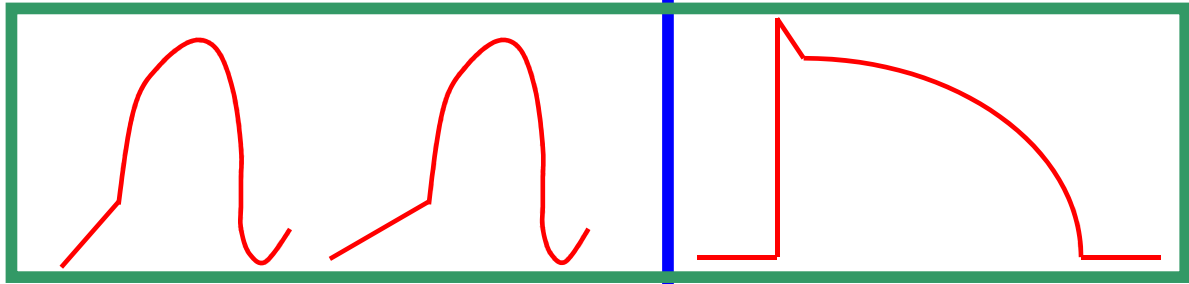
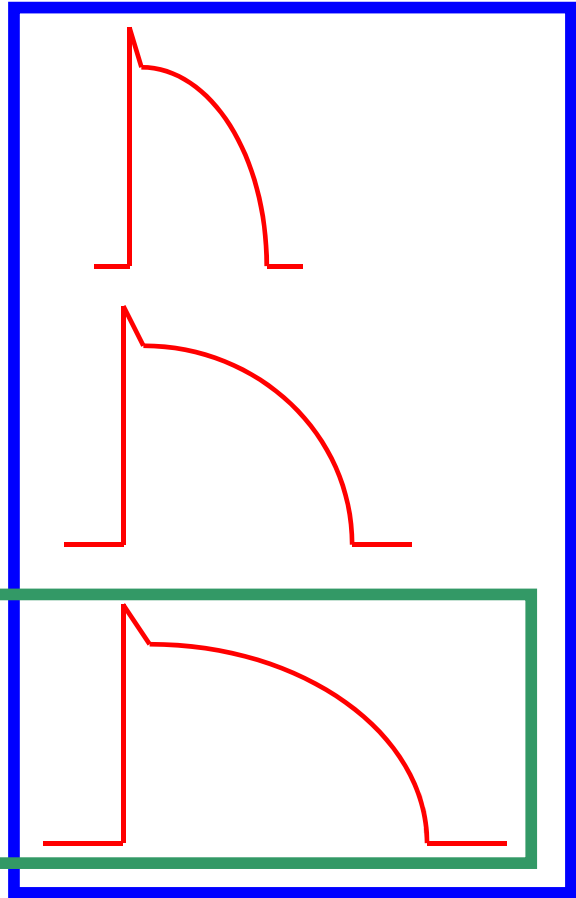
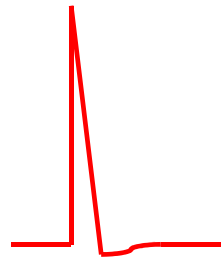


Akční potenciál (AP)

- Pokud je překročena prahová hodnota napětí (-55 mV), vzniká na membráně akční potenciál
- **Fáze depolarizace**
 - otevírají se napěťově řízené kanály pro Na⁺
 - Na⁺ 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⁺ jsou znovu zavřeny (velmi rychle se inaktivují)
 - Otevírají se K⁺ kanály, K⁺ vystupuje z buňky
 - Na⁺/K⁺ pumpou je Na⁺ pumpován ven, K⁺ dovnitř
 - Napětí se dostává zpět ke klidovým hodnotám



3

Marie Nováková, Fyziologický ústav LF MU

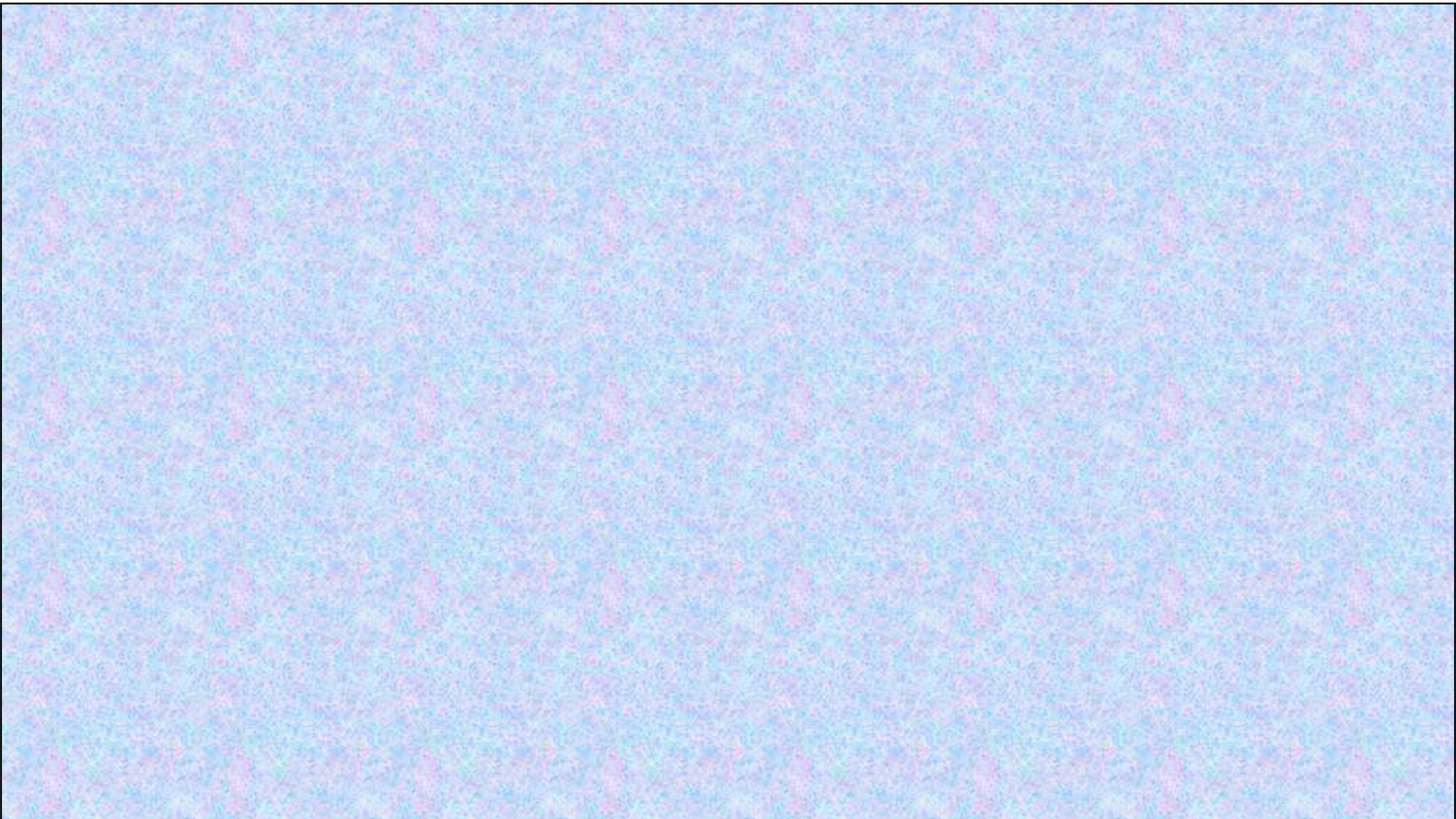
Fyziologický význam akčního potenciálu

- 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

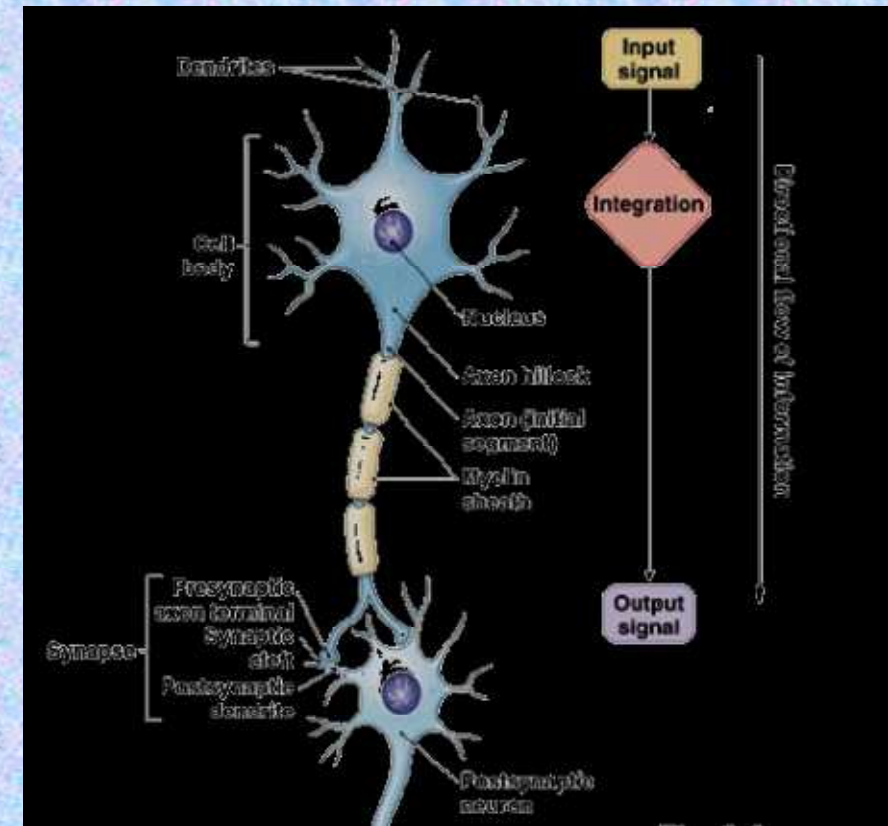
•Neuroglie (astrocyty, oligodendrocyty, mikroglie, ependymální buňky)

–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***

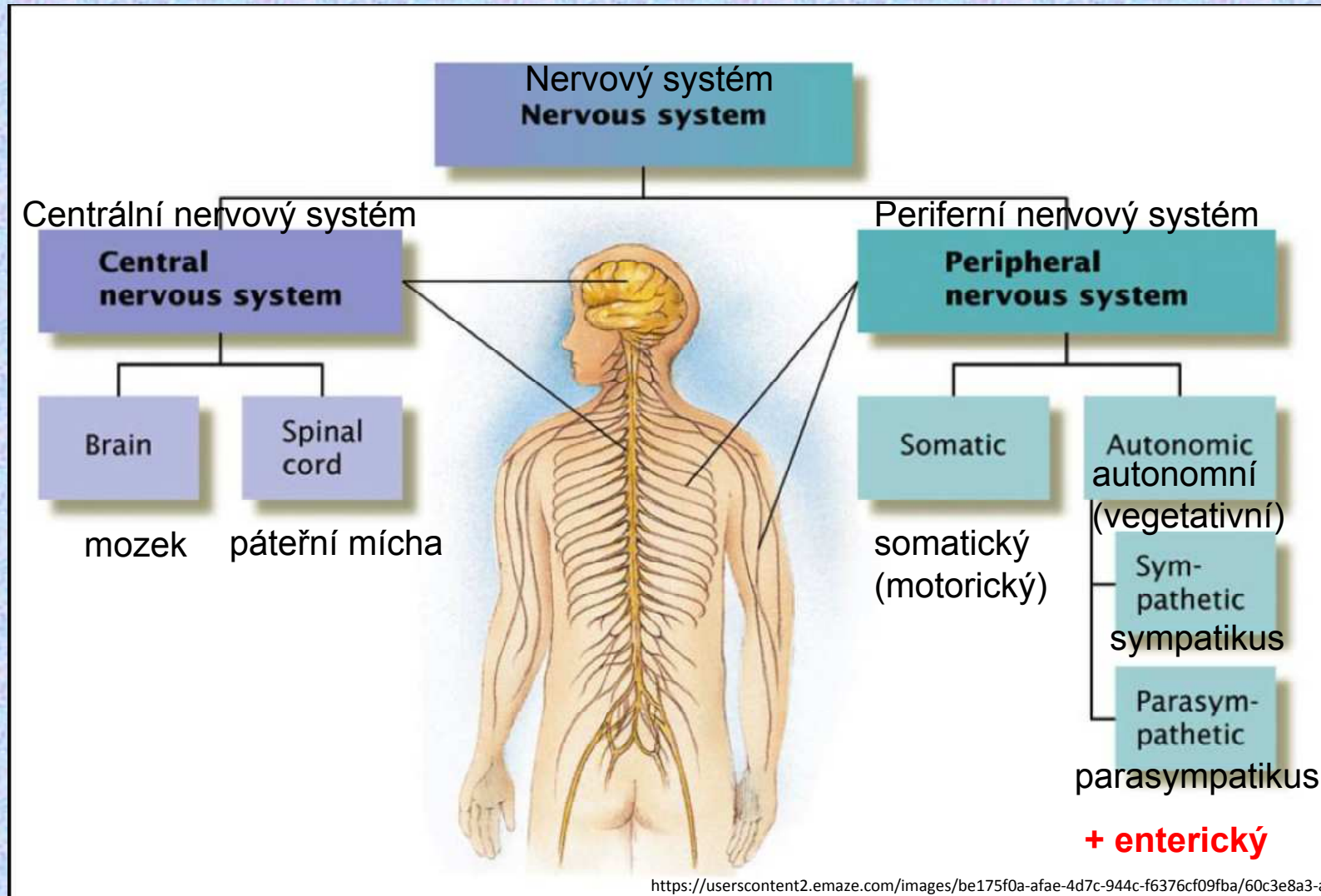
– ***Humorální (hormonální)***

**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

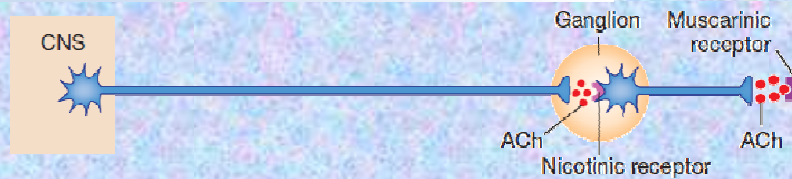
Autonomní NS versus SOMATICKÝ NS

SOMATIC MOTOR PATHWAY

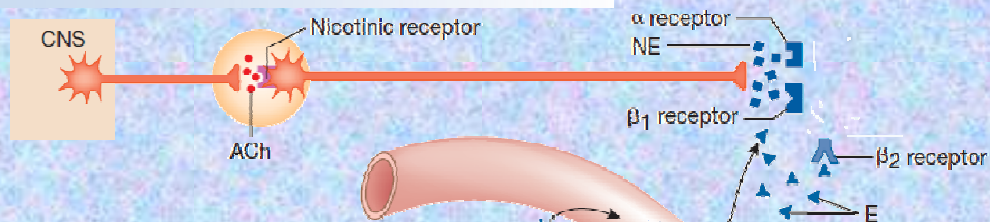


AUTONOMIC PATHWAYS

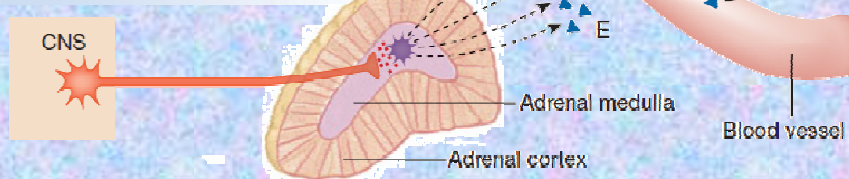
(a) Parasympathetic Pathway



(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)

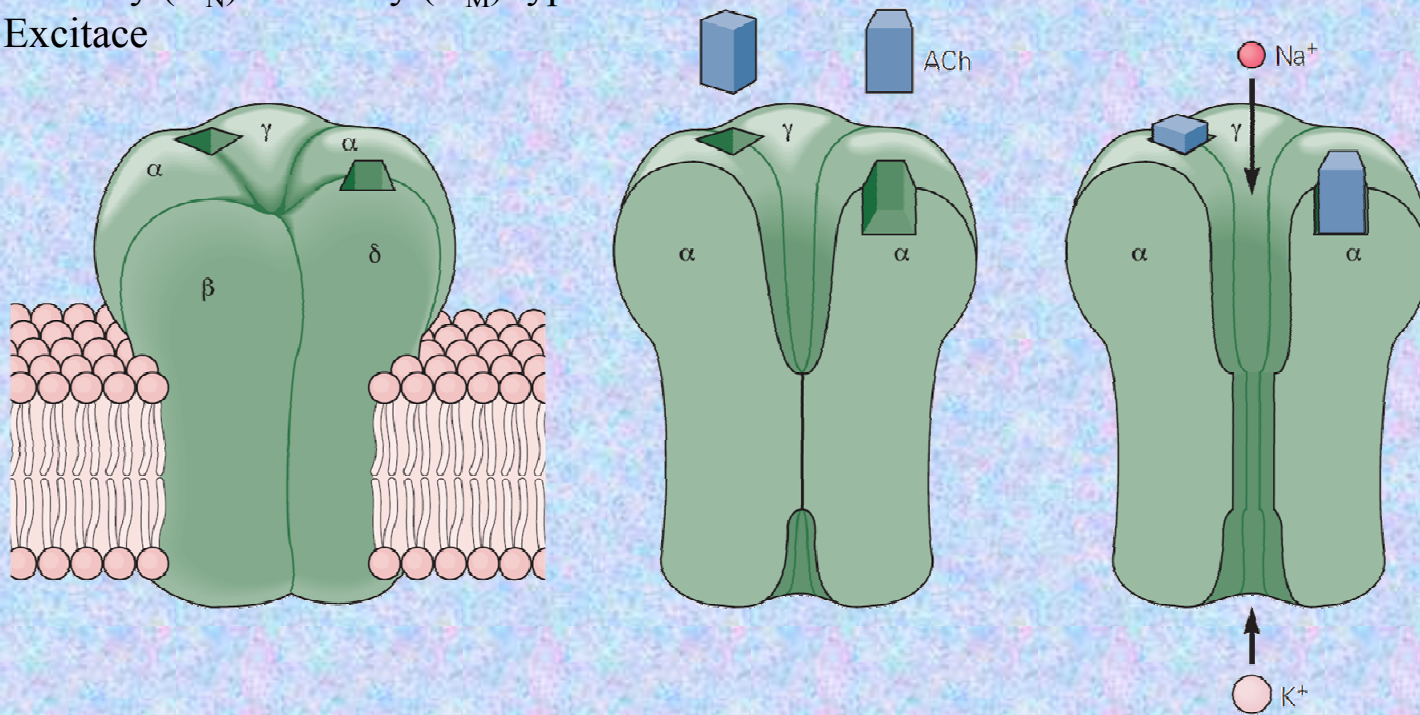
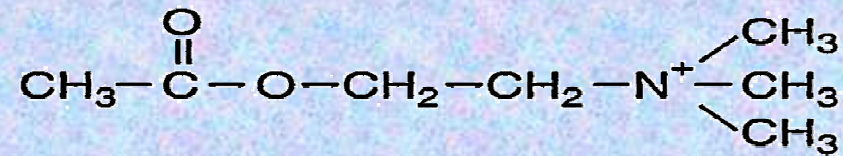
Pregangliová vlákna

- Sympatikus, Parasympatikus

Nikotinový receptor

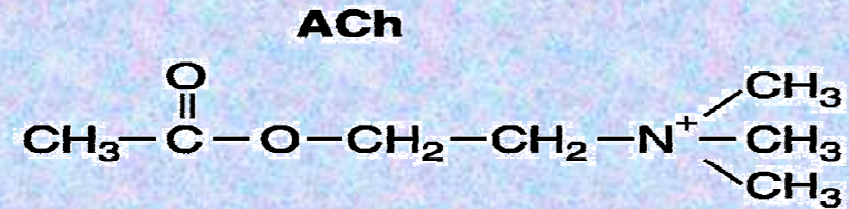
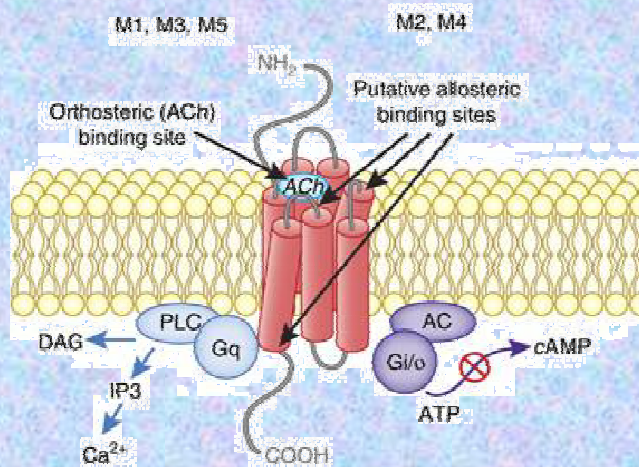
- Nervový (N_N) a svalový (N_M) typ
- Excitace

ACh



Cholinergní systém – muskarinový receptor

(spřažený s G-proteinem – metabotropní receptor)



Postgangliová vlákna

- Parasympatikus

Muskarinový receptor

- Spřažený s G-proteinem
- Excitační (M₁, M₃, M₅)
- Inhibiční (M₂, M₄)

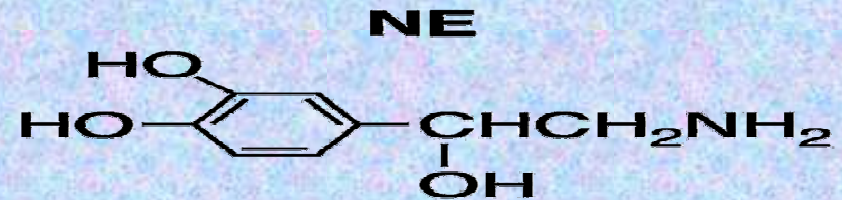
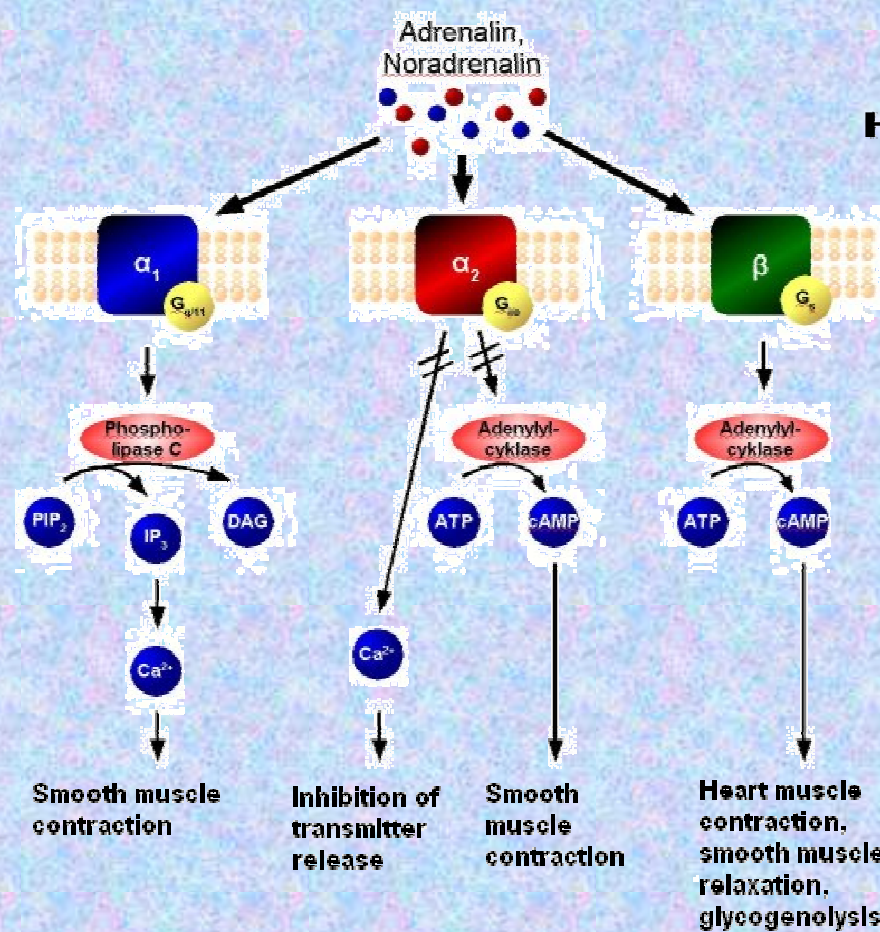
Muskarinové receptory

- 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⁺. 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⁺ (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 IP₃ 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

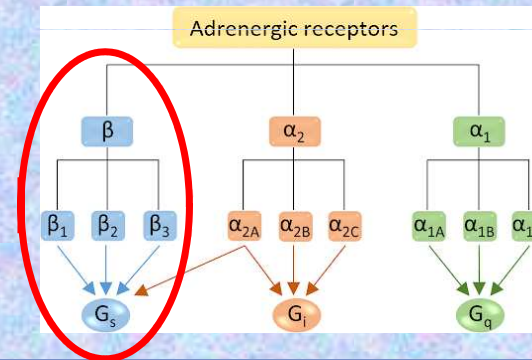
Adrenergní receptor

- Spřažený s G-proteinem
- Typ α – obecně excitační
- Typ β – obecně inhibiční

ANS

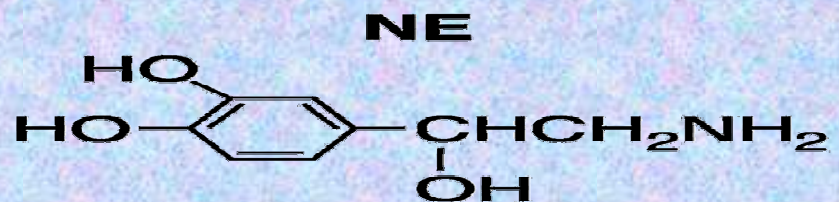
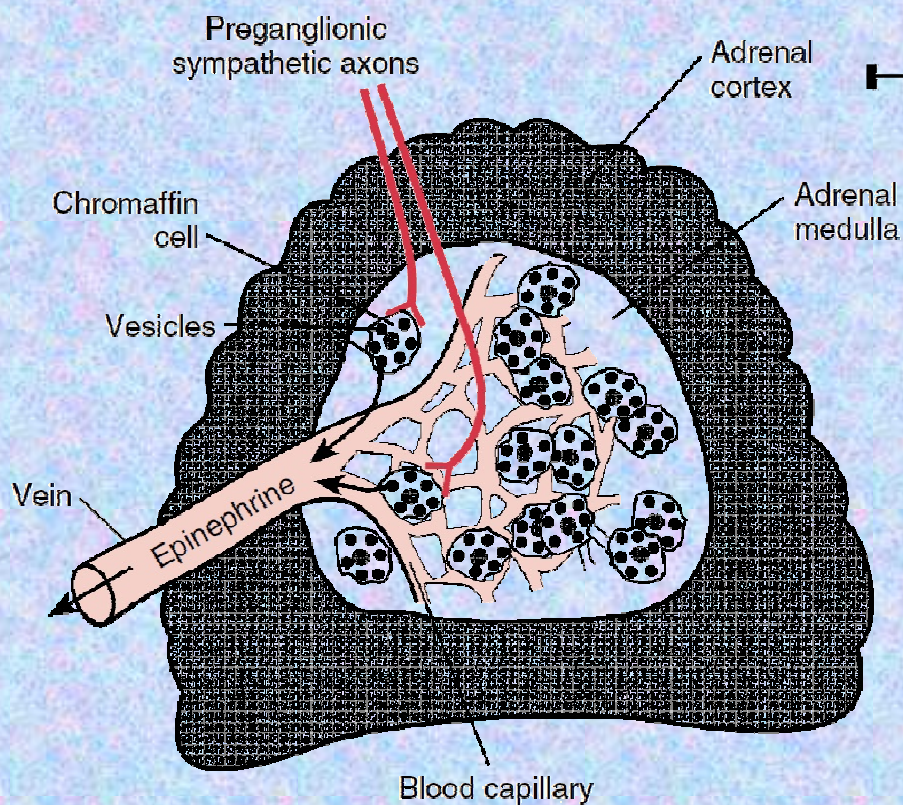
Adrenergic receptor

- Spřažené s G-proteinem
- Typ α – Excitační
- Typ β – Inhibiční



Receptor Type	Primary Mechanism of Action	Examples of Tissue Distribution	Examples of Action
α_1	\uparrow IP3 and Ca^{++} , DAG	Sympathetic postsynaptic nerve terminals	Increase vascular smooth muscle contraction
α_2	\downarrow cAMP	Sympathetic presynaptic nerve terminals, beta cell of pancreatic islets	Inhibit norepinephrine release, inhibit insulin release
β_1	\uparrow cAMP	Heart	Increase cardiac output
β_2	\uparrow cAMP	Liver; smooth muscle of vasculature, bronchioles, and uterus	Increase hepatic glucose output; decrease contraction of blood vessels, bronchioles, and uterus
β_3	\uparrow cAMP	Liver, adipose tissue	Increase hepatic glucose output, increase lipolysis

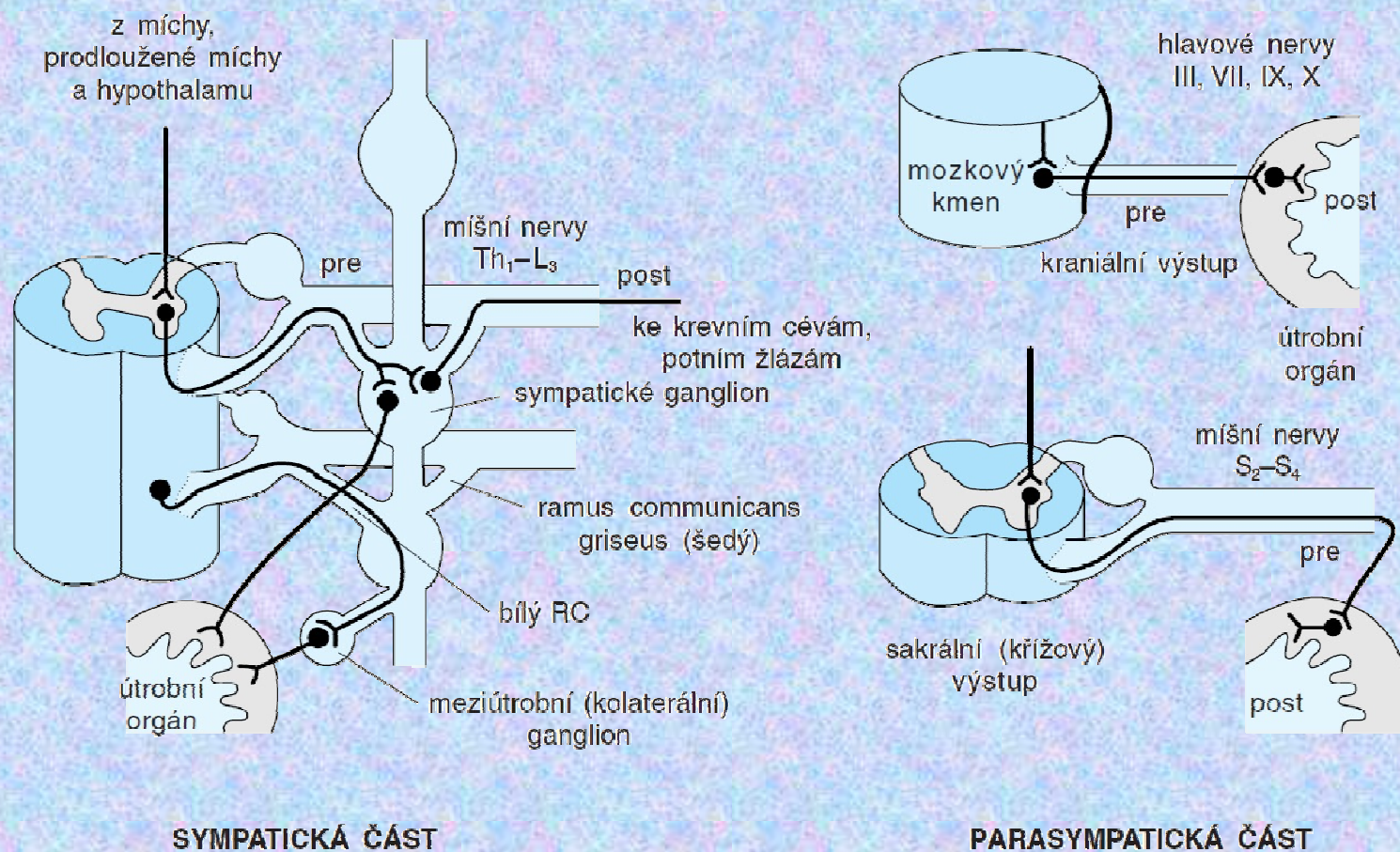
AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



Dřeň nadledvin

- Modifikované sympatické ganglion
- Stresové hormony vylučuje do krve

AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



Sympatický nervový systém

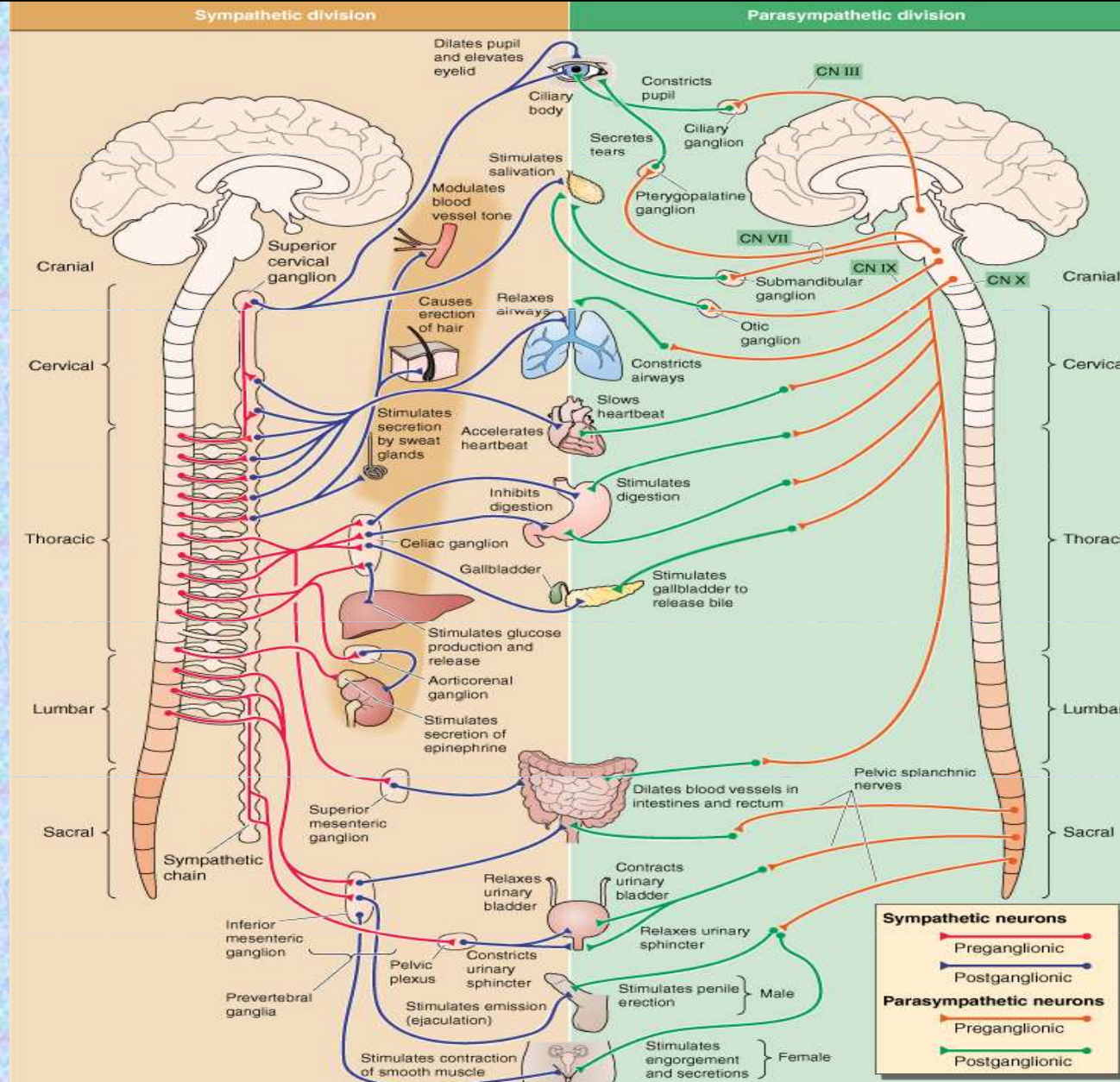
Reakce „Fight or flight“

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

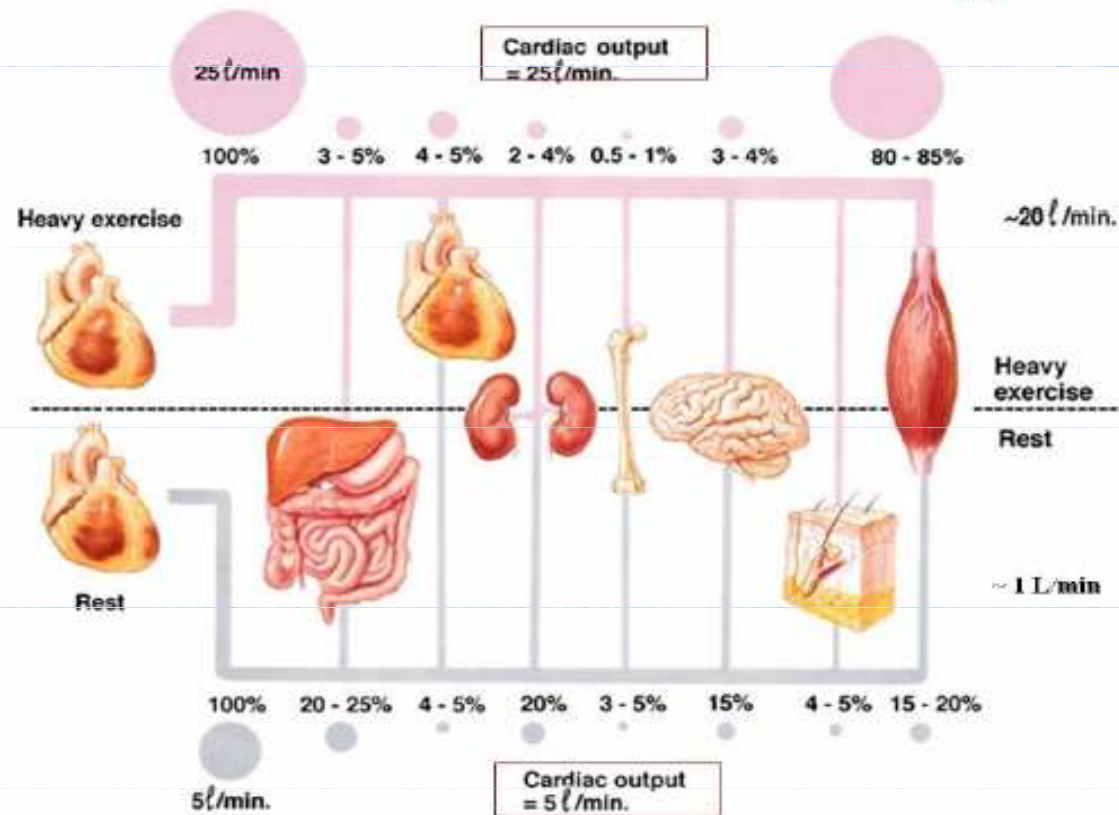
Většinou jen lokální efekt

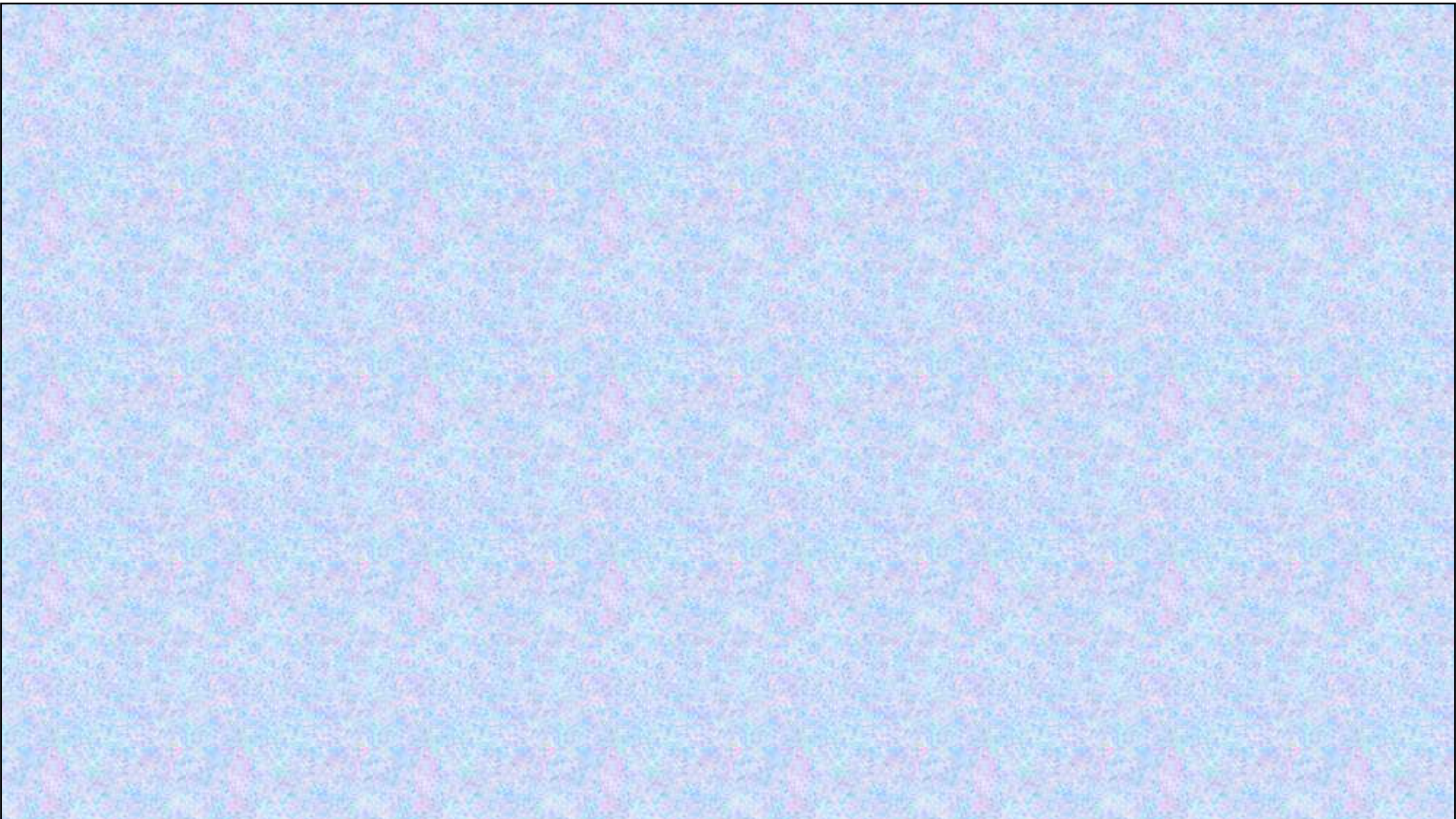
ANS inervuje

- 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

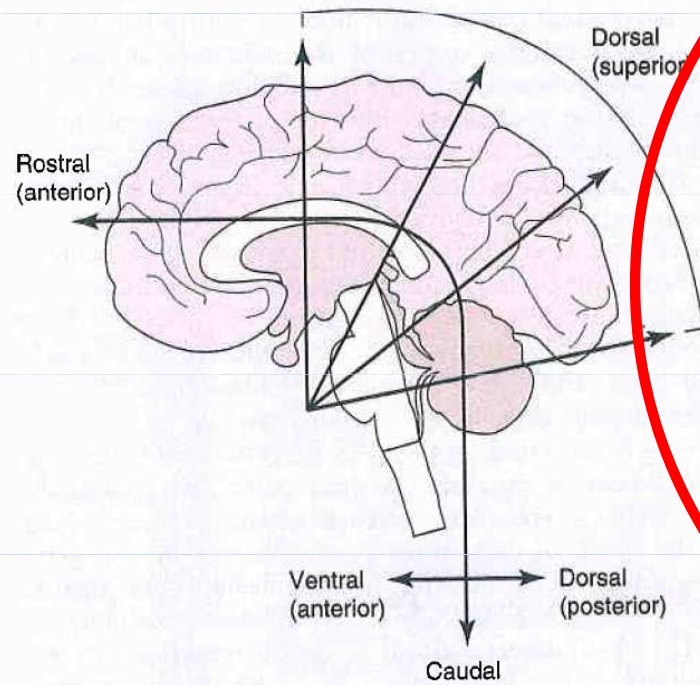
Redistribution of Blood Flow During Exercise



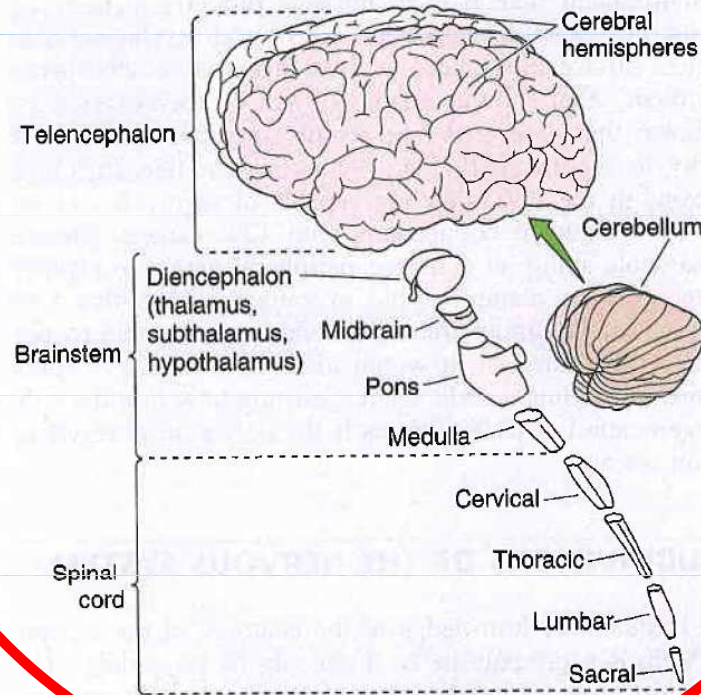


274 10 / Organization of the Nervous System

A AXES OF THE CNS

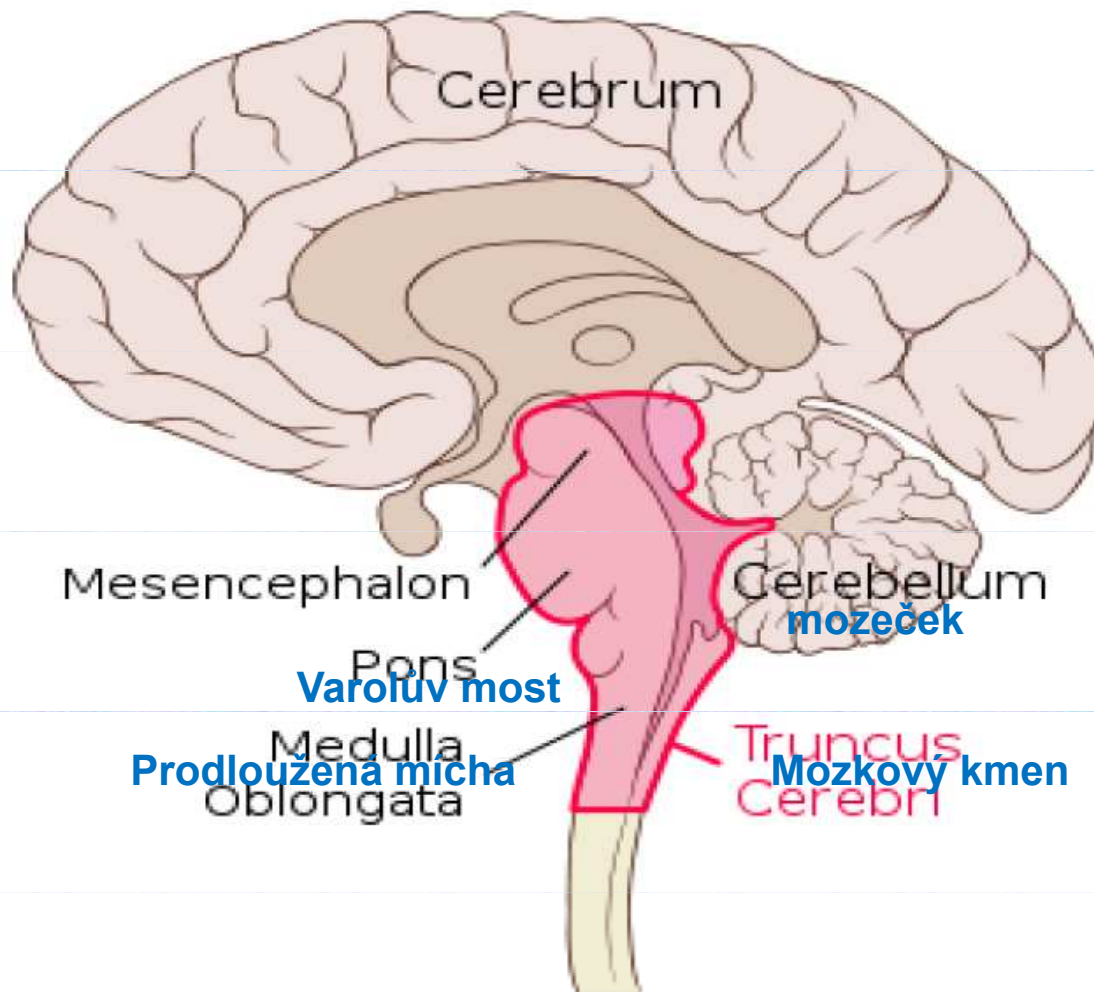


B MAJOR COMPONENTS OF THE CNS



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

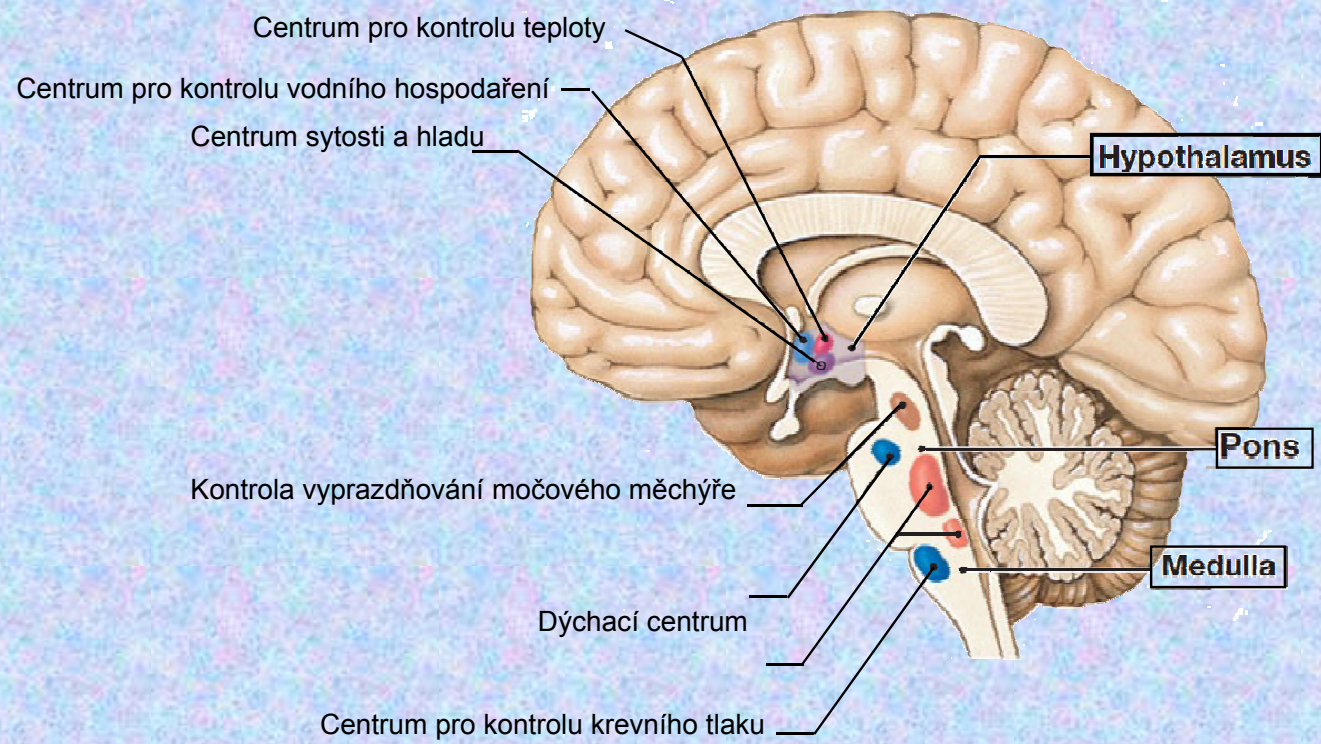
– vazomotorické centrum, kardiomotorické centrum

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

trávení

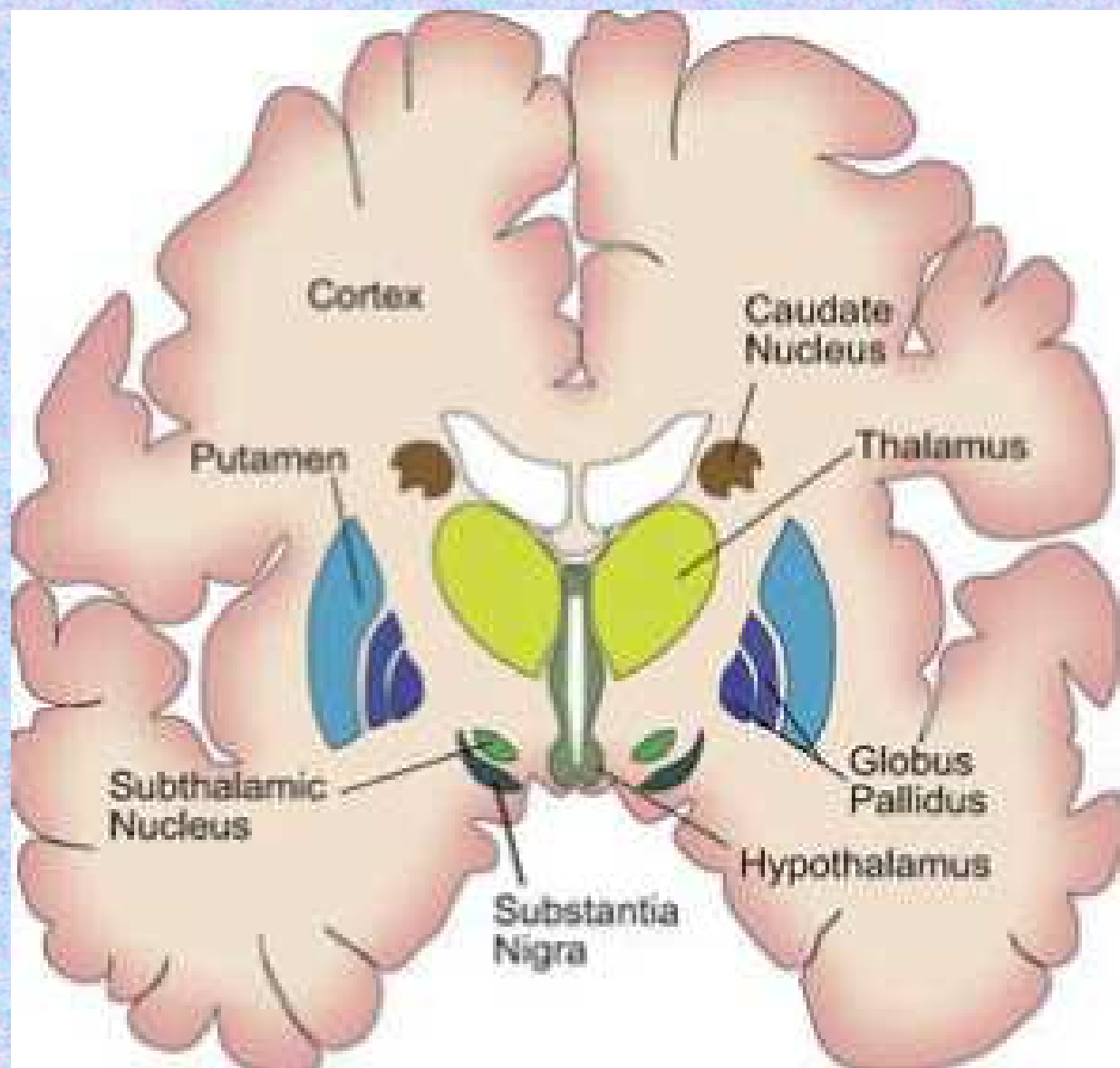
mikce (činnost močového měchýře)

- 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);

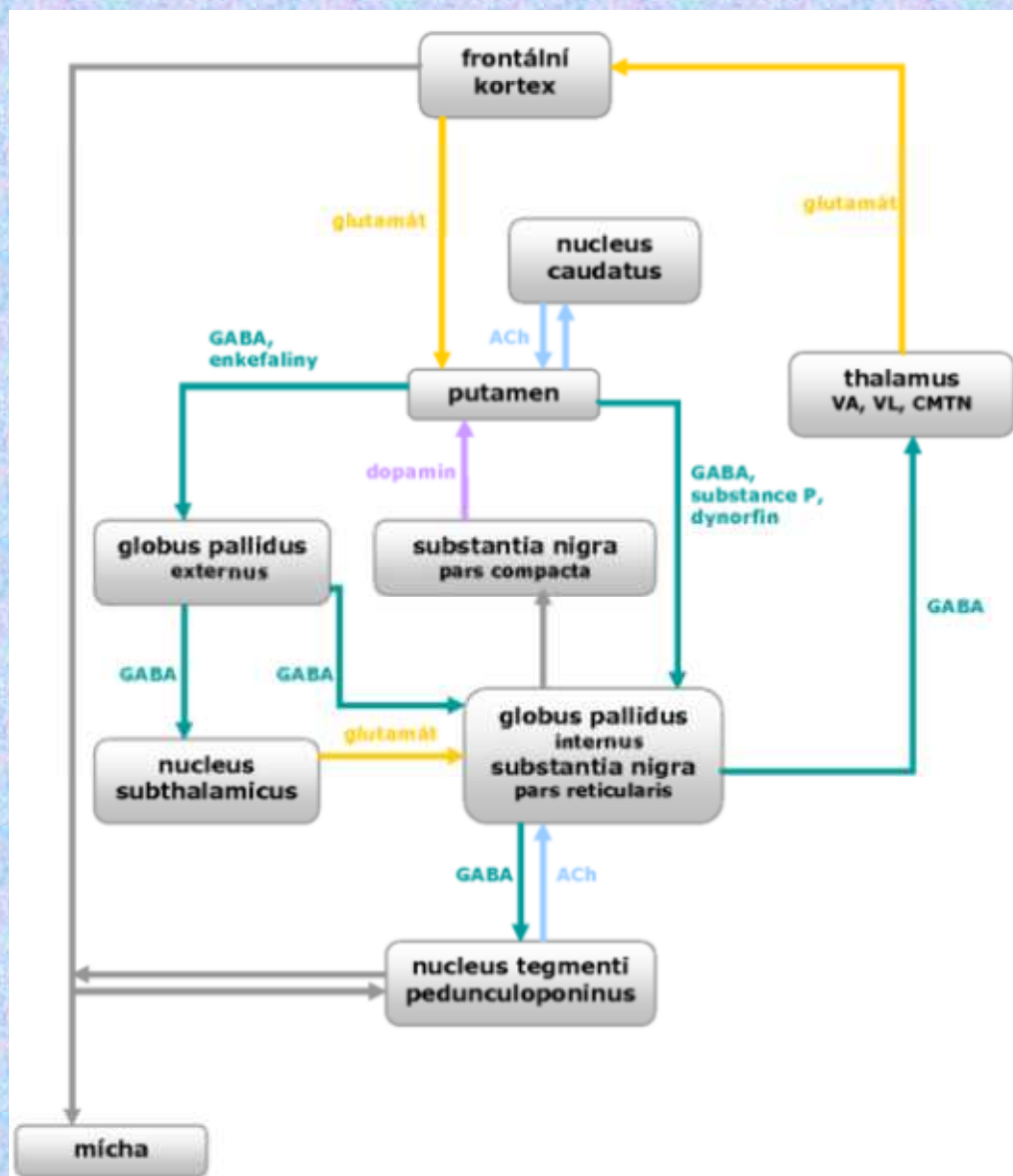
•vmezeřená (intrinsic) bazální ganglia:

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

Transmitery bazálních ganglií

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

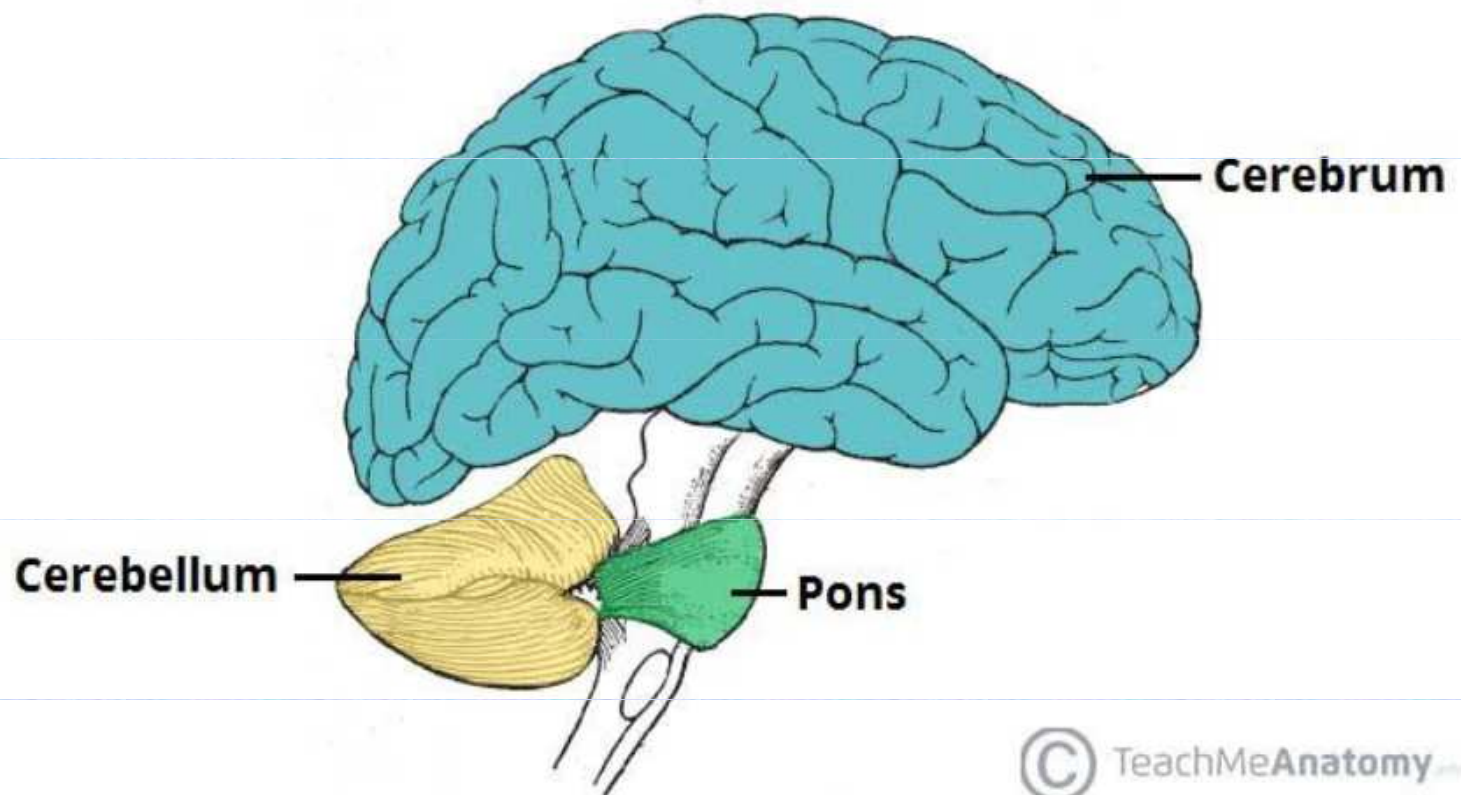
Bazální ganglia

Syndrom hypokineticko-hypertonický - Parkinson

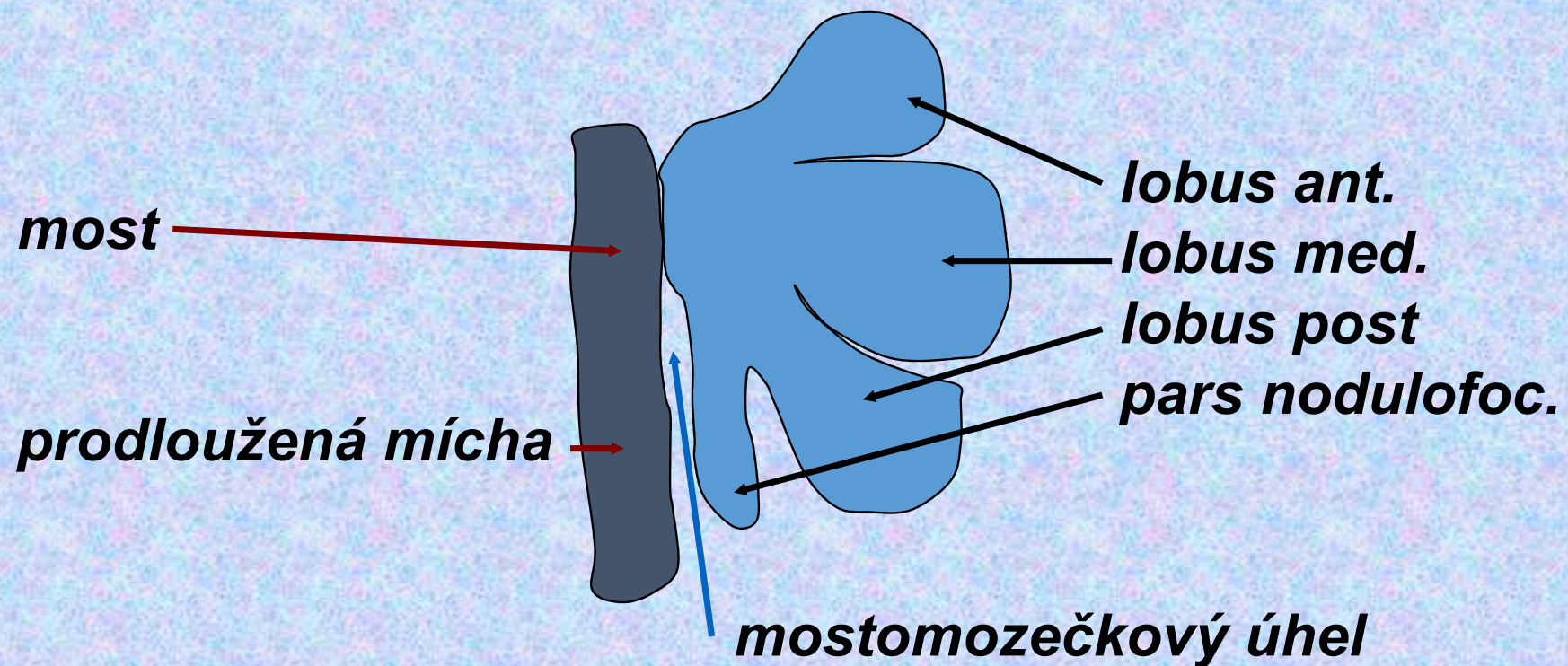
- ***bradykineze – zpomalené pohyby***
- ***mikrografie – malé písmo***
- ***chudá mimika***
- ***hrubý klidový třes***
- ***zvýšený svalový tonus***
- ***skrčené držení těla***

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)

