



Regenerace a rehabilitace ve sportu

NEURON

MOTORICKÉ DRÁHY A OKRUHY

POHYBOVÝ PROGRAM

MUDr. K. Kapounková, Ph.D.

Vznik, vývoj a zánik neuronů

genetická kontrola

- ▶ **Charakteristika** živé hmoty: v čase **vzniká, roste, vyvíjí se** a **zaniká**



zygota

Nervová buňka

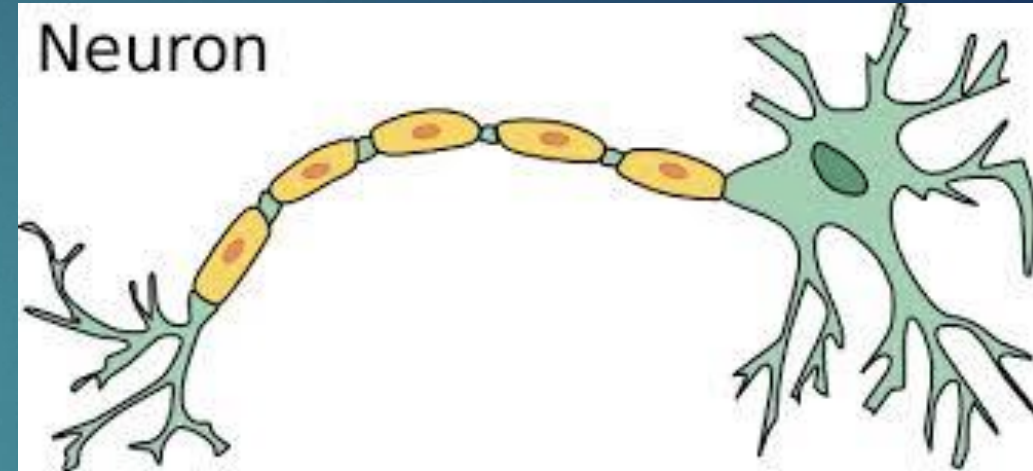
Postupná exprese genomu
zygoty

- ▶ **Realizace formou** morfologických a funkčních změn
- ▶ **Vše probíhá :**
 - v přesném pořadí
 - daném rozsahu
 - odpovídajícím čase
 - na příslušném místě
- ▶ Genom zygoty se přenáší do somatických buněk nezměněn
- ▶ Důležitou úlohu hrají **regulační geny**: spouští transkripci různých dalších genů pomocí **transkripčních faktorů**

Tvorba nervových buněk

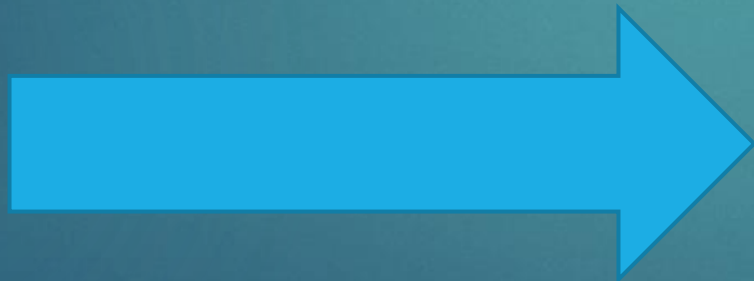
neurogeneze

- ▶ Nejintenzivnější – prenatální období
- ▶ Trvá celý život
- ▶ Určité fáze vývoje – strukturální a funkční změny
- ▶ Předchůdce neuronů = **neuroblasty**
- ▶ Zralé neurony = vysoce specializované buňky
- ▶ Ztráta schopnosti množení – **G0 fáze** buněčného cyklu
- ▶ Po vzniku – období diferenciaci a zrání



Vliv pohybu na neurogenezi

- ▶ hromadí se důkazy- příznivý vliv fyzické aktivity -zvýšené neurogenezi.
- ▶ Fyzická aktivita :
 - vyrovnává zmírnění s věkem souvisejících deficitů paměti (Kramer et al., 1999)
 - zpožďuje nástup neurodegenerativních onemocnění (Friedland et al., 2001)
 - zlepšuje zotavení po poranění mozku (Bohannon, 1993)
 - má příznivý vliv na depresi (Babyak et al., 2000)

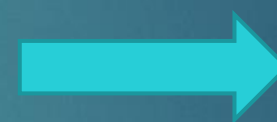


Dospělé neurony se nemohou dělit ale existuje určitá možnost jejich regenerace
(v dospělém mozku objeveny speciální kmenové buňky)

vyvíjejících se neuronů



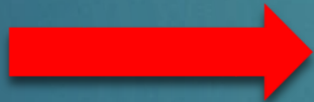
Vysílání výběžků



neuronová síť

- Některé neurony po vzniku **migrují** (podíl na tom podpůrné bb – velká neznámá)

neuronová síť



„ hrubá stavba“

proces učení

„ konečná stavba „

- Rozvíjející se mozek – nutné stimuly, činnost, podněty - nová synaptická propojení (funkční)

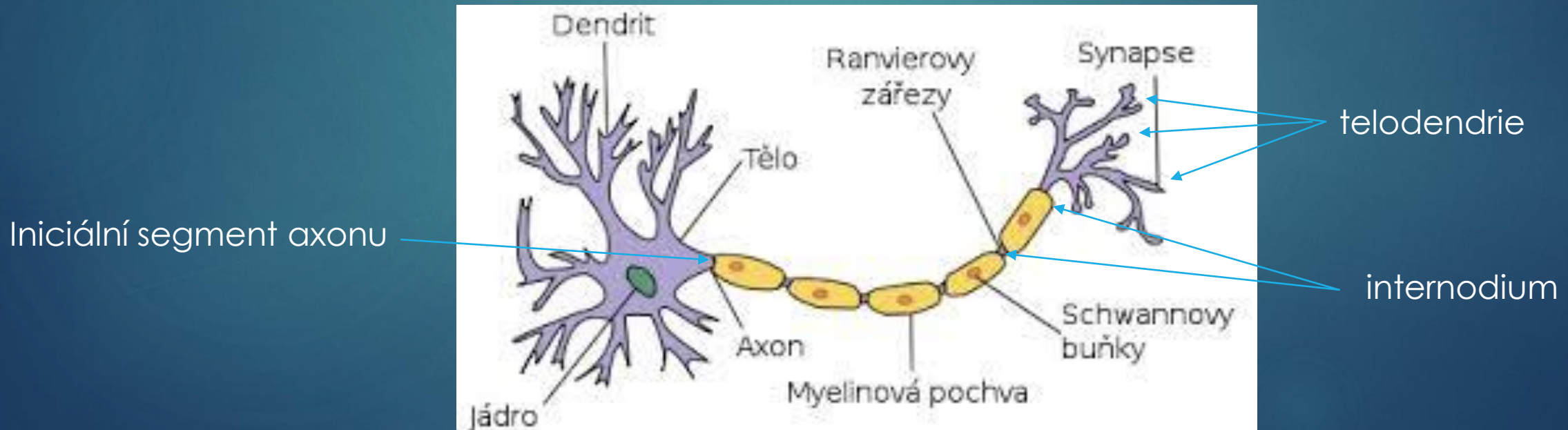
Kritická období vývoje

- ▶ Procesy , kterými se NS učí - mnoho



Stavba a funkce neuronu

- ▶ NS – základní stavební jednotka – **neuron**
- ▶ Vysoce specializované bb., celkový počet v řádu trilionů (10^{12})
- ▶ Základní funkce : příjem, vedení, přenos a zpracování informací
- ▶ Vysoká látková přeměna – metabolismus (zdroj glukóza, přísun kyslíku)
- ▶ Neuron obsahuje všechny typické organely



Rychlost vedení nervovými vlákny

▶ Vlákna typu A

myelinizovaná, nejrychlejší

A α – rychlost vedení 70 – 120 m/s : hluboké čítí a motorika

A β – rychlost 30 – 70 m/s: informace senzitivní o dotyku a tlaku

A γ – rychlost 15 – 30 m/s: γ motoneurony (svalová vřeténka)

A δ – rychlost 12 – 30 m/s: senzitivní informace o chladu, dotyku a bolesti

▶ Vlákna typu B

myelinizovaná, výběžky pregangliových autonomních neuronů, 3 – 15 m/s

▶ Vlákna typu C

nemyelinizovaná, rychlost nepřesahuje 2m/s, postgangliová autonomní vlákna a senzitivní vlákna (bolest a termické čítí)

Wallerova degenerace x Wallerova regenerace

Dělení neuronů z funkčního hlediska

- ▶ **Aferentní (dostředivé) neurony**

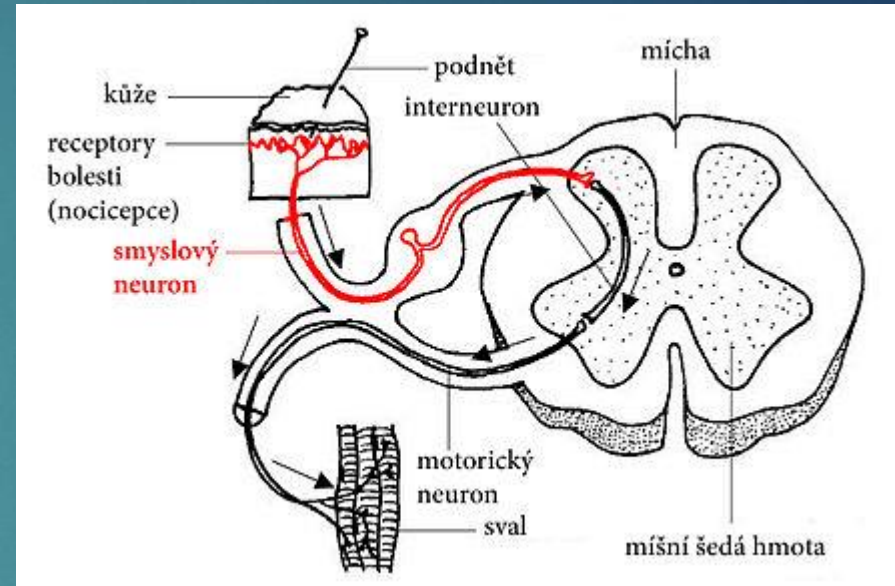
Senzitivní a viscerosenzitivní neurony

- ▶ **Eferentní (odstředivé) neurony**

Motorické a visceromotorické neurony, sekreční neurony

- ▶ **Interneurony**

Propojovací, integrační, asociační a regulační funkce. V mozku, míše nervových uzlinách



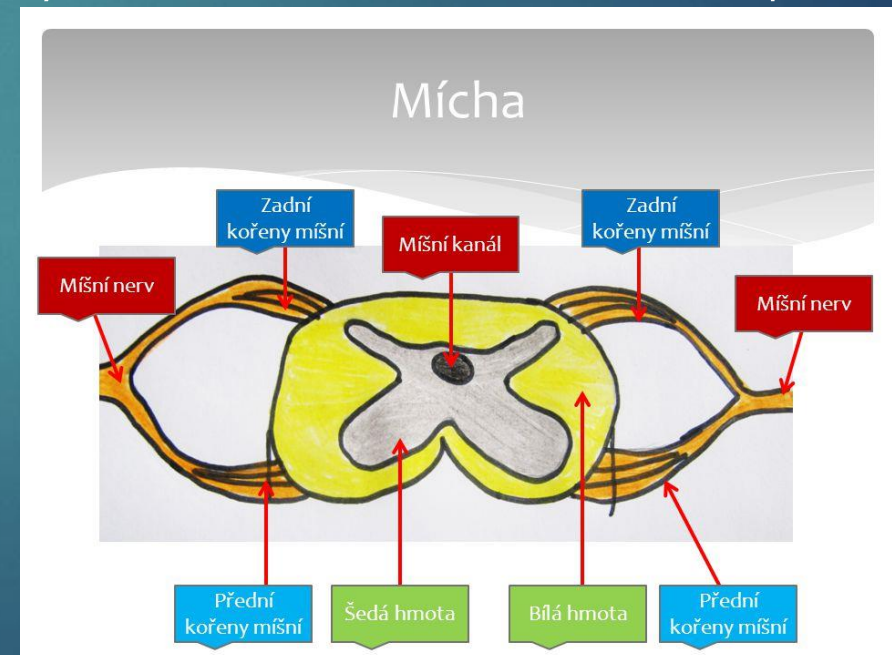
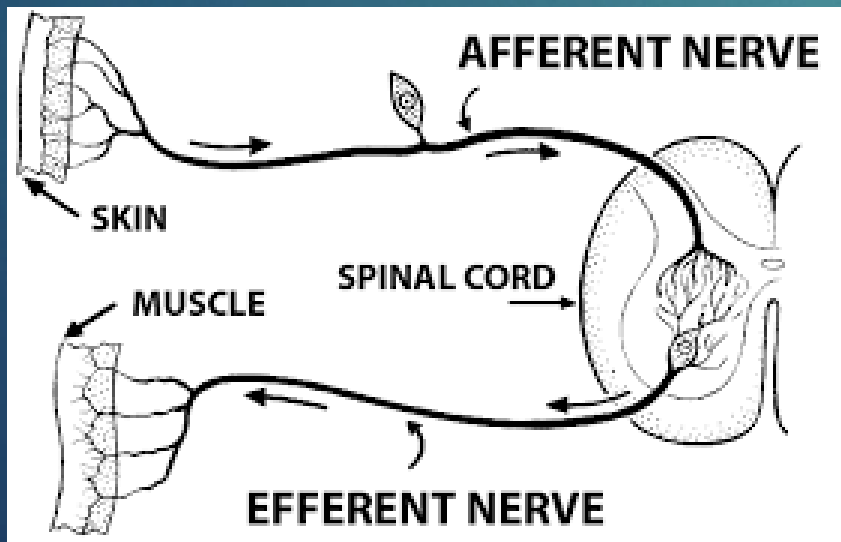
Motorické neurony

- ▶ Zajišťují pohyb (motoriku – hybnost), informace prostřednictvím **motorických drah** k příčně pruhovaným svalům
- ▶ Jsou **eferentní**

Korové motoneurony: v mozkové kůře čelního laloku, povely k volní činnosti

Alfa-motoneurony : přední rohy míšní, prostřednictvím nervosvalových plotének spojeny s extrafuzálními vlákny kosterních svalů, řízení pohybu svalů

Gamma-motoneurony: inervace intrafuzálních svalových větének, řídí délku a napětí těchto proprioreceptorů, optimalizují činnost svalů

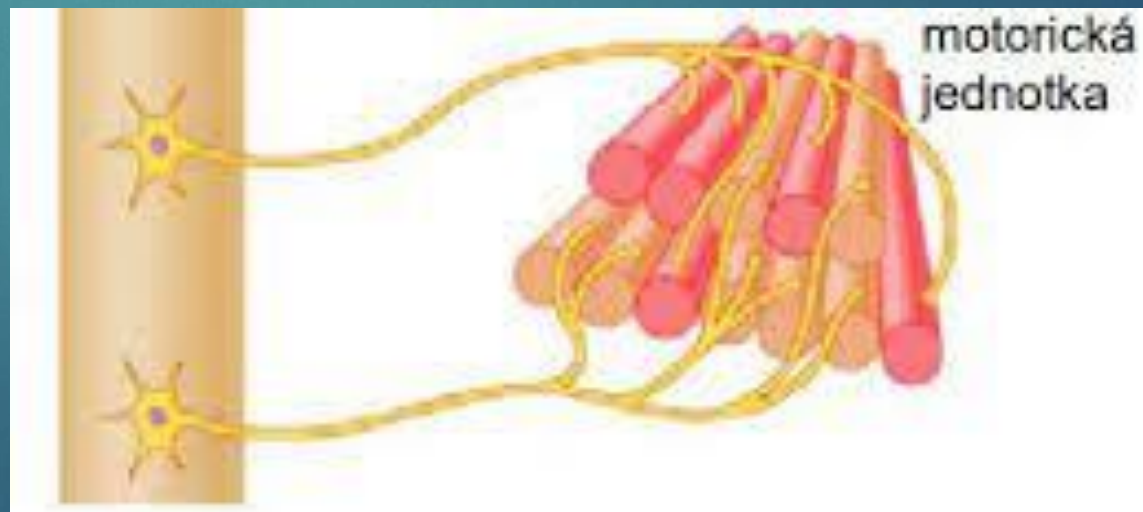


Motorické neurony

Motorická jednotka = motoneuron + všechna příčně pruhovaná svalovina kterou inervuje

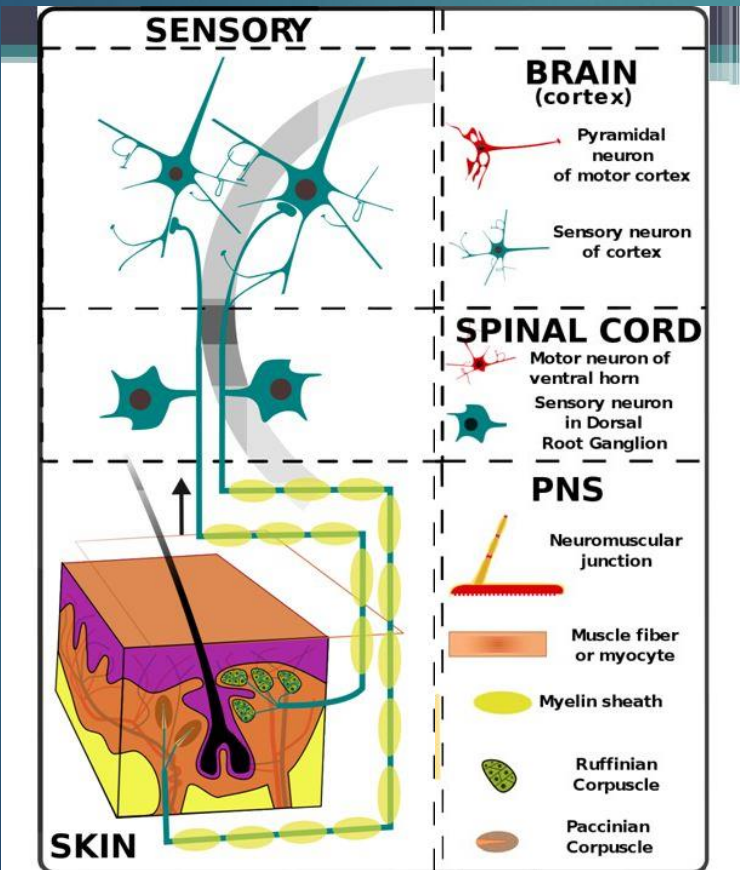
Malá motorická jednotka
U svalů zajišťujících jemné pohyby (okohybné svaly, svaly hlasivek)
3-8 vláken

velká motorická jednotka
Svaly vykonávající hrubé pohyby (svaly zad, stehna)
1500-2000 vláken



Senzitivní neurony

- ▶ Informace z periferie (receptory v kůži), smyslových orgánů, ...
- ▶ Aferentní neurony
- ▶ Informace zrakové, sluchové, čichové a chuťové – senzorycké neurony
- ▶ Těla neuronů uložena mimo CNS – v senzitivních nervových uzlinách – gangliích



Senzitivní neurony

- ▶ Specializované bb ve smyslových orgánech – **receptorové bb** – schopné zachytit různé formy podnětů (teplo, chlad, světlo, tlak, vibrace (a převést do elektrické řeči neuronů = **transdukce**, pak tato informace je dále vedena = **transmise** a třetí děj který se děje je **modulace** = soubor dějů, kdy dojde ke změně funkce receptorových buněk (zvyšuje se nebo snižuje citlivost smyslů)



- ▶ **Nociceptory** = senzitivní neurony schopné rozpoznat reálně nebo potencionálně poškozující podnět (drážděny mechanicky, chemicky i tepelně), info do CNS = počítetek **bolest**. Mozkové analgetické systémy

Vegetativní neurony

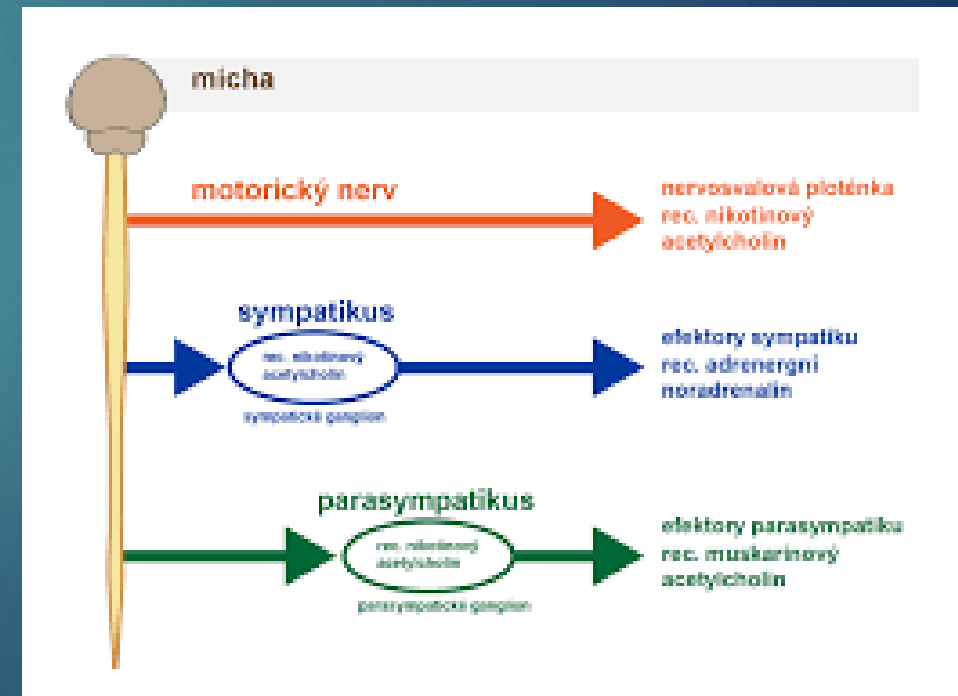
- ▶ Vůlí neřídíme
- ▶ Mohou být **eferentní** (odstředivé):
 - 1, **sekreční vegetativní neurony** (řídí produkci žláz – sliny, pankreatické šťávy,..)
 - 2, **visceromotorické** vegetativní neurony (ovládají činnost hladké a srdeční svaloviny)

i **aferentní** (dostředivé):

- 1, **viscerosenzitivní neurony**

- ▶ Z funkčního hlediska existuje jiné dělení:

- 1, neurony sympatiku
- 2, neurony parasymptatiku
- 3, neurony enterického nervového systému



Zrcadlové neurony

- ▶ Teprve nedávno objevený typ neuronů
- ▶ **V mozkové kůře**
- ▶ Aktivace pozorováním jiného člověka
- ▶ **Různé typy** – selektivně pouze při přípravě, v průběhu činnosti nebo výhradně na konci, existují ale i ty které se aktivují po celou dobu činnosti
- ▶ **Vytváří celé systémy**
- ▶ Do činnosti zasahují i **paměťové stopy**
- ▶ **Význam pro učení a trénink** (sport, hudební nástroj)
- ▶ Při pasivním pozorování činnosti jiného je náš mozek mnohem aktivnější než se předpokládalo
- ▶ **Činnost probíhá automaticky**, bez našeho vědomí

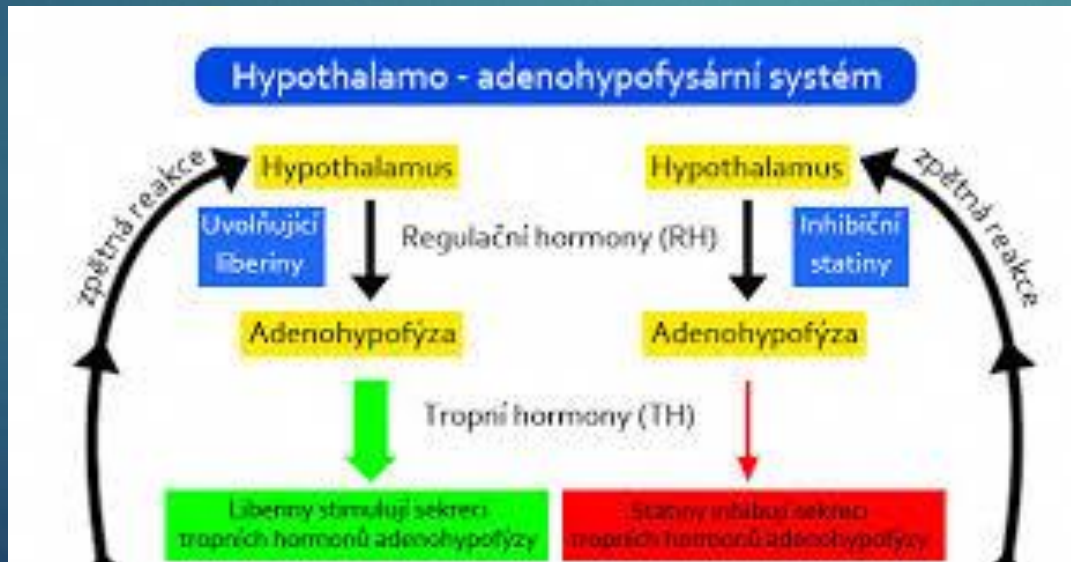
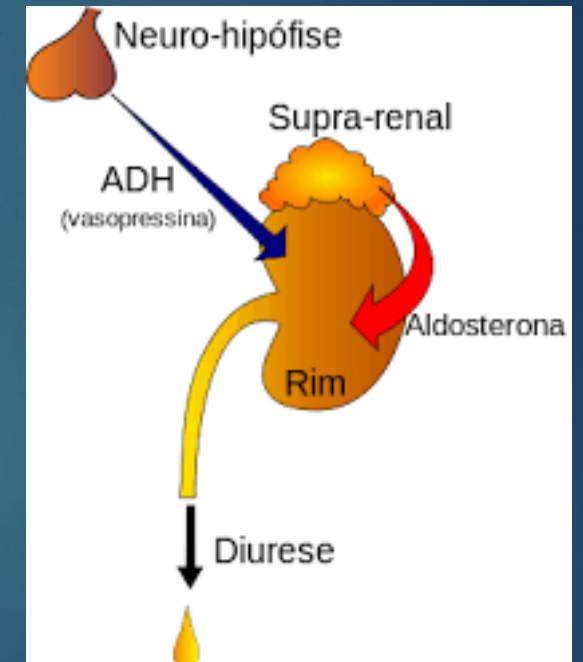


Neurokrinie

Neurony produkují řadu chemických látek

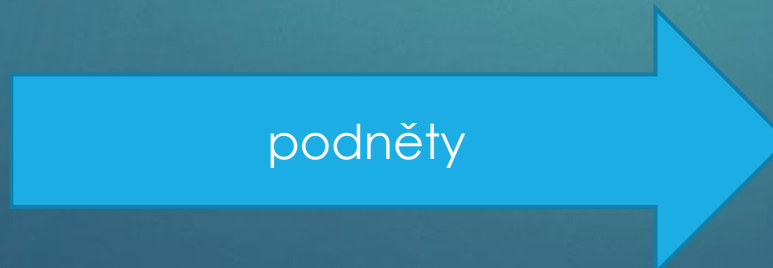
- mediátory uvolňované do synaptických štěrbin
- látky, které jdou přímo do krve- hormonální povahy = NEUROKRINIE

ADH
Oxytoxin
Regulační hormony hypotalamu : liberiny a statiny



Neuronální síť

- ▶ Neuron zapojení řádově až v tisících synapsích
- ▶ Přenos informací – synaptická transmise = **neurotransmise**
- ▶ **Neurotransmise** = aktivní, časově omezený, jednosměrný, nevratný proces
- ▶ Synapse:
 - a, **elektrické** – těsné spojení dvou buněk, přenos akčního potenciálu prostřednictvím konexonů = membránové struktury (srdce)
 - b, **chemické** – prostřednictvím molekul chemických látek – neuromediátorů (NS)



Dělení synapsí

► Interneuronové

- mezi dvěma neurony
- axo- dendritická, axo-somatická, axo-axonální spojení

presynaptický



postsynaptický

► Neuroreceptorové

- Ve smyslových orgánech

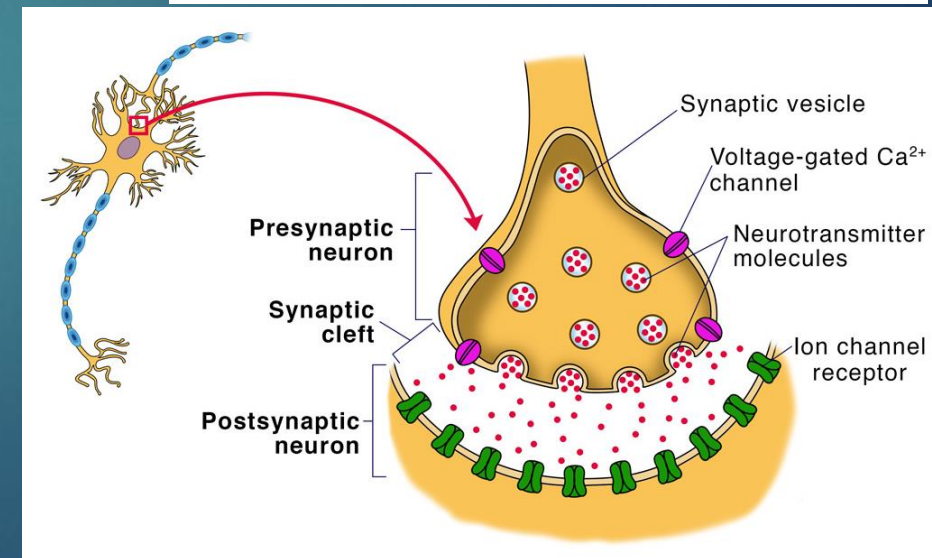
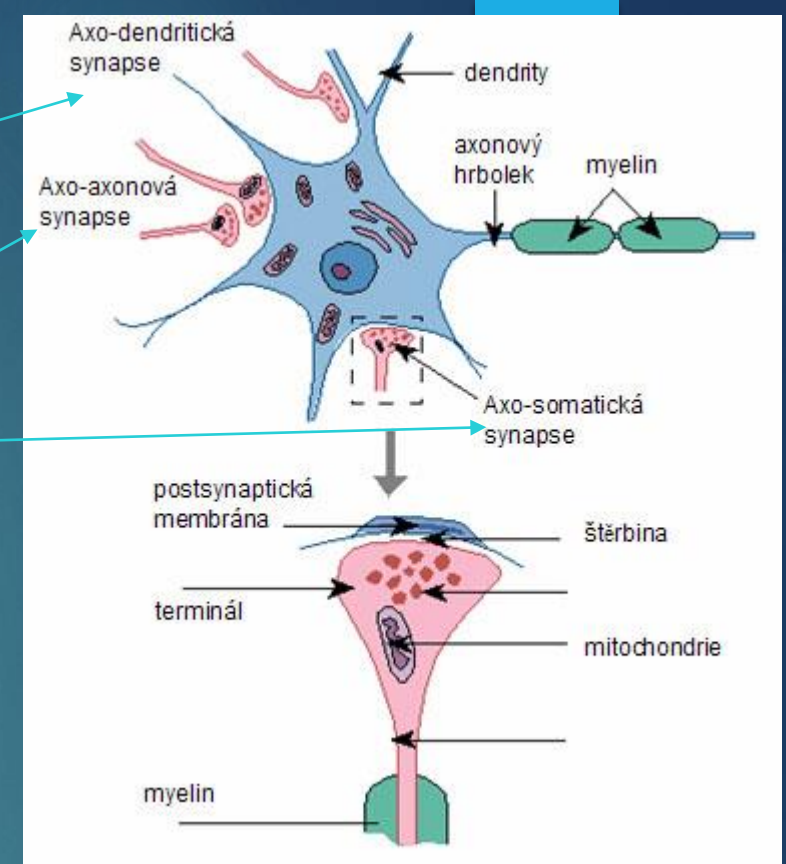
Senzorická b.



Senzitivní neuron

► Neuroefektorové

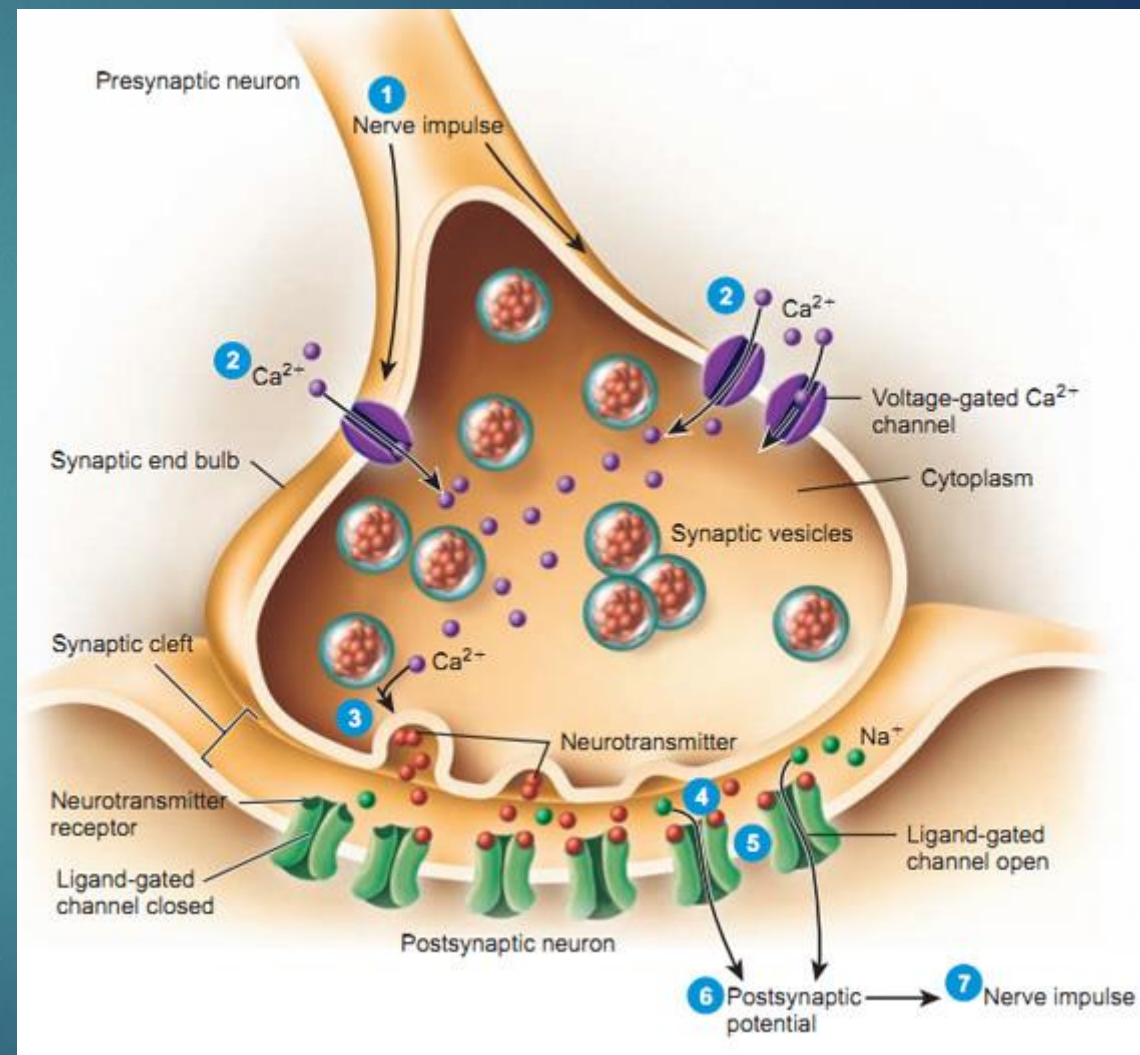
- Axon a efektorová buňka



Neuromediátory

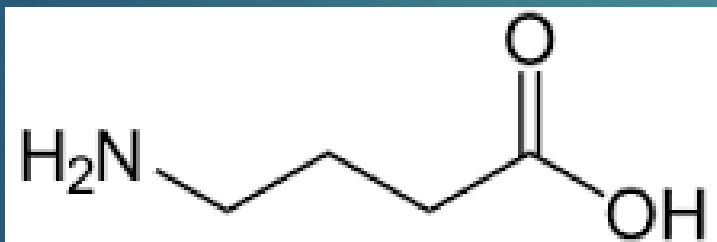
Účinek: **inhibiční** nebo **excitační**

- ▶ **Akční potenciál**
- ▶ Vezikuly s mediátorem do synaptické štěrbin
- ▶ Reakce s membránovými receptory na postsynaptické membráně
- ▶ Popsáno **několik desítek mediátorů**
- ▶ **Existují transmittery, které mohou reagovat s více receptory - vyvolají různé účinky**
- ▶ Nervová buňka tvoří obvykle jen jeden mediátor
- ▶ Chemické složení : organická i anorganická látka

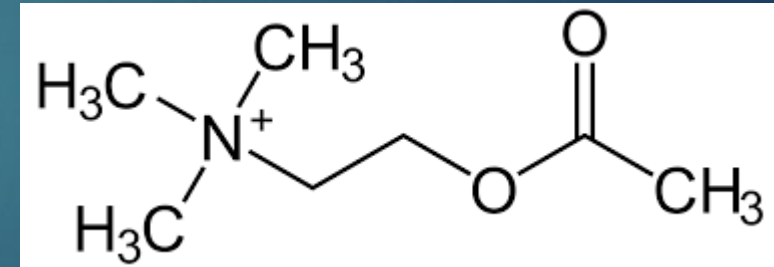
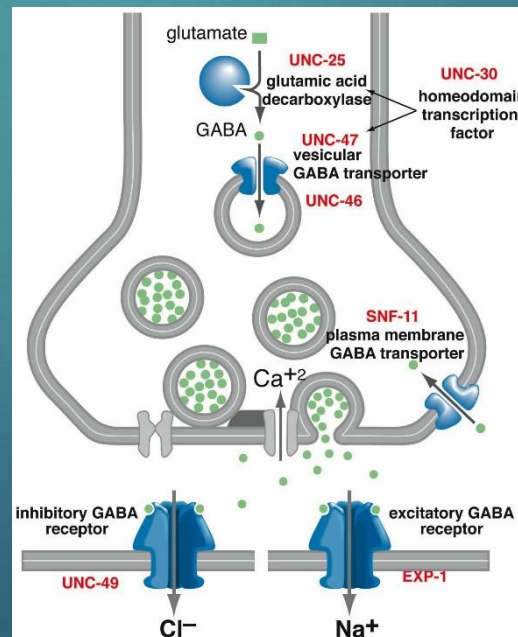


Dělení podle chemického složení

- ▶ **Biogenní aminy:** dopamin, NA, A, histamin, serotonin, tryptamin, taurin
- ▶ **Aminokyseliny:** GABA, kyselina asparágová, kyselina glutamová, glycin
- ▶ **Neuropeptidy:** některé zastávají i roli hormonů (v krvi jako hormony, na synapsích jako mediátory), endorfiny, enkefaliny, dynorfiny, statiny, liberiny, oxytocin, vasopresin (ADH), neurotensin, sekretin, motilin
- ▶ **Mediátory s jinou chemickou strukturou:** acetylcholin, adenosin, oxid dusnatý, prostaglandiny



GABA

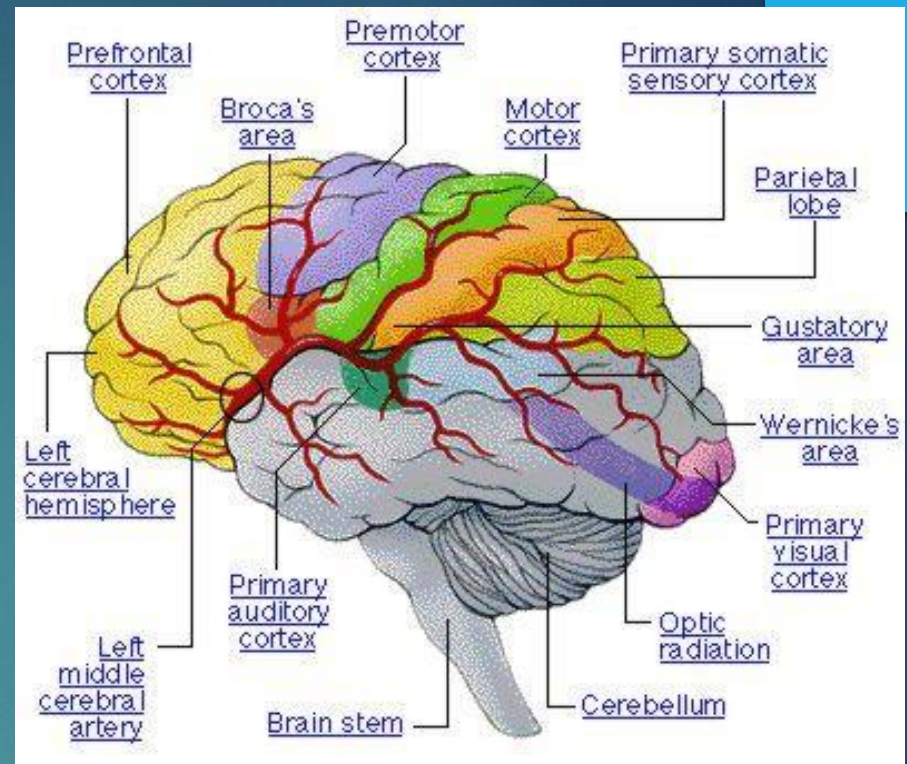


acetylcholin

- ▶ Lidské tělo = jeden stavební a funkční celek
- ▶ Rozdělováno na 2 části :

- somatickou (tělesnou)
- viscerální (orgánovou)

- ▶ **Soma** : kůže, podkoží a pohybový aparát (kosti, klouby a svaly)
- ▶ **Viscera** : orgány chráněné somatickou schránkou (patří k nim také cévy)



Řídící systém – také rozdělen na dva : somatický a autonomní NS

Somatický a autonomní NS



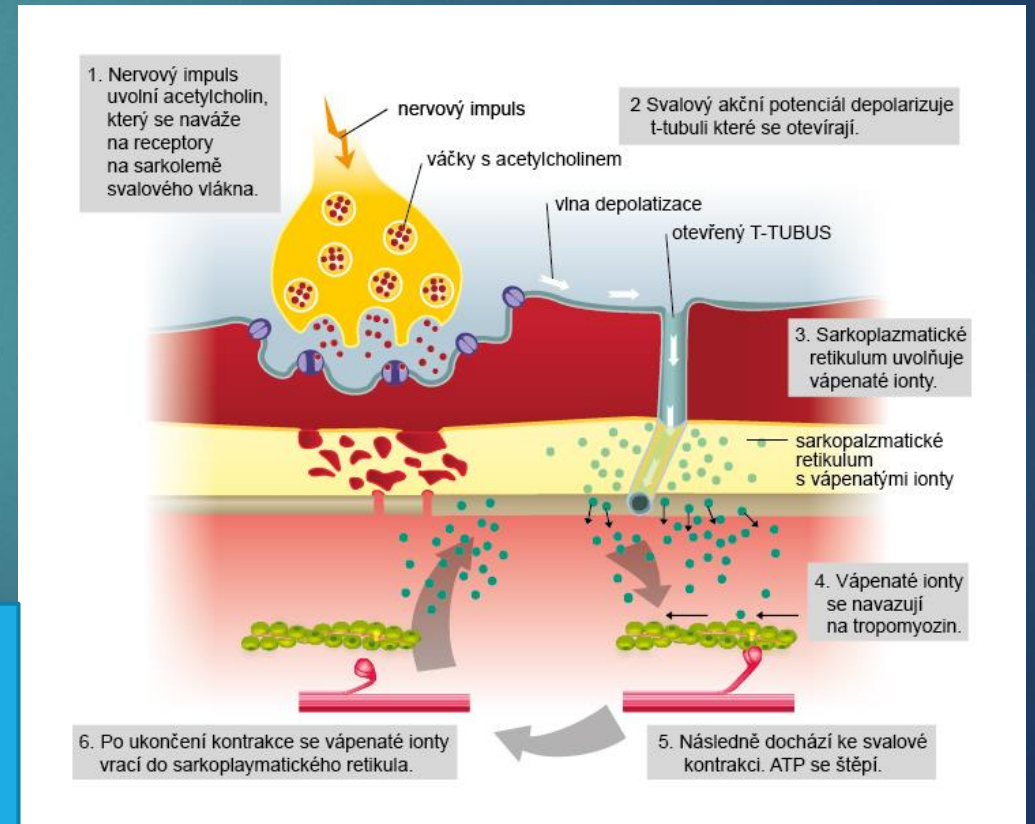
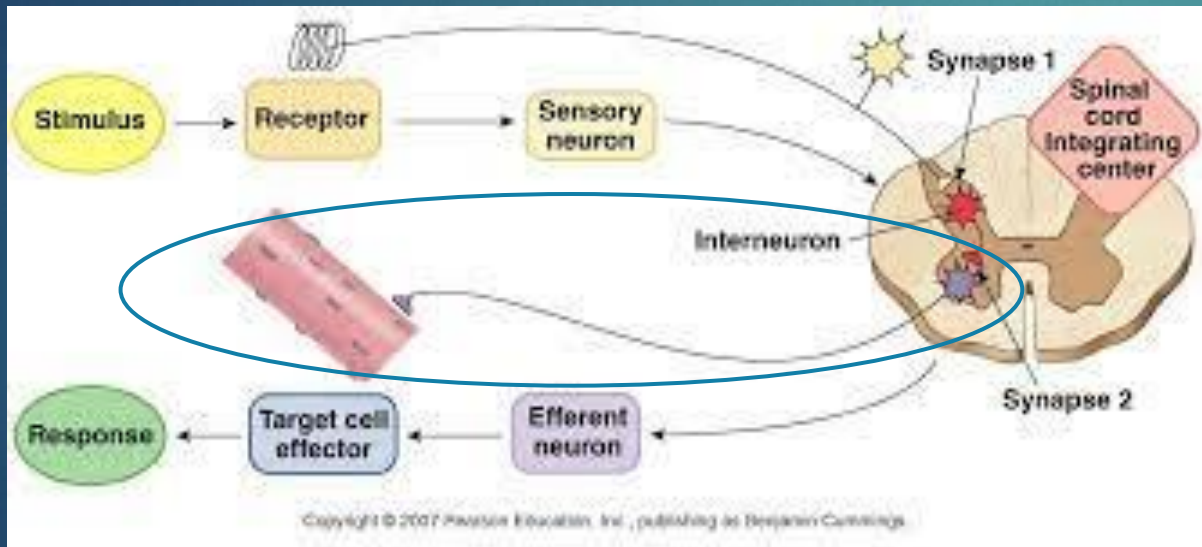
Oba mají:

- ▶ Složku hybnou – motorickou – řídí útrobní a kosterní svalovinu (efektory)
- ▶ Složku cítící – senzitivní (začínající receptory)

CNS řídí pomocí nervových vláken pouze svalovinu !!!!!

Somatický NS – hybný (odstředivá vlákna)

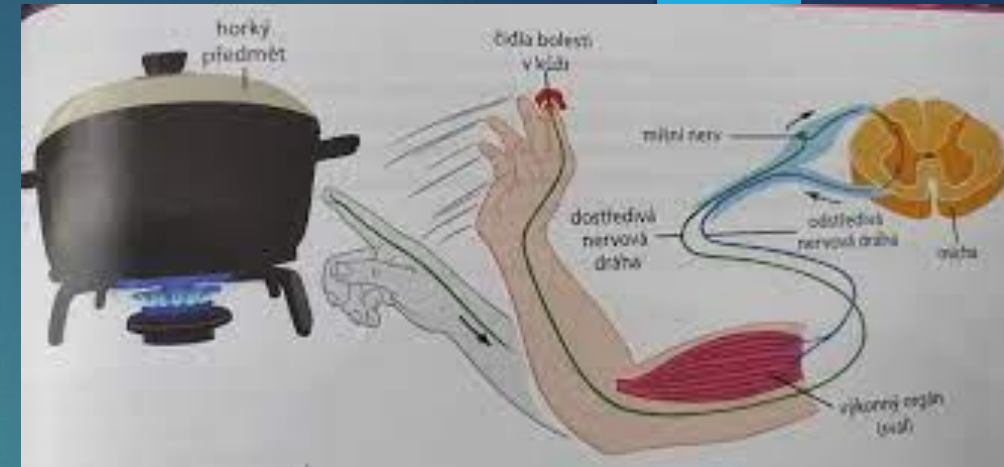
- ▶ Somatická **motorická vlákna** opouští CNS :
 - **hlavové nervy** (z mozku- cerebrum, prodloužené míchy – medulla oblongata)
 - **míšní nervy** (v průběhu celé páteře)



Nervosvalová ploténka (povrch svalových vláken)- kontrakce svalů

Somatický NS – senzitivní (dostředivá)

- ▶ vlákna – začínají v **receptorech**- informace do CNS
RECEPTORY – zdrojem informace



Nejvýznamnější čidla jsou v kůži, ve svalech a kloubech

- ▶ **Svaly** : svalové vřeténko a šlachové (Golgiho) tělísko
sv. vřeténko – více druhů , registrují **délku svalových vláken**
Golgiho tělísko – **registruje sílu** na přechodu mezi svalovým bříškem a šlachou a reflexy odtud brání mechanickému poškození svalu
- ▶ **Klouby** : rozloženy nerovnoměrně (4 druhy)- 2 registrují **polohu kloubu**, 2 **registrují pohyb**

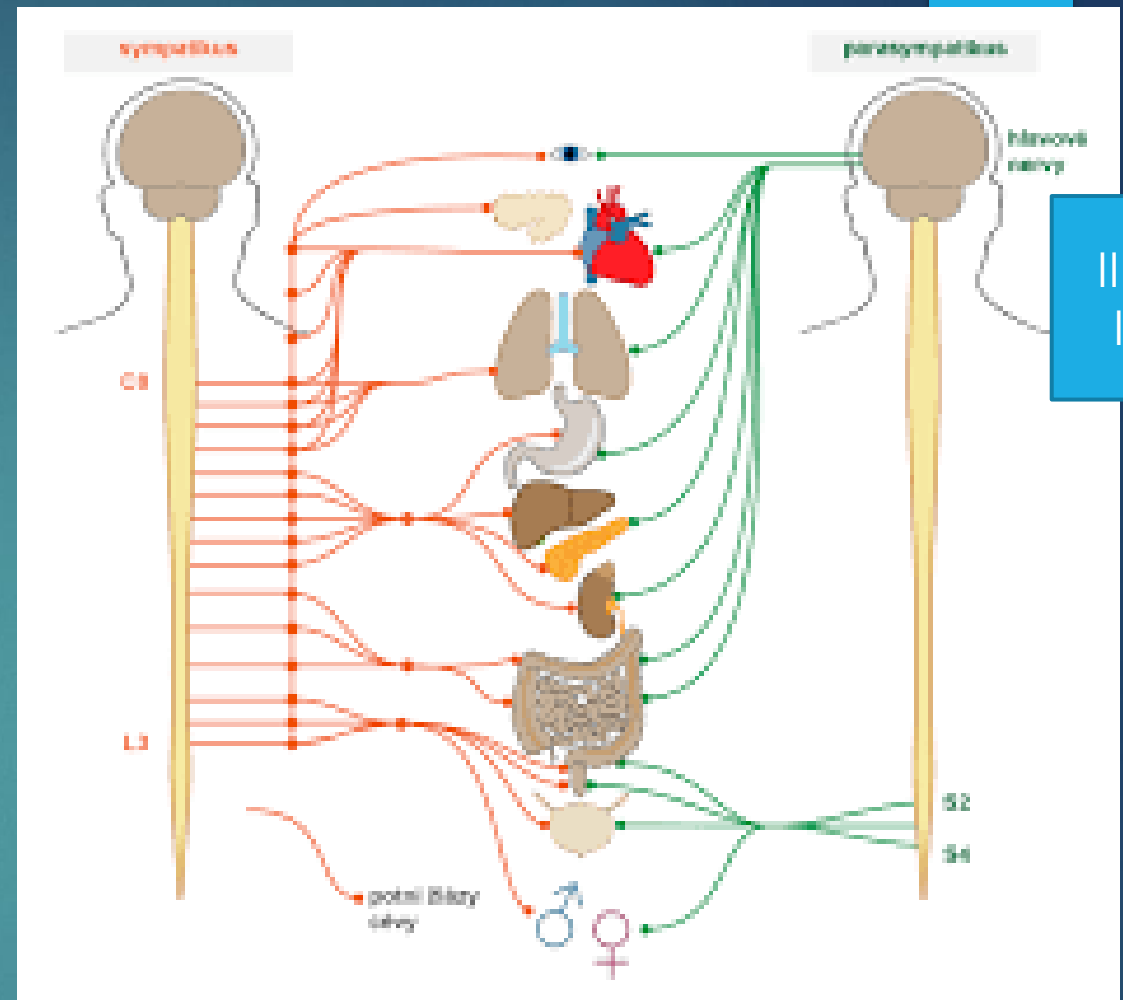
Informace z těchto receptorů dávají: vnímání polohy, pohybu, svalové síly
Polohocit, pohybocit a silocit

Viscerální NS

- ▶ Rozdělen na část **sympatickou** a **parasymphatickou**

sympatikus : v míše (Th 1 –L3)

parasympatikus : 2 části(mozkový kmen, křížová oblast míchy S2-4)



III., VII.,
IX., X.

Pro praxi je důležité :

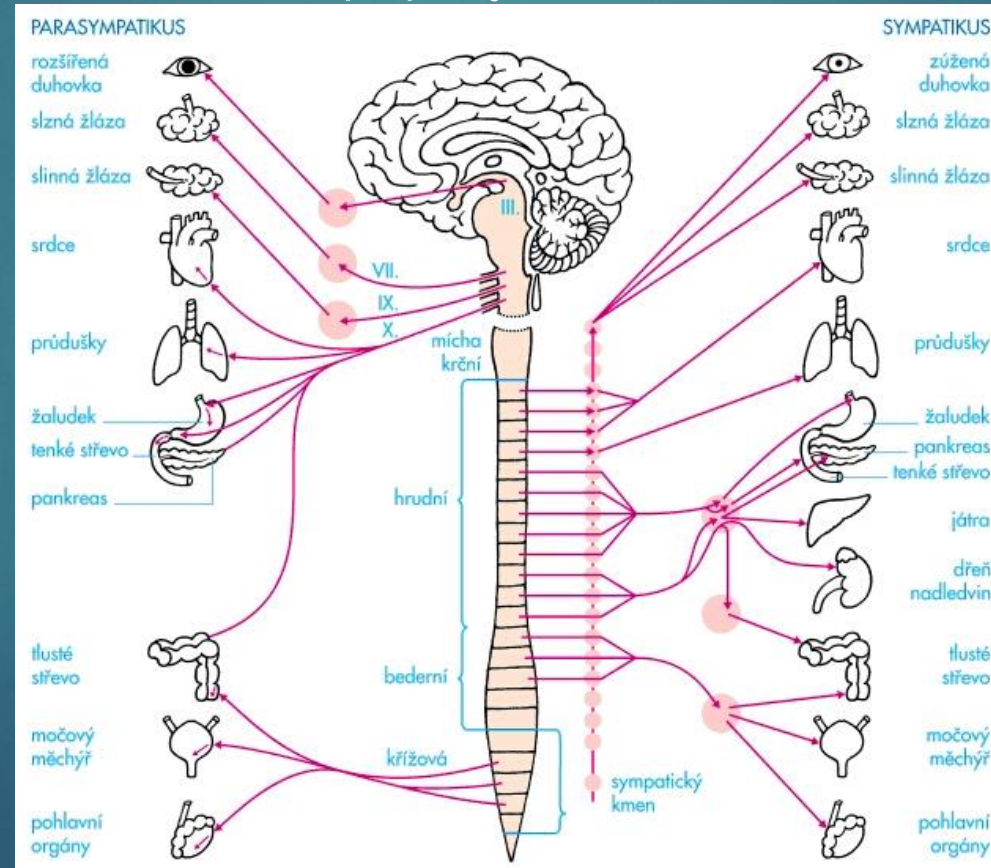
do končetin vstupuje jen **sympatická inervace** – šíří se po povrchu tepen, ovlivňuje prokrvení.

HKK – hrudní mícha (Th 2-7)

DKK- přechod hrudní a bederní míchy (Th10-L2)

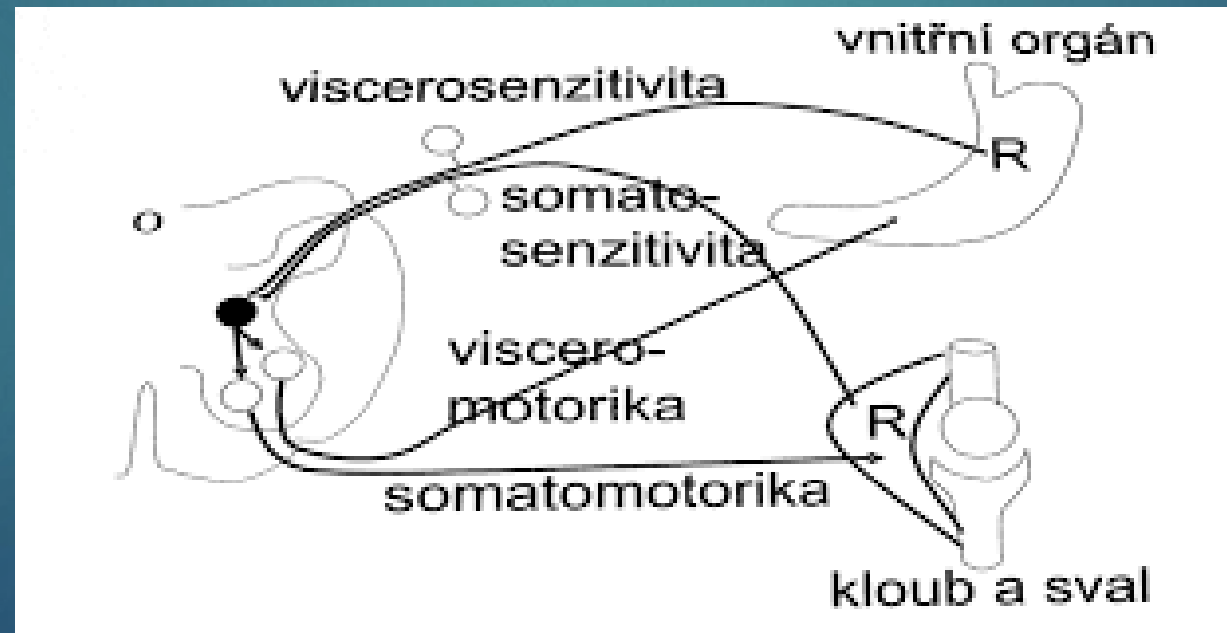
Viscerální NS

- ▶ **motorická vlákna** : šíří se do těla jinudy než somatická motorická vlákna, **v cestě mají navíc uzliny** (ganglia)
- ▶ **senzitivní vlákna** začínají receptory (uloženy v orgánech, včetně cév), sledují tělesné funkce (SF, TK,..) a různé hodnoty týkající se metabolismu (koncentrace CO_2, O_2)



Nervové propojení somatické a viscerální oblasti

- ▶ Propojené prostřednictvím nervových vláken uvnitř CNS, rozhodující pro toto propojení jsou **interneurony** – končí zde oboje senzitivní vlákna
- ▶ **Sítě interneuronů** zpracovávají informace a přepojují na motoriku (somatickou i viscerální)
- ▶ V rehabilitaci se hovoří o **viscero-vertebrálních** a **vertebro-viscerálních vztazích**



viscero-
vertebrální vztah

vertebro-
viscerální vztah

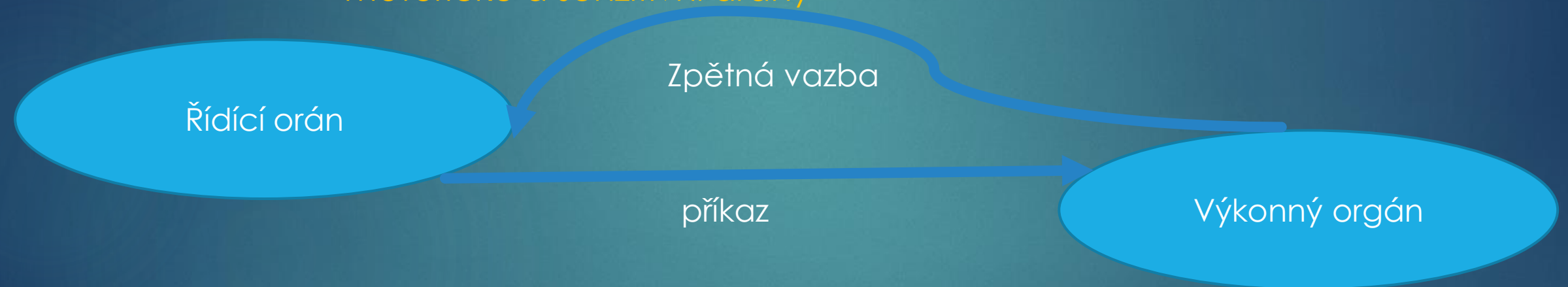
Řízení pohybu

Dvě složky: 1, **vydávání pokynů** (motorická vlákna končící u efektoru)

2, **zpětná vazba** (příjem informací v jakém stavu jsou orgány jak jsou splněné příkazy)

Na řízení se podílí : **CNS** (korová a podkorová centra, mozeček, mícha)

motorické a senzitivní dráhy



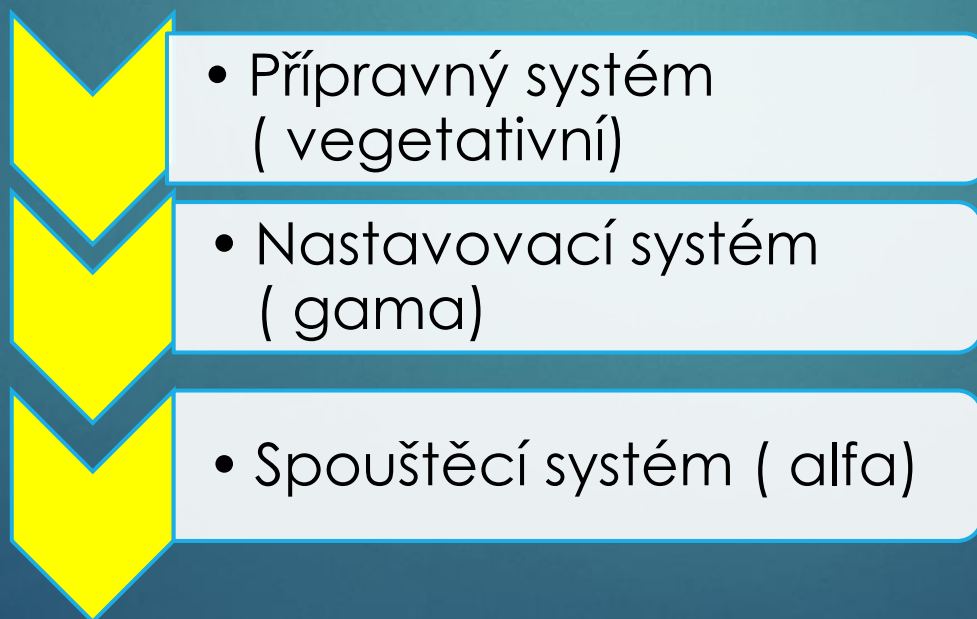
Řízení pohybu

- Spinální (míšní úroveň)
- Subkortikální úroveň
- Kortikální úroveň

Řízení pohybu- spinální úroveň

řízení je reflexní

- ▶ **Alfa motoneurony** – přímá komunikace mezi svalem a NS
- ▶ **Gama motoneurony** – kontaktují svalové receptory (svalová vřeténka)- vliv na doladování pohybu (mezisvalovou koordinací – vztah antagonisty, agonisty)
- ▶ **Interneurony**- inhibiční a excitační funkce (aktivační systém motoneuronů)
- ▶ **Vegetativní neurony**- zajišťují řídicí logistiku (vazodilatace v pracujících svalech)



Řízení pohybu- subkortikální

Cílená mimovolní motorika

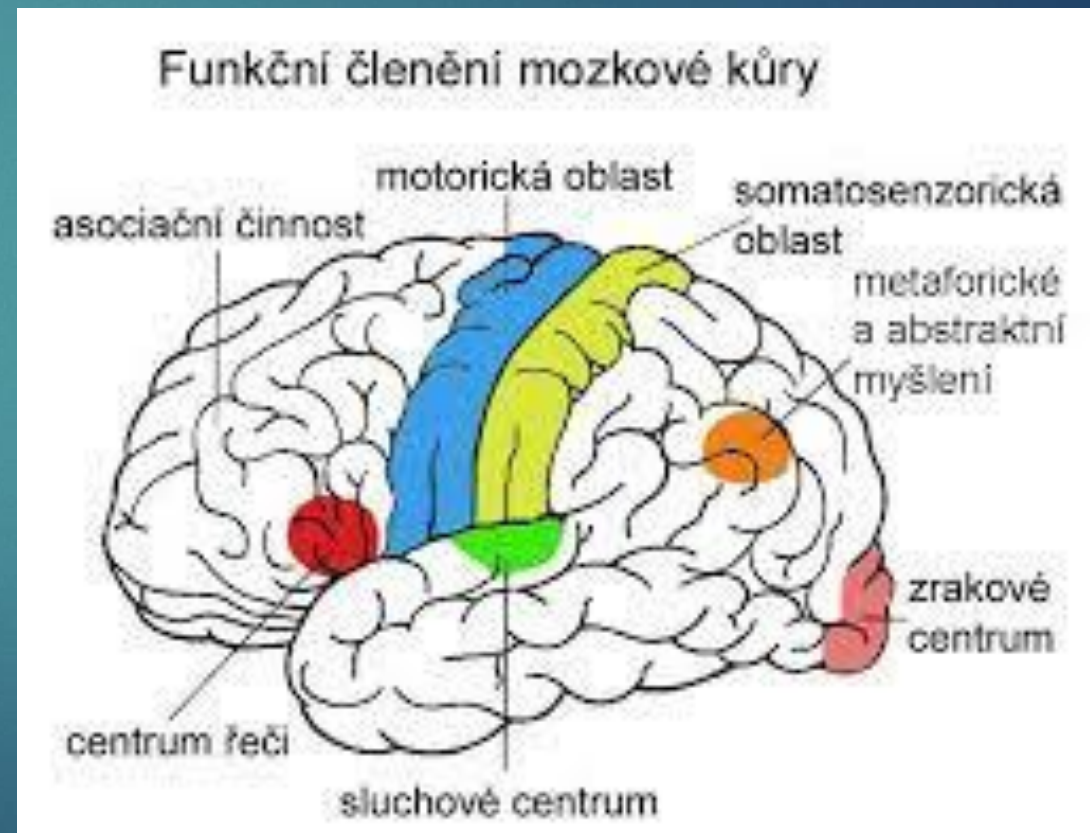
- ▶ **Mozkový kmen** – kontrola řízení hrubé motoriky, částečně svalového tonu, řízení koordinace autonomního, endokrinního a somatického systému (KAŠLÁNÍ, ZVRACENÍ)
- ▶ **RF**- aktivace vědomí, bdělost, je součástí gama systému(tonus)
- ▶ **Mozeček**- motorické učení, plánování pohybu, regulace (přesnost)
- ▶ **BG**- převod plánu na pohybový program
- ▶ **Mezimozek**
- ▶ **Limbický systém** – emoce, popud k pohybu, ovlivnění paměti

Řízení pohybu- kortikální úroveň

Řízení volní motoriky

Primární motorické centrum

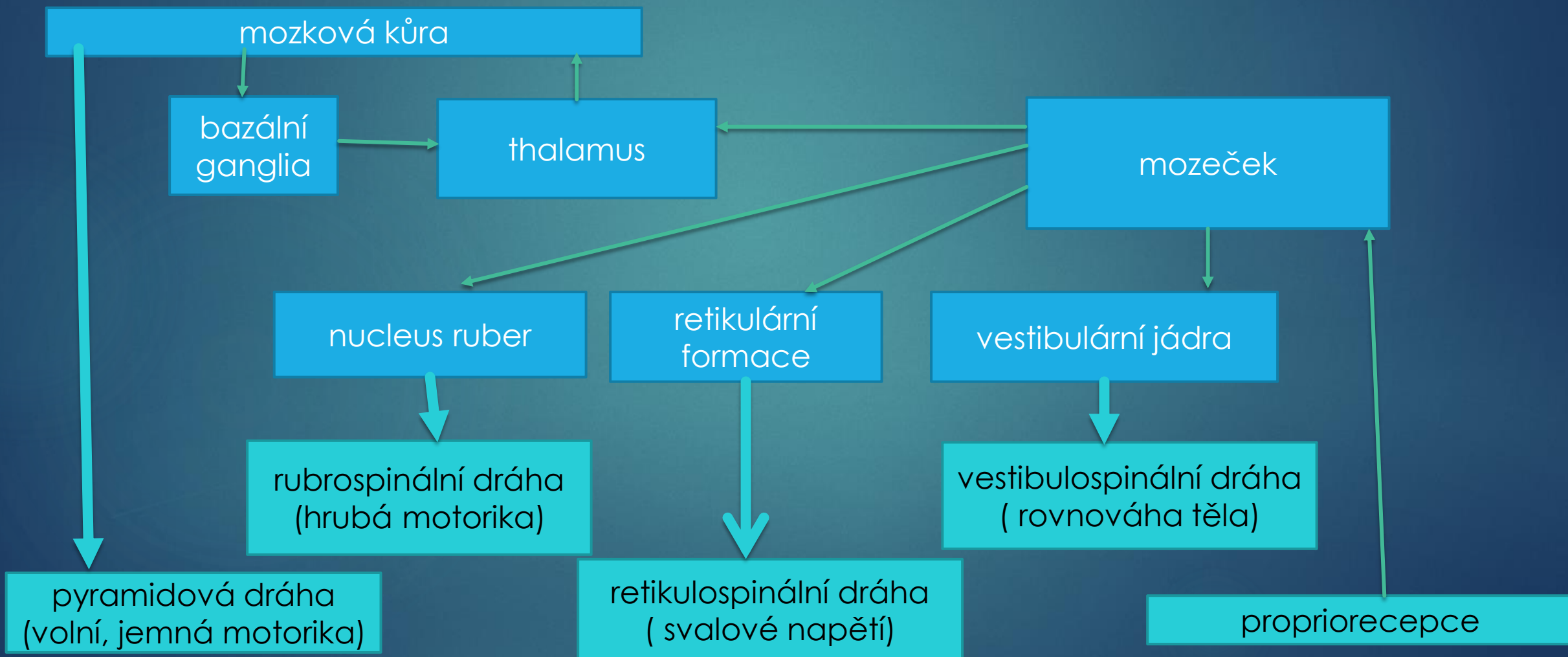
Sekundární motorické centrum



Motorické okruhy

Motorické okruhy : kůra mozková, bazální ganglia a thalamus

kůra mozková – 3 motorické oblasti



Motorické dráhy

= cesta nervového impulsu z mozku až po kosterní sval

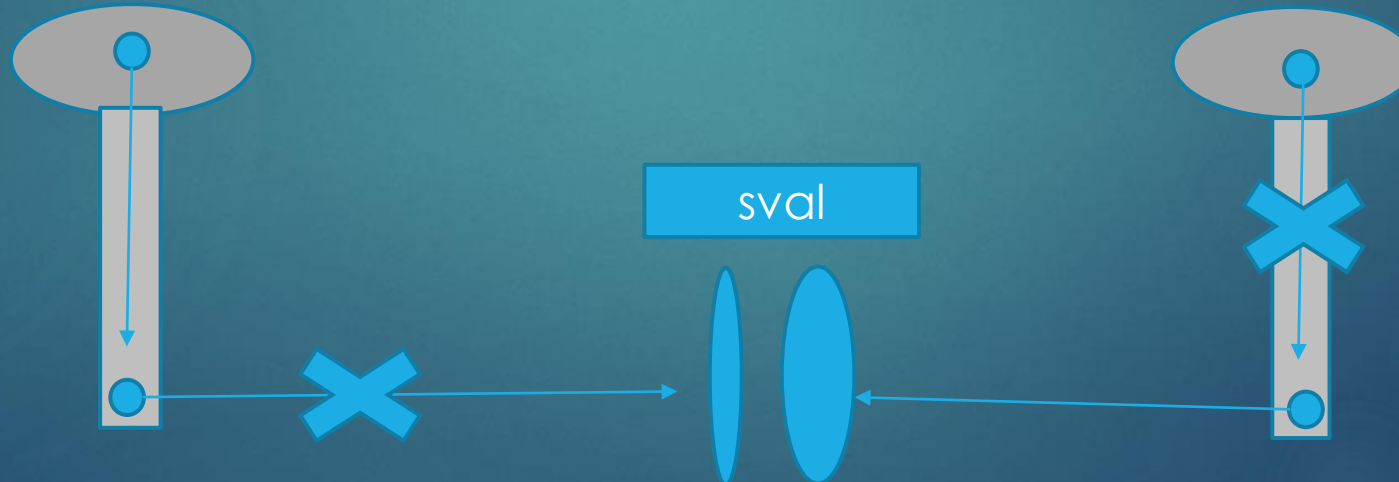
Skládá se:

- ▶ Centrální motoneuron
- ▶ Periferní motoneuron

Vzájemný vztah obou motoneuronů
Periferní chabá paréza Centrální spastická paréza

Centrální motoneuron

Periferní motoneuron



Pohybový program

Plán popisující postupný časový sled kontrakcí jednotlivých kosterních svalů během celého pohybu = **timing** (vnějším projevem je pohybový stereotyp)

- ▶ Je uložený v mozku v **bazálních gangliích**
- ▶ Bazální ganglia jsou součástí motorických okruhů

Pohyb lze naučit

- ▶ Trvalým opakováním pohybu se vytvoří paměťová stopa v **neuronových sítích**
- ▶ Jednou fixovaný stereotyp (paměťovou stopu pohybového programu) nelze předělat – vždy se na nový pohyb musí alespoň trochu soustředit
- ▶ Existuje dědičnost v pohybových programech ?

Pohybový řetězec

= uskutečnění konkrétního pohybu kontrakcemi kosterních svalů podle plánu pohybového programu

► Existují fyziologické a patologické řetězce

Fyziologický : označován stav, kdy je pohybový aparát zcela zdravý

Patologický: pokud pohybový aparát není zcela zdravý (funkční blokády, strukturální změny)

Chybně prováděný pohybový stereotyp je řízen **náhradním programem**

Zjednodušený algoritmus řízení motoriky

