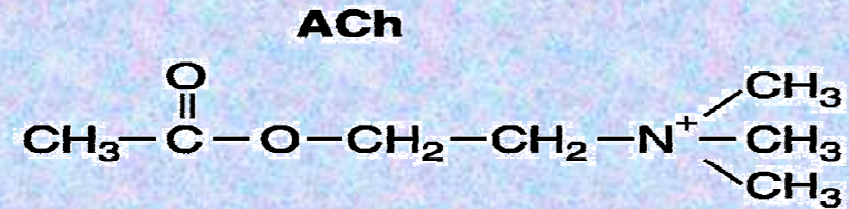
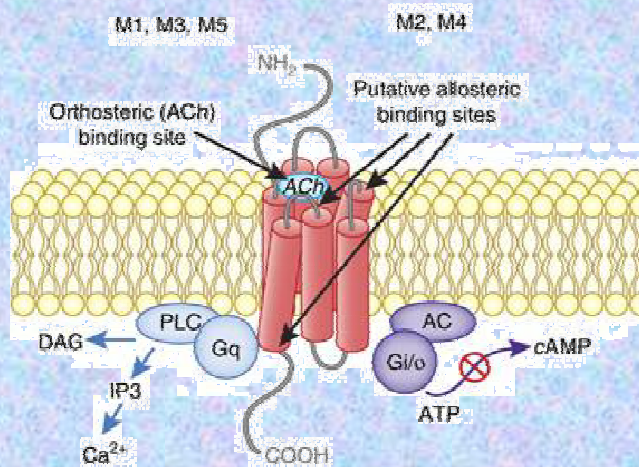
- Nervový ( $N_N$ ) a svalový ( $N_M$ ) typ
- Excitace

## ACh



# Cholinergní systém – muskarinový receptor

(spřažený s G-proteinem – metabotropní receptor)



## Postgangliová vlákna

- Parasympatikus

## Muskarinový receptor

- Spřažený s G-proteinem
- Excitační (M<sub>1</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>5</sub>)
- Inhibiční (M<sub>2</sub>, M<sub>4</sub>)

# Muskarinové receptory

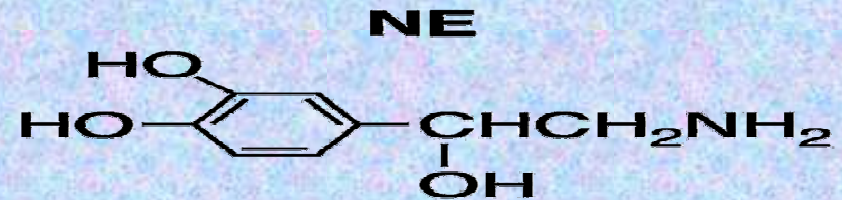
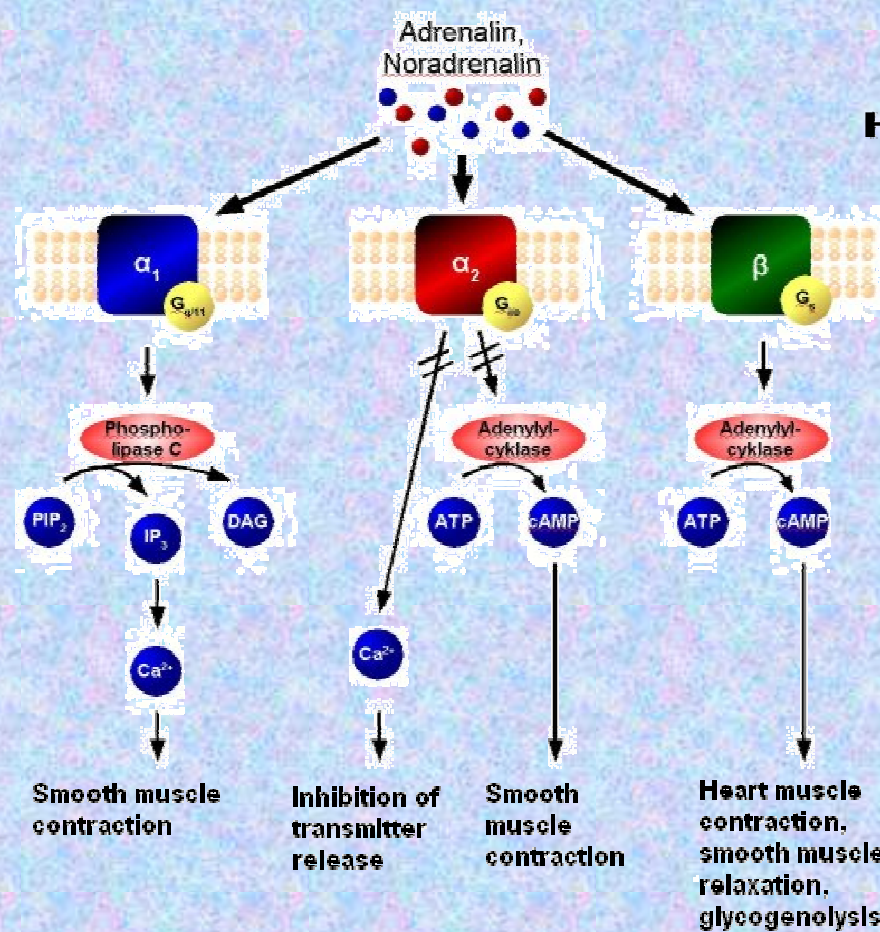
- metabotropní receptory spřažené s G-proteiny. Odezva je relativně pomalá. Dosud bylo objeveno pět typů
  - Receptory M1 - "neuronální", se nacházejí ve vysoké hustotě v CNS, zejména v hipokampální formaci kůře. Excitace prostřednictvím Gq-proteinu připojeného k signální kaskádě, jejímž konečným výsledkem je snížení permeability membrány pro K<sup>+</sup>. Předpokládá se, že snížení jejich funkce nebo snížení jejich hustoty je jednou z příčin demence.
  - M2 receptory - "kardiální" - jsou nejvíce exprimovány v kardiomyocytech, ale lze je nalézt i v neuronálních tkáních ve vysokých hustotách. Inhibice prostřednictvím Gi-proteinu, který snižuje koncentraci cAMP, aktivuje kanály pro K<sup>+</sup> (hyperpolarizace). Tímto mechanismem působí bloudivý nerv negativně chronotropně na sinusový uzel a negativně dromotropně na atrioventrikulární uzel. V CNS se vyskytují na presynaptických terminálech a jako autoreceptory inhibují sekreci acetylcholinu v kůře a hipokampální formaci.
  - M3 receptory - "žlázy a hladké svaly", zprostředkovávají cholinergní stimulaci sekrece žláz a kontrakci hladké svaloviny gastrointestinálního traktu (a dalších orgánů). Ve spojení s Gq-proteinem a prostřednictvím fosfolipázy C (katalyzuje tvorbu IP<sub>3</sub> a DAG) zvyšuje intracelulární koncentraci vápníku. Přestože se v CNS vyskytují pouze v nízké hustotě, jsou schopny vyvolat velmi silný emetický efekt.
  - M4 + M5 – zatím ve stádiu výzkumu (předpokládá se M4 – inhibiční efekt , M5 – excitační)





# Neuromediátory – **noradrenalin, adrenalin**

## adrenergní systém



### Postgangliová vlákna sympatiku

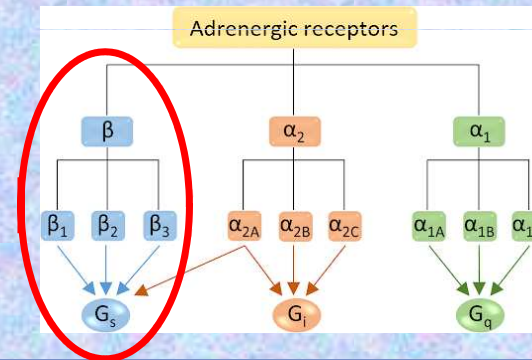
#### *Adrenergní receptor*

- Spřažený s G-proteinem
- Typ  $\alpha$  – obecně excitační
- Typ  $\beta$  – obecně inhibiční

# ANS

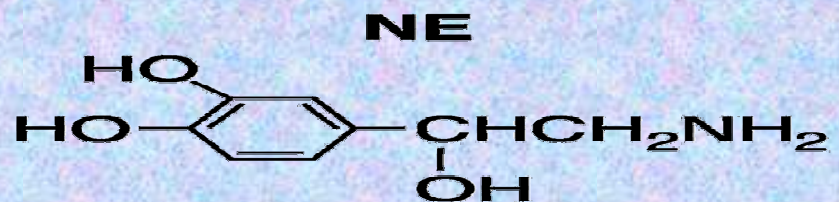
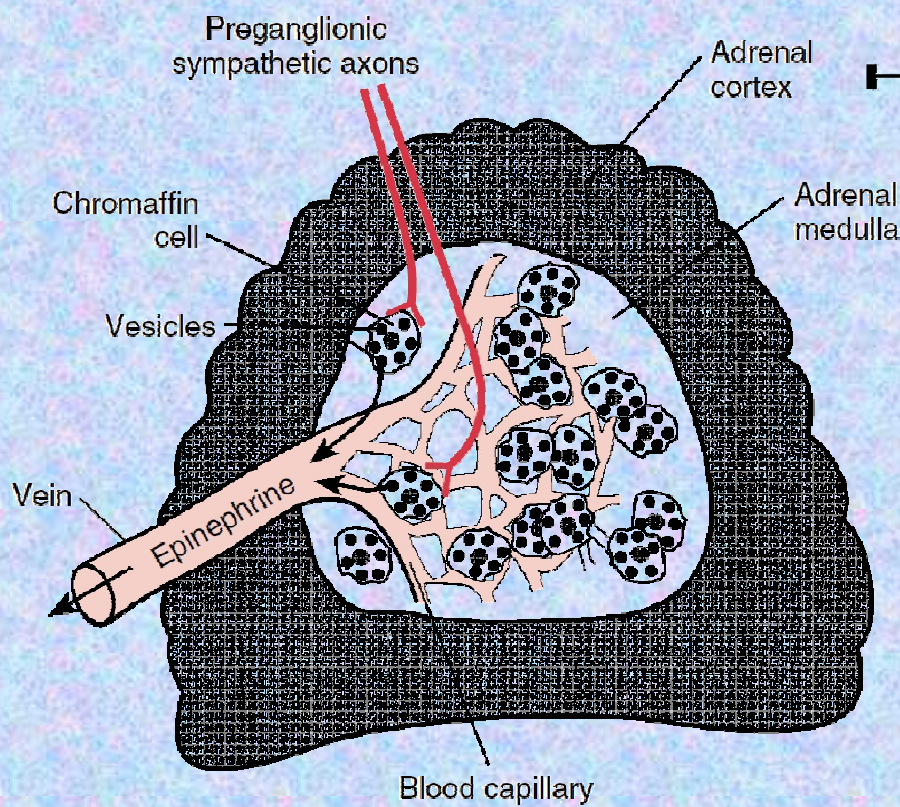
## *Adrenergic receptor*

- Spřažené s G-proteinem
- Typ  $\alpha$  – Excitační
- Typ  $\beta$  – Inhibiční



Receptor Type	Primary Mechanism of Action	Examples of Tissue Distribution	Examples of Action
$\alpha_1$	$\uparrow$ IP3 and $\text{Ca}^{++}$ , DAG	Sympathetic postsynaptic nerve terminals	Increase vascular smooth muscle contraction
$\alpha_2$	$\downarrow$ cAMP	Sympathetic presynaptic nerve terminals, beta cell of pancreatic islets	Inhibit norepinephrine release, inhibit insulin release
$\beta_1$	$\uparrow$ cAMP	Heart	Increase cardiac output
$\beta_2$	$\uparrow$ cAMP	Liver; smooth muscle of vasculature, bronchioles, and uterus	Increase hepatic glucose output; decrease contraction of blood vessels, bronchioles, and uterus
$\beta_3$	$\uparrow$ cAMP	Liver, adipose tissue	Increase hepatic glucose output, increase lipolysis

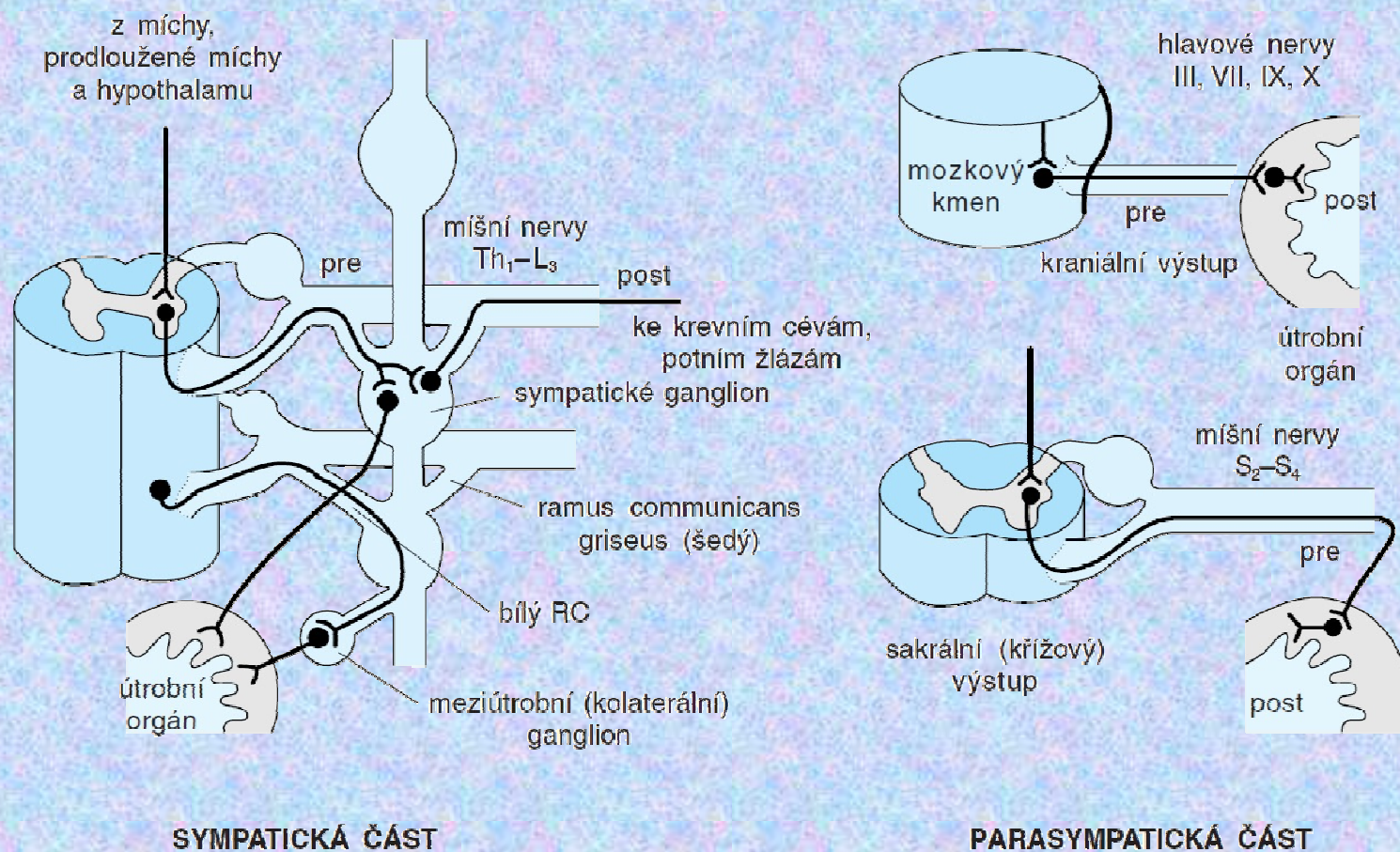
# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



## Dřeň nadledvin

- Modifikované sympatické ganglion
- Stresové hormony vylučuje do krve

# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



## Sympatický nervový systém

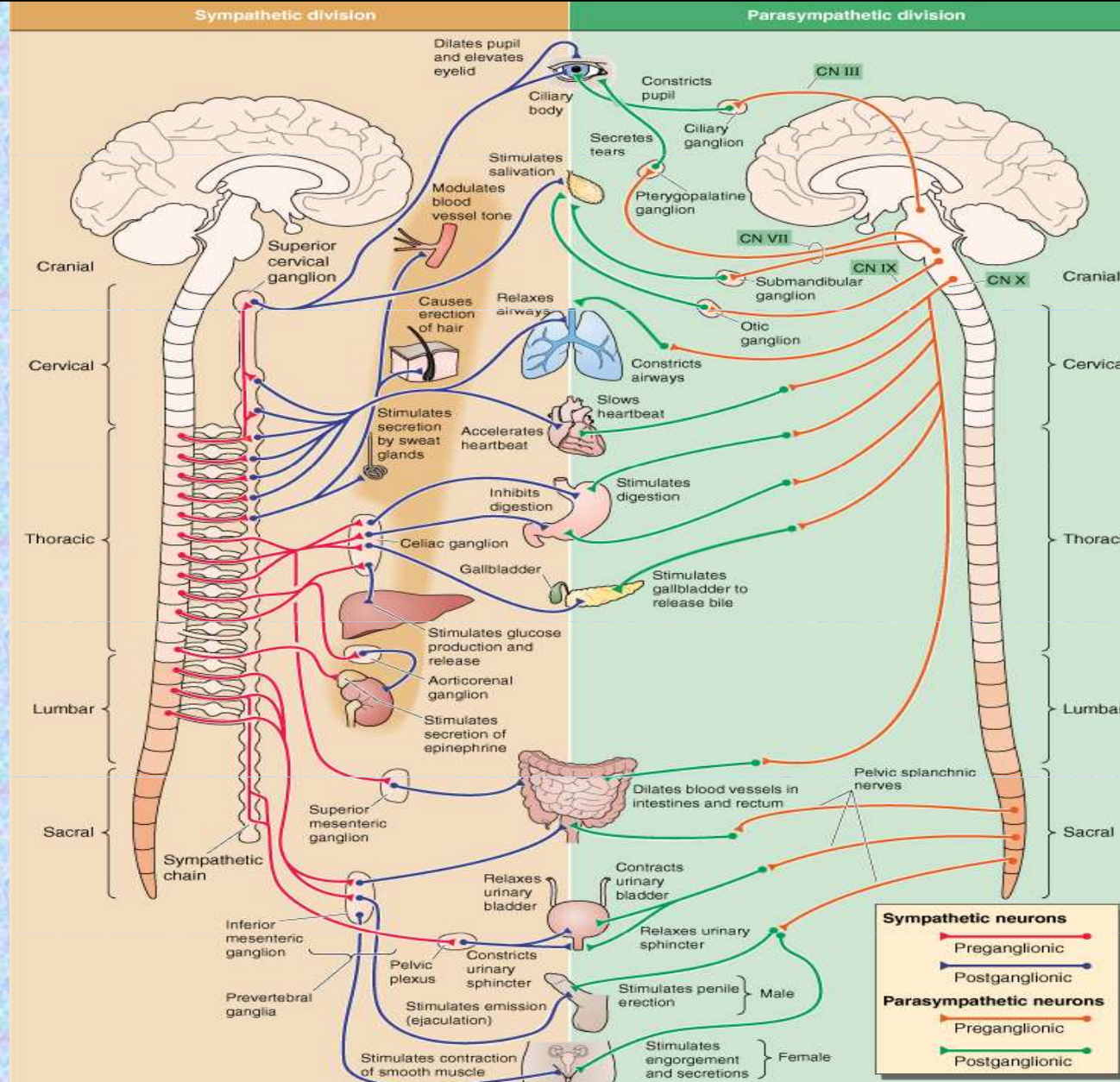
Reakce „Fight or flight“

Spotřebovává energii, musíme mít energetické zásoby  
**ERGOTROPNÍ**

Pregangliová vlákna nervových buněk  
– páteřní mícha - torako-lumbální systém

*Paravertebrální ganglia tvoří*  
- Truncus sympathicus  
- většina

Většinou difuzní efekt



## Parasympatický nervový systém „Rest and digest“ response

Uchovává energii, produkuje energetické zdroje  
**TROPHOTROPNÍ**

Pregangliová vlákna nervových buněk  
– Mozkový kmen a páteřní mícha  
– Kranio-sakrální systém

Ganglia  
*V blízkosti cílových orgánů nebo intramurálně*

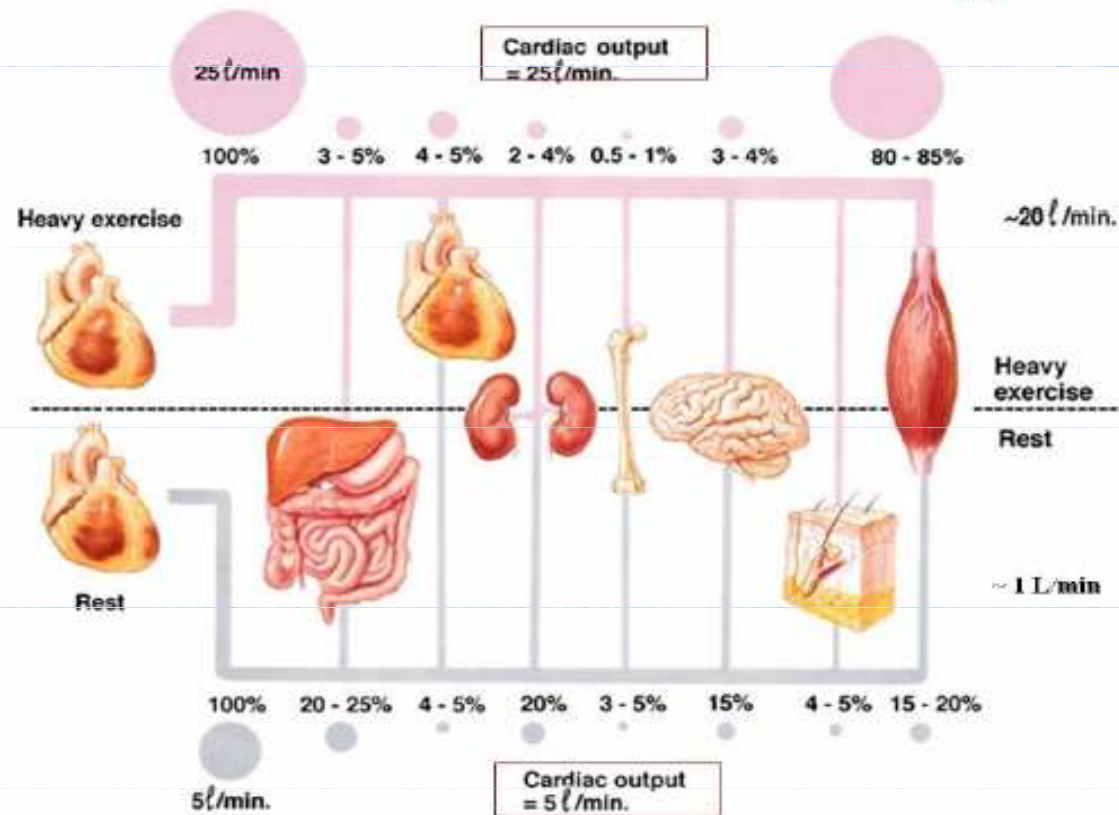
Většinou jen lokální efekt

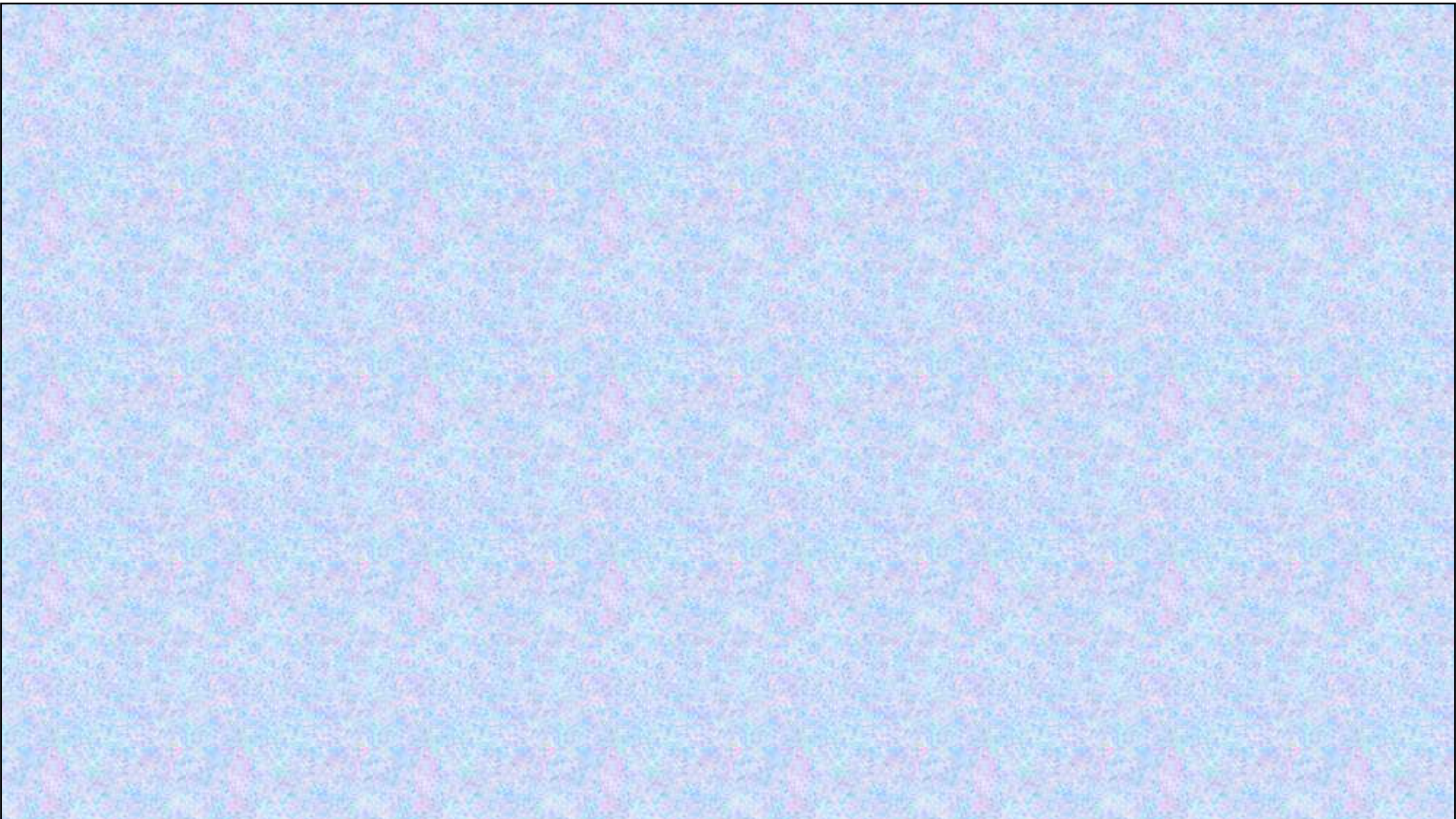
# ANS inervuje

- hladkou svalovinu (cévy, GIT...), srdeční svalovinu
- žlázy s vnější sekrecí (slinné, potní, mazové, slizniční)
- průdušky plic, aby uspokojily požadavky těla na kyslík
- **ANS reguluje:**
  - Krevní tlak a průtok krve v cévách
  - Trávicí a metabolické funkce jater, GIT, pankreatu
  - Funkce ledviny, močového měchýře, tlustého střeva, rekta
  - ANS je nezbytný pro sexuální funkce a reprodukci
  - Je v interakci s imunitním systémem
- **Ve většině případů jsou úrovně aktivity obou částí ANS vzájemné (působí zároveň) – když je jedna jeho část s vysokou aktivitou, druhá má tendenci v ten stejný čas mít aktivitu nižší a naopak.**

# Redistribuce krve a jejího průtoku během fyzického cvičení

## Redistribution of Blood Flow During Exercise

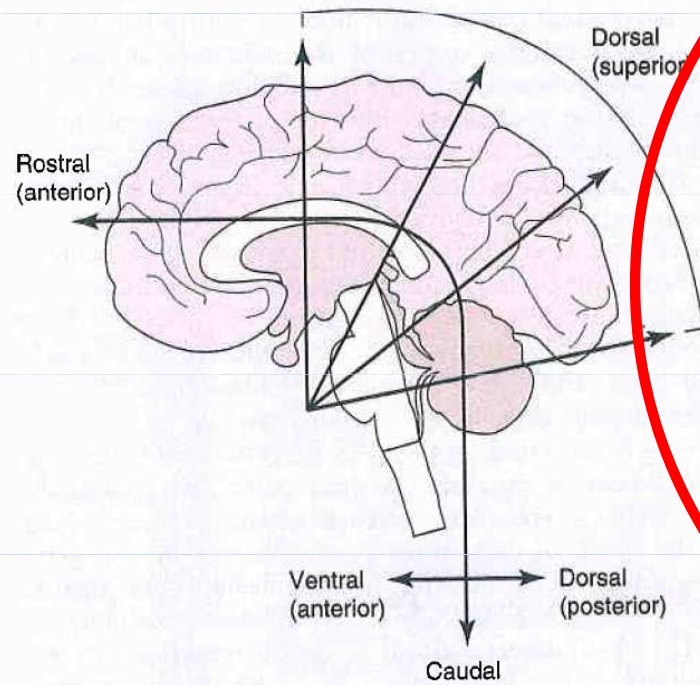




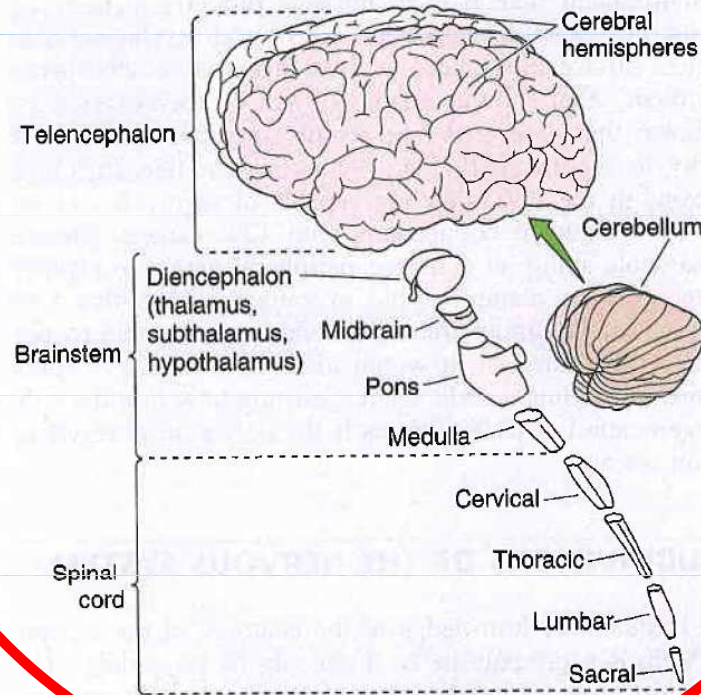


274 10 / Organization of the Nervous System

A AXES OF THE CNS

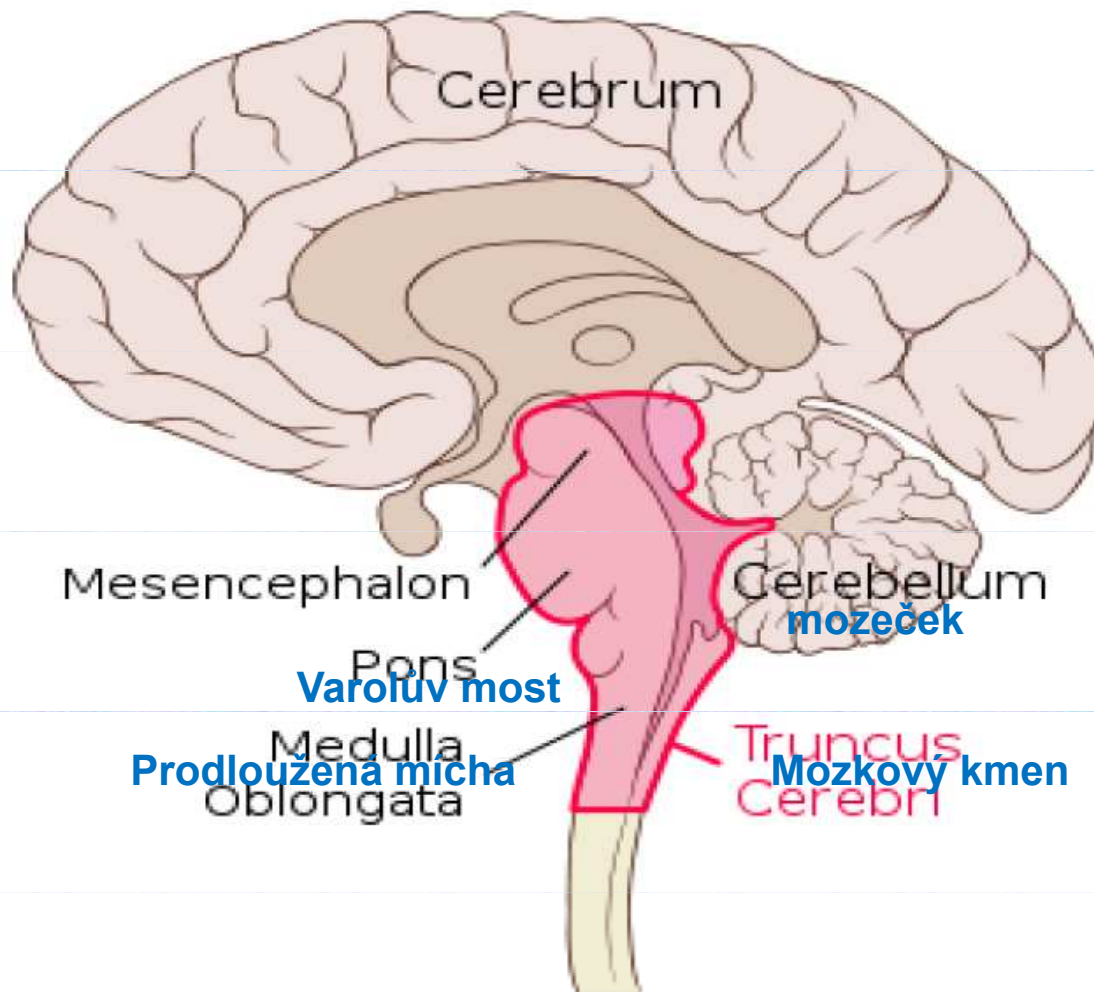


B MAJOR COMPONENTS OF THE CNS



C SURFACE ANATOMY OF THE CEREBRAL CORTEX

Frontal lobe Parietal lobe



# Funkce prodloužené míchy

část centrálního systému, která se uplatňuje při regulaci

### činnosti srdce a krevního oběhu

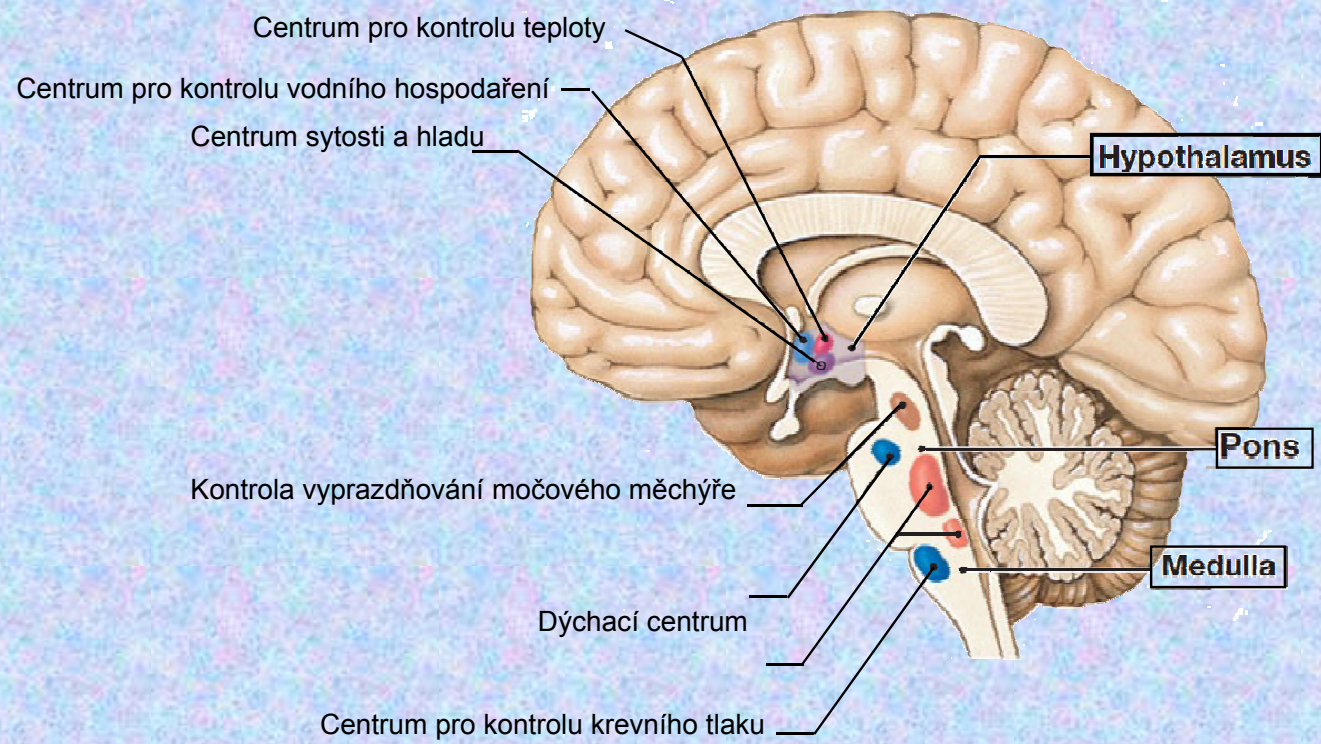
– vazomotorické centrum, kardiomotorické centrum

dýchání (komplex struktur podílejících se na regulaci dýchání,  
obrané reflexy dýchací – kašel, kýchání)

trávení

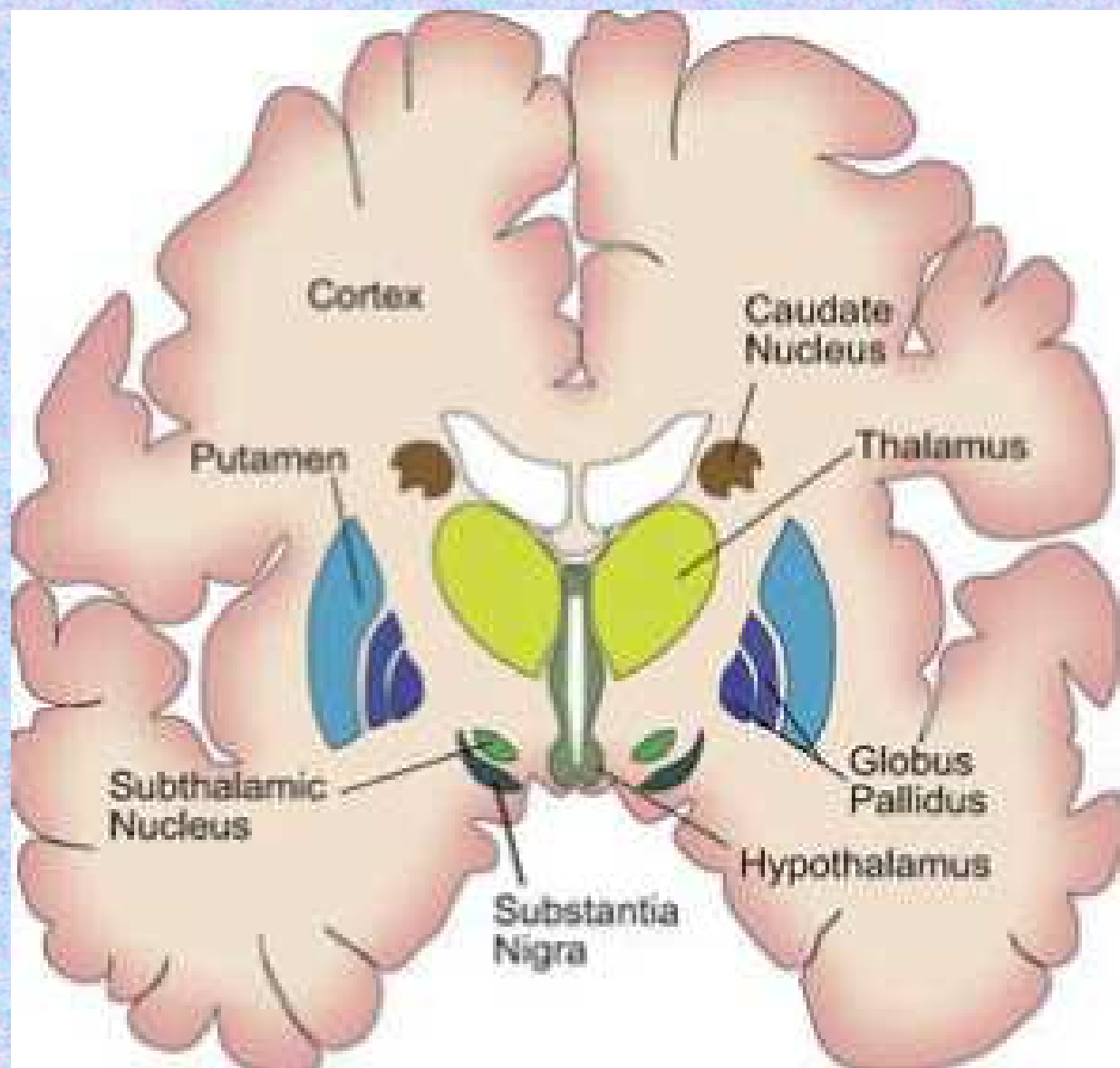
mikce (činnost močového měchýře)

- podílí se na mimice obličeje, fonaci (utváření hlasu)  
a společně s mozečkem na rovnováze



# FUNKCE BAZÁLNÍCH GANGLIÍ

- součástí šedé hmoty koncového mozku zevně od thalamu. Jedná se o vývojově staré struktury.
- uplatňují se při vytváření a řízení pohybu, podílejí se také na kognitivních funkcích a funkcích limbického systému.
- bazální ganglia jsou zapojena do okruhu. Obecné schéma je: **kůra → vstupní bazální ganglion → výstupní bazální ganglion → thalamus → kůra**. Rozdělení bazálních ganglií podle zapojení







# Zapojení bazálních ganglií

## **vstupní (input) bazální ganglia:**

přijímají informace z mozkové kůry;

jejich neurony jsou inhibiční (mediátor GABA);

corpus striatum (ncl. caudatus, putamen, striatum ventrale = ncl. accumbens septi);

## **•výstupní (output) bazální ganglia:**

vysílají informace přes thalamus do mozkové kůry či přímo do mozkového kmene (retikulární formace);

jejich neurony jsou také inhibiční (GABA);

globus pallidus medialis, pallidum ventrale (→ kůra) a substantia nigra, pars reticularis (→ kmen);

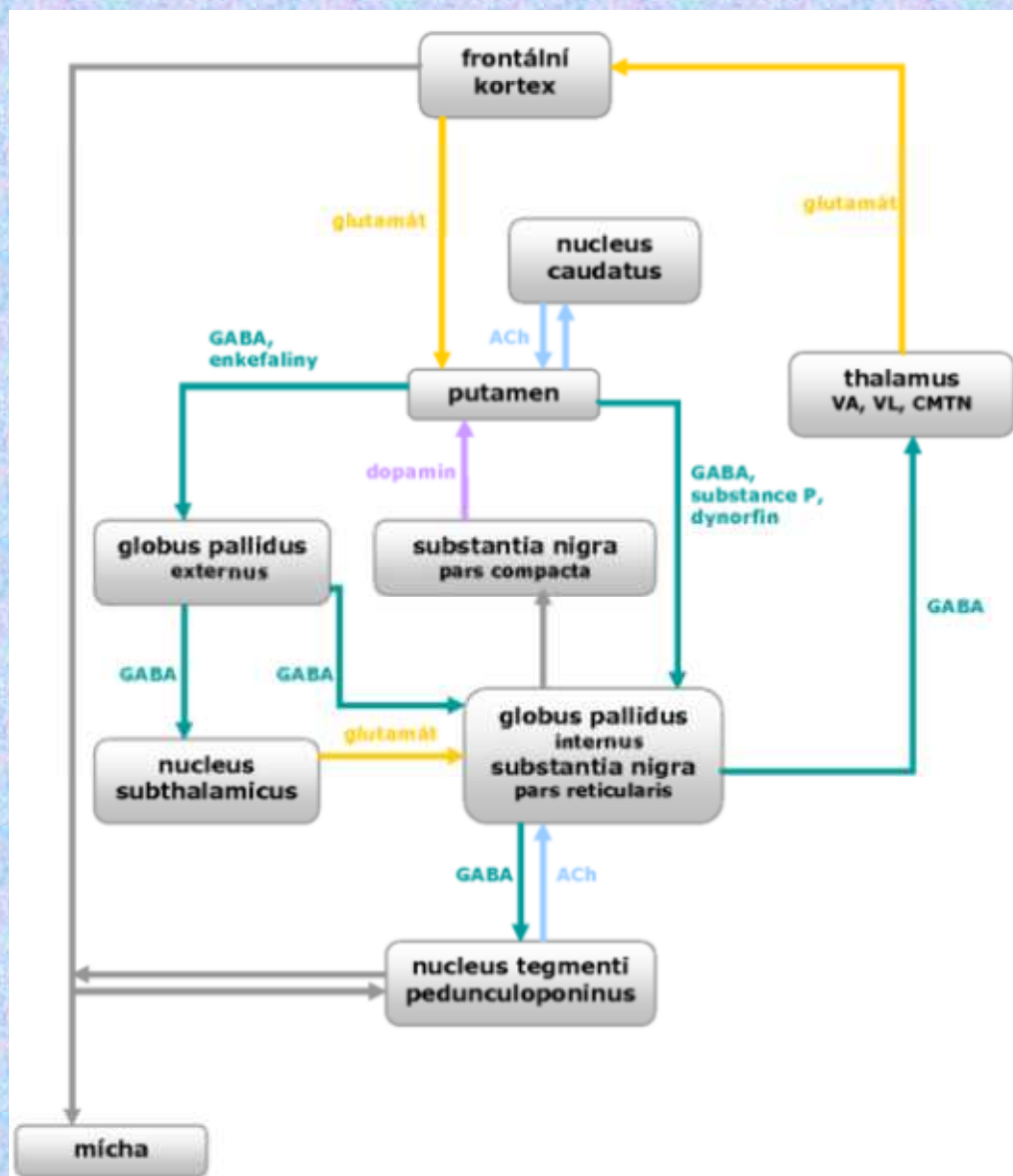
## **•vmezeřená (intrinsic) bazální ganglia:**

- převádějí informace mezi vstupními a výstupními jádry v tzv. nepřímé dráze;

globus pallidus lateralis (inhibiční neurony –GABA);

ncl. subthalamicus (excitační neurony –glutamát);

- modulují aktivitu corpus striatum a přímé/nepřímé dráhy prostřednictvím dopaminu –pars compacta substantiae nigrae.



# Bazální ganglia

*Motorická centra schopná*

*- regulovat a koordinovat motoriku*

# Transmitery bazálních ganglií

Transmitter	Lokalizace a vztahy
<b>Glutamat ↑</b>	<b>Neurony</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- kortikostriální</li><li>- thalamostriální</li><li>- subthalamické</li></ul>
<b>GABA ↓</b>	<b>Projekční neurony striata, pallida, subst. nigra, pars retikulární</b>
<b>Dopamin</b>	<b>Subst. Nigra</b> <b>Aktivace přes D2 receptory GABA/substance P-neurony</b> <b>blok přes D3 receptory GABA/enkefalin-neurony</b>
<b>Acetylcholin</b>	<b>Interneurony striata, excitační muskarinový účinek</b>

# Transmitery bazálních ganglií

<b>Transmitter</b>	<b>Lokalizace a vztahy</b>
<b>Glutamat ↑</b>	<b>Neurony</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- kortikostriální</li><li>- thalamostriální</li><li>- subthalamické</li></ul>
<b>GABA ↓</b>	<b>Projekční neurony striata, pallida, subst. nigra, pars retikulární</b>
<b>Dopamin</b>	<b>Subst. Nigra</b> <b>Aktivace přes D2 receptory GABA/substance P-neurony</b> <b>blok přes D3 receptory GABA/enkefalin-neurony</b>
<b>Acetylcholin</b>	<b>Interneurony striata, excitační muskarinový účinek</b>

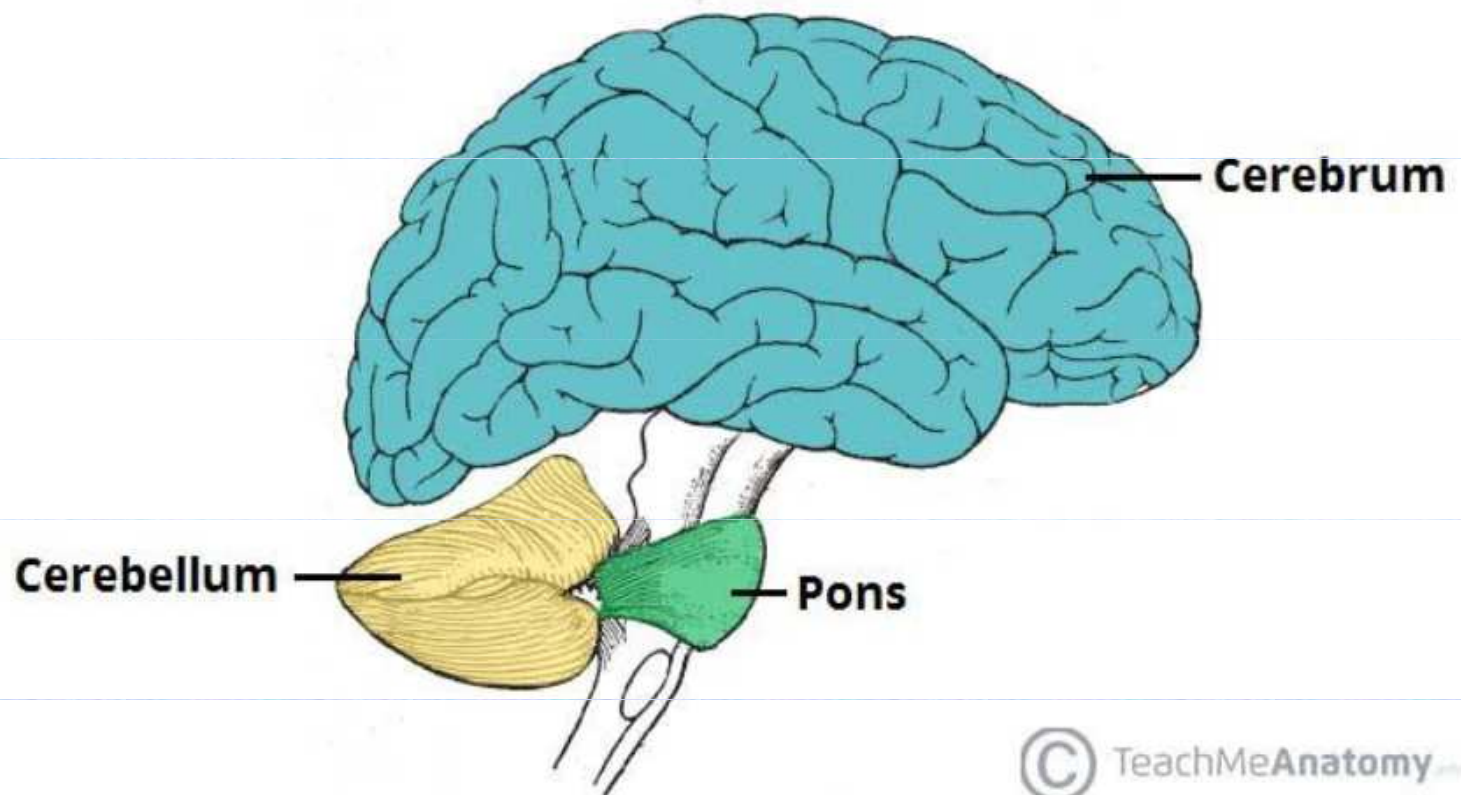
# Bazální ganglia

## ***Syndrom hypokineticko-hypertonický - Parkinson***

- ***bradykineze – zpomalené pohyby***
- ***mikrografie – malé písmo***
- ***chudá mimika***
- ***hrubý klidový třes***
- ***zvýšený svalový tonus***
- ***skrčené držení těla***

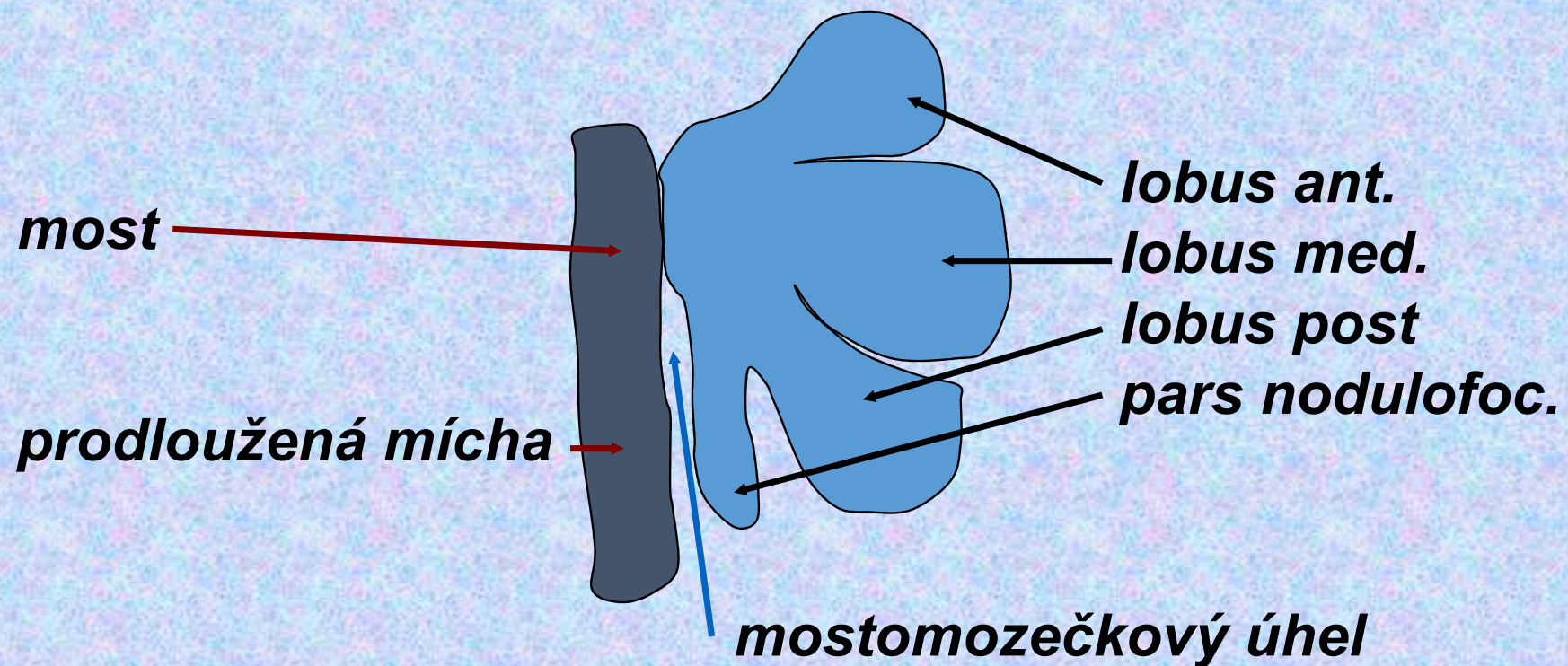
## ***Fukce dopaminu***

# FUNKCE MOZEČKU





# Mozeček - cerebellum



- zajišťuje koordinaci pohybů (jemných, přesných, rychlých) a udržování rovnováhy. Jeho činnost je podvědomá. Na rozdíl od hemisfér předního mozku kontrolují hemisféry mozečku stejnolehrou část těla (levá levou a pravá pravou). Svou modulační činností navíc ovlivňuje i poznávací funkce (např. zpracování vizuálních (zrakových) informací, myšlení) a řeč.

# Mozeček - funkce

***Cílená motorika***

***Udržování základního svalového tonu***

***Udržování rovnováhy***

***Koordinace***

***Korektura reflexů***

***Sensomotorická paměť***

***Svalová paměť***

# Mozeček - poruchy

***Chůze o široké základně***

***Intenční třes*** (ne v klidu, ale vzniká až při cílení pohybu)

***Dysmetrie*** (přestřelení pohybu)

***Dysartrie*** (špatná artikulace při mluvení)

