



Principy řízení stability a chůze

Martina Hoskovcová

Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
Universita Karlova v Praze,
1. lékařská fakulta a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Terminologie

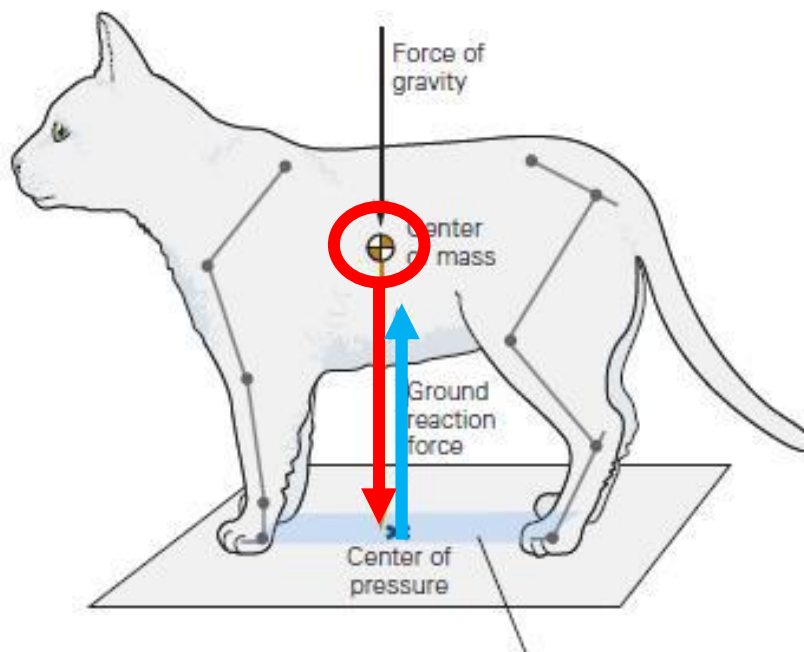
Posturální kontrolní systém: vzájemné působení muskuloskeletálního a nervového systému → schopnost kontroly pozice těla v prostoru

Základní úkol: **zajištění stability a orientace v prostoru**

- **Posturální orientace:** zajištění vztahů mezi tělesnými segmenty a současně mezi tělem a okolním prostředím při určitém úkolu (Horak, 2006)
- **Posturální stabilita:** schopnost kontrolovat těžiště („center of mass“, COM) ve vztahu k opěrné bázi („base of support“, BOS)

Terminologie

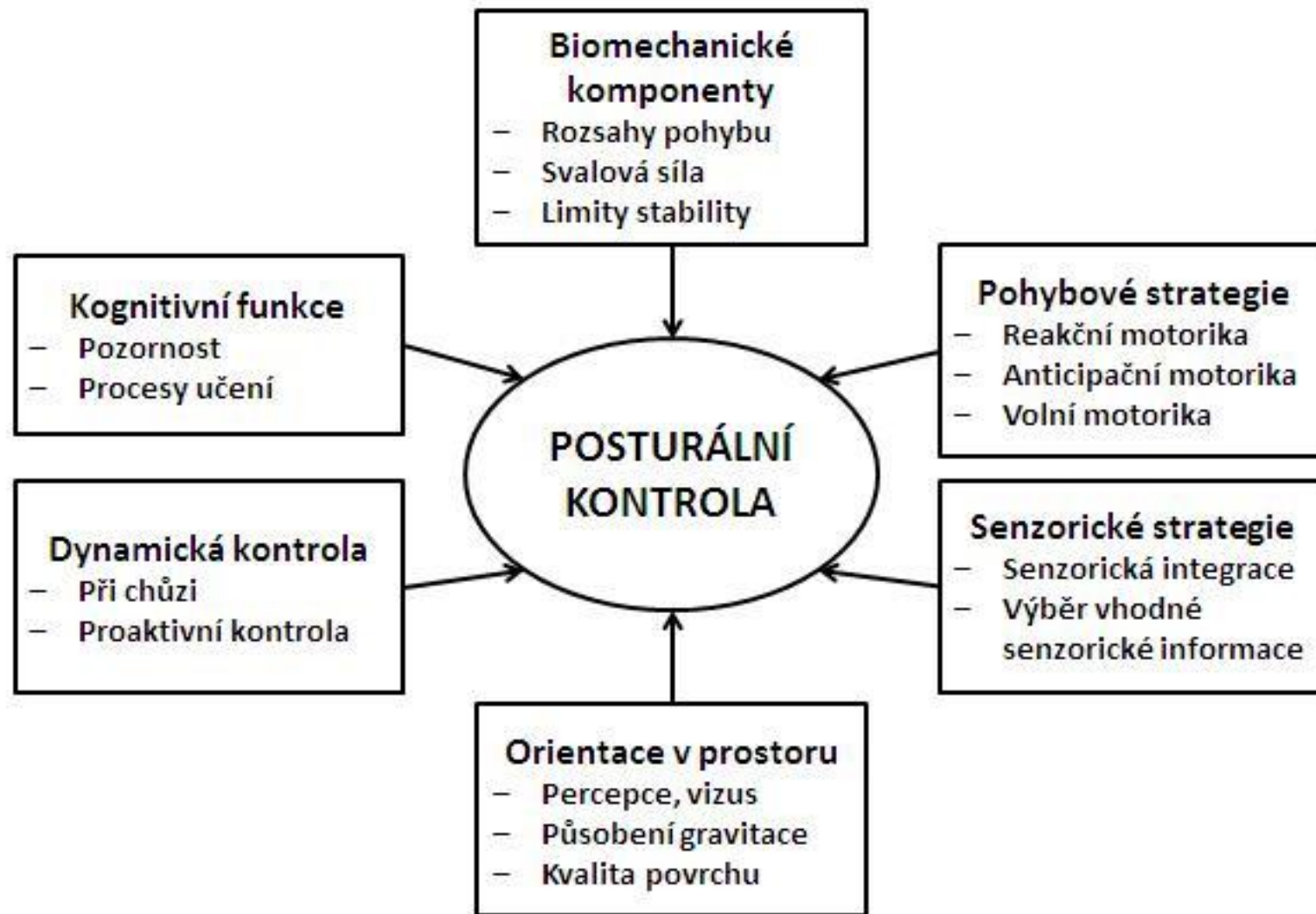
- **COM**: hypotetický bod, do kterého je soustředěna hmotnost celého těla; vážený průměr COM všech tělesných segmentů (Shumway-Cook & Woollacott, 2012)
- **COG**: průmět společného těžiště těla do roviny báze opory
- **COP**: působíště vektoru reakční síly podložky



Aferentní systémy posturální kontroly

Neexistuje žádný specifický senzor informující CNS o výchylkách těžiště od směru vektoru tíhové síly

- **Aferentní informace** hlavně ze 3 systémů:
 - somatosenzorický
 - vestibulární
 - vizuální
- **Adaptace na okolí**: kontinuální vyhodnocování nejvhodnějšího vstupu („sensory reweighting“)
- **Interní reprezentace těla**: reprezentace tělesných segmentů ve vztahu k okolnímu prostředí (schéma těla pro posturální kontrolu navržené Gurfinkelem)



Zásadní podmínky zajištění posturální stability a orientace
(modifikováno z Horak, 2006)

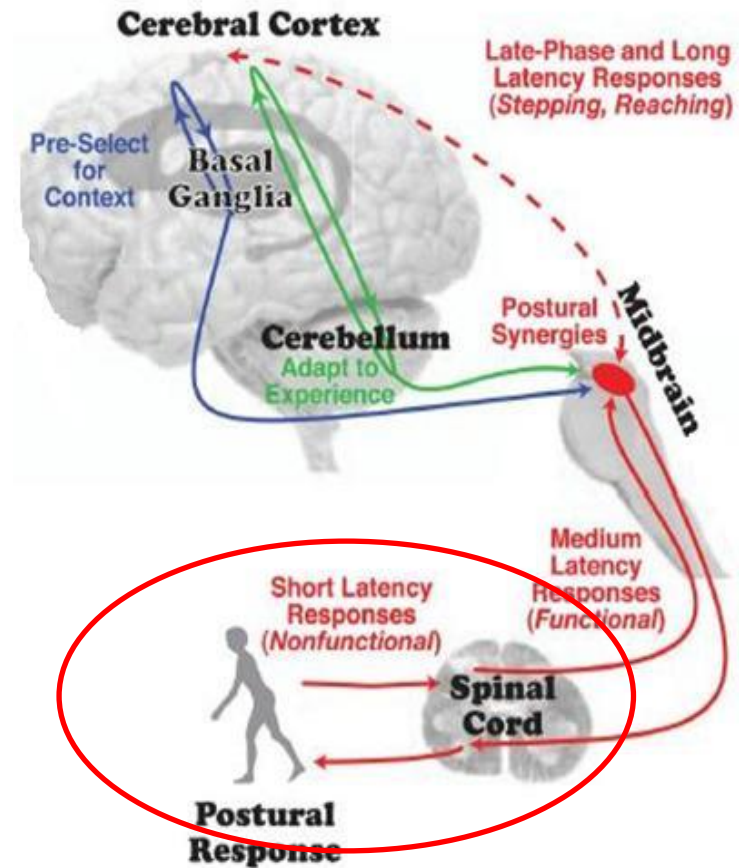
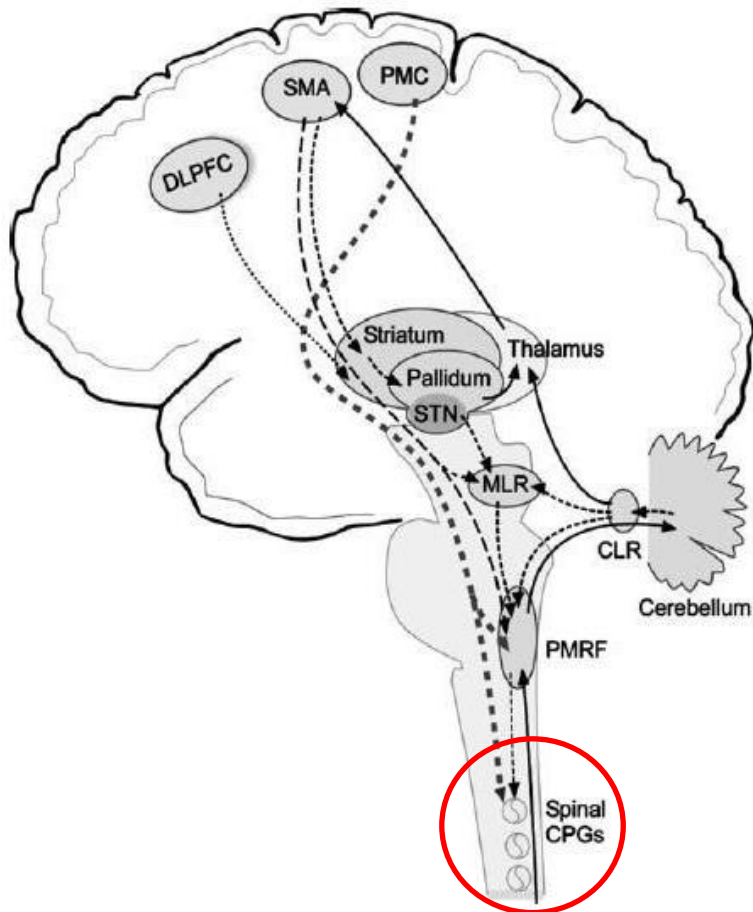
Reflexní děje zajišťující vzpřímenou polohu

1. **Postojové reflexy** (spinalizovaná a decerebrovaná zvířata):
 - lokální, segmentální a celkové statické reakce
 - spinální okruhy: antigravitační funkce zadních končetin a trupu
2. **Vzpřimovací reflexy** (až u dekontikovaných zvířat)
 - labyrintový a šíjový vzpřimovací reflex
 - zrakové vzpřimovací reflexy
 - tělový vzpřimovací reflex působící na polohu hlavy a těla
3. **Umísťovací reakce**
 - vestibulární a zrakové reakce
 - reakce poskoku
- Antigravitační funkce a zajištění stability- odlišné mechanismy;
kontrola stability-nutné supraspinálních okruhů

Supraspinální centra

- Příjem a integrace aferentních informací
- Pravděpodobně vytvářejí vnitřní model tělesného schématu pro zajištění stability
- **RF mozkového kmene**: organizace svalových synergií pro automatické posturální odpovědi
- **Mozeček**: adaptace těchto synergií na měnící se podmínky okolí a změny úkolů na základě předešlé zkušenosti
- **BG**: regulují svalový tonus a sílu volního posturálního nastavení; rychlé a přiměřené nastavení posturálních svalových synergií při náhlé změně prostředí

Mícha



Řízení chůze

Základní lokomoční vzorce (CPGs)

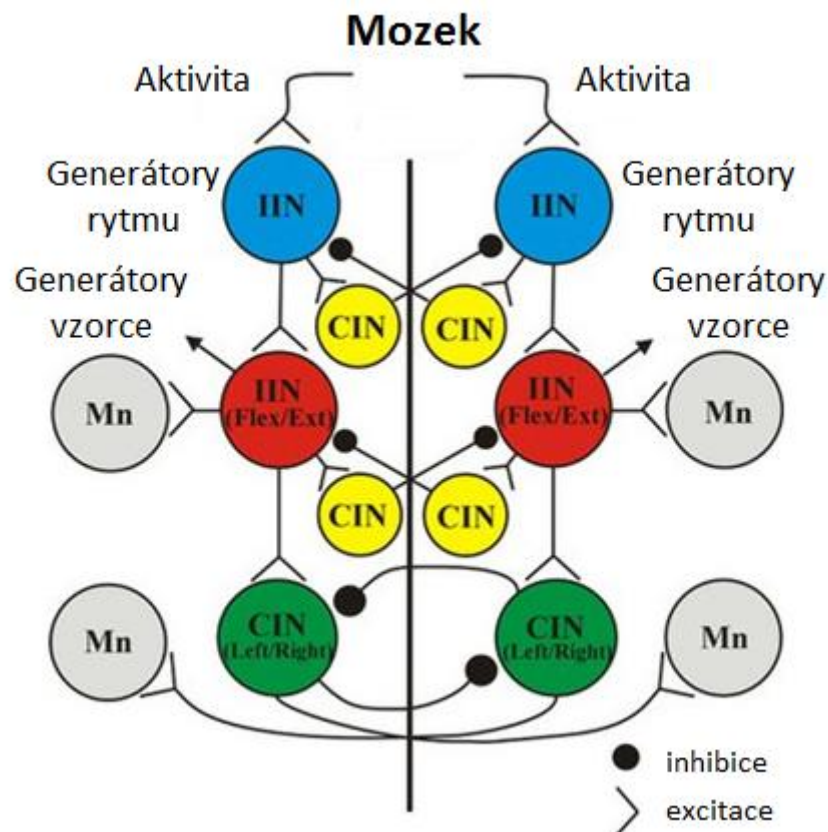
Řízení stability

Antigravitační fc. končetin a trupu

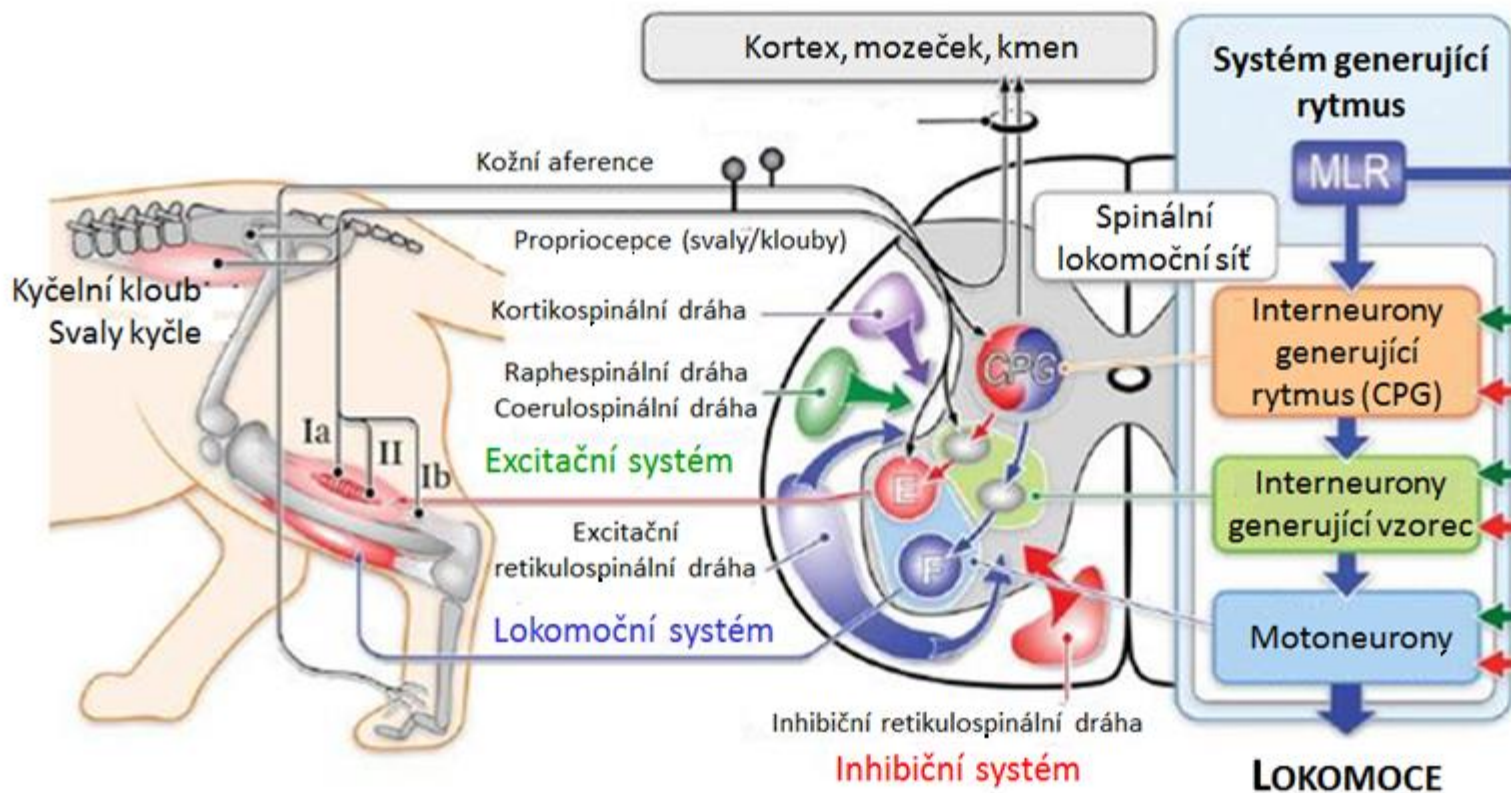
Historie zkoumání: výsledky

1. Pro aktivaci základních chůzových vzorců **není nezbytné** supraspinální řízení.
2. Základní chůzový rytmus: generován **na míšní úrovni centrálními generátory vzorců** (CPGs)
3. Spinální chůzové okruhy jsou **modulovány** descendentními drahami.
4. CPGs nevyžadují k aktivitě nezbytně **senzorické vstupy**; jsou jimi silně ovlivňovány (zejm. propiocepcí).

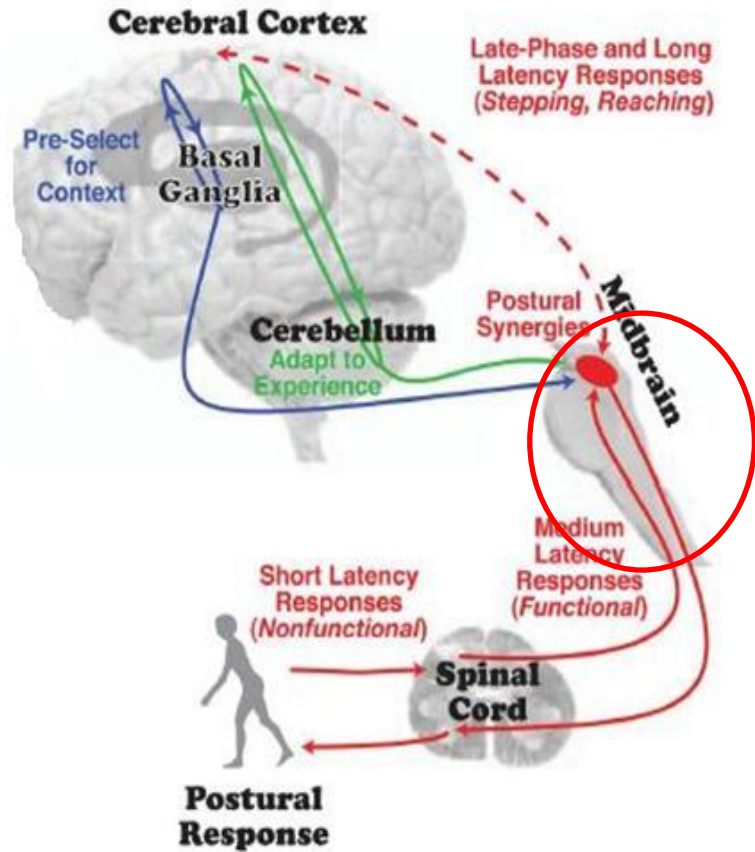
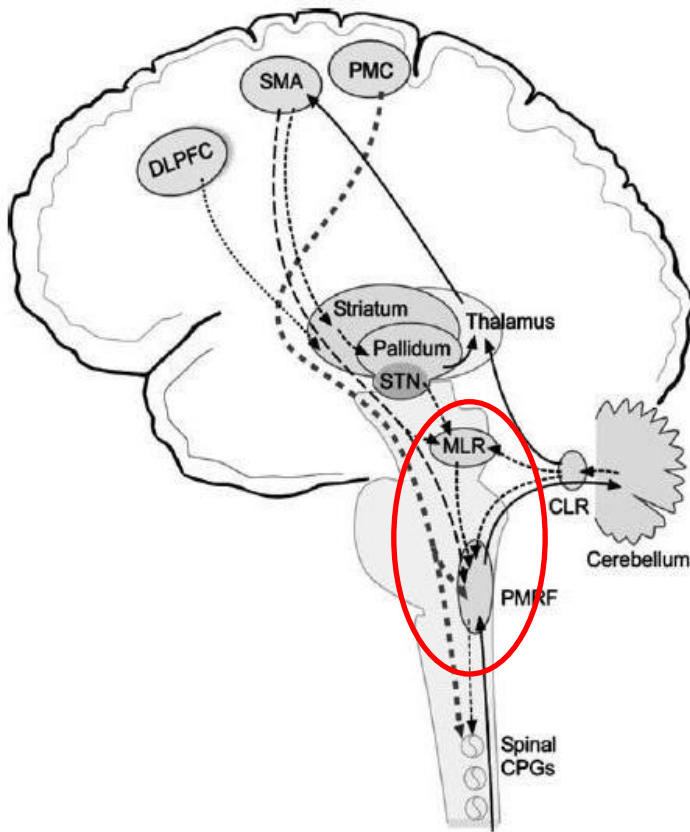
Spinální lokomoční systém



Spinální lokomoční systém



Kmen



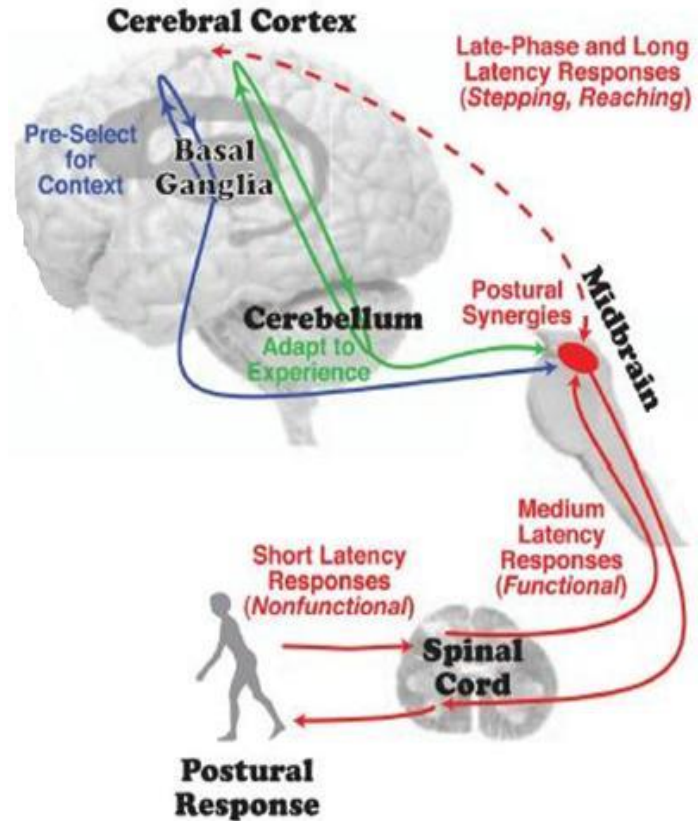
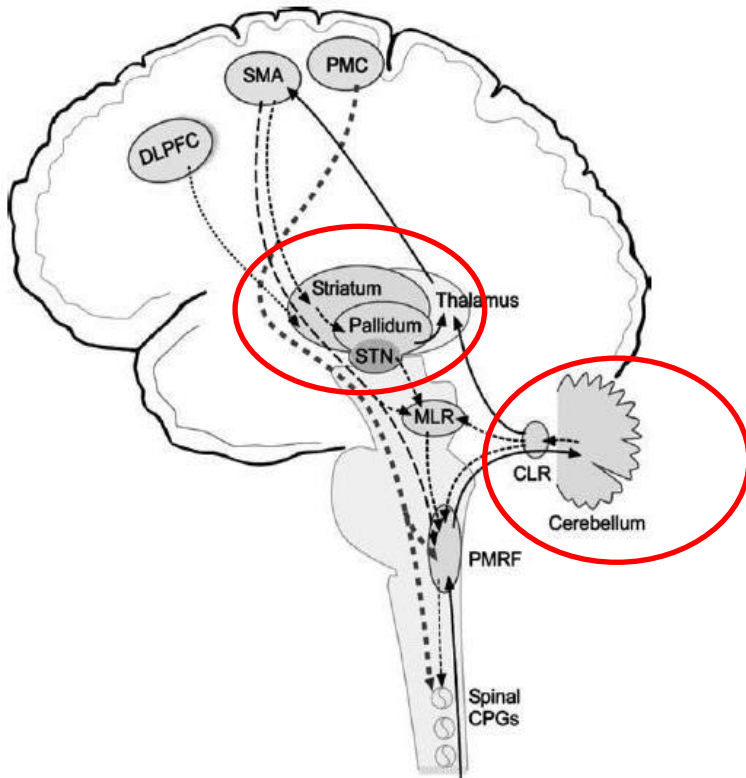
Řízení chůze

MLR + RF: aktivace CPGs

Řízení stability

RF: organizace sv. synergií pro APR

Mozeček a bazální ganglia



Řízení chůze

CRBL: modulace lokomočního vzorce
BG: plán, program, iniciace a ukončení

Řízení stability

CRBL: velikost posturální odpovědi
BG: výběr synergií, regulace tonu/síly

Supraspinální okruhy

TŘI LOKOMOČNÍ CENTRA:

- Mesencefalické (MLR): aktivace CPGs
↑ stimulace ↑ rychlost (až do sprintu)
- Mozečkové (CLR): aktivace systému generujícího rytmus
- Subthalamické (SLR): emoční ovlivnění lokomočního vzorce

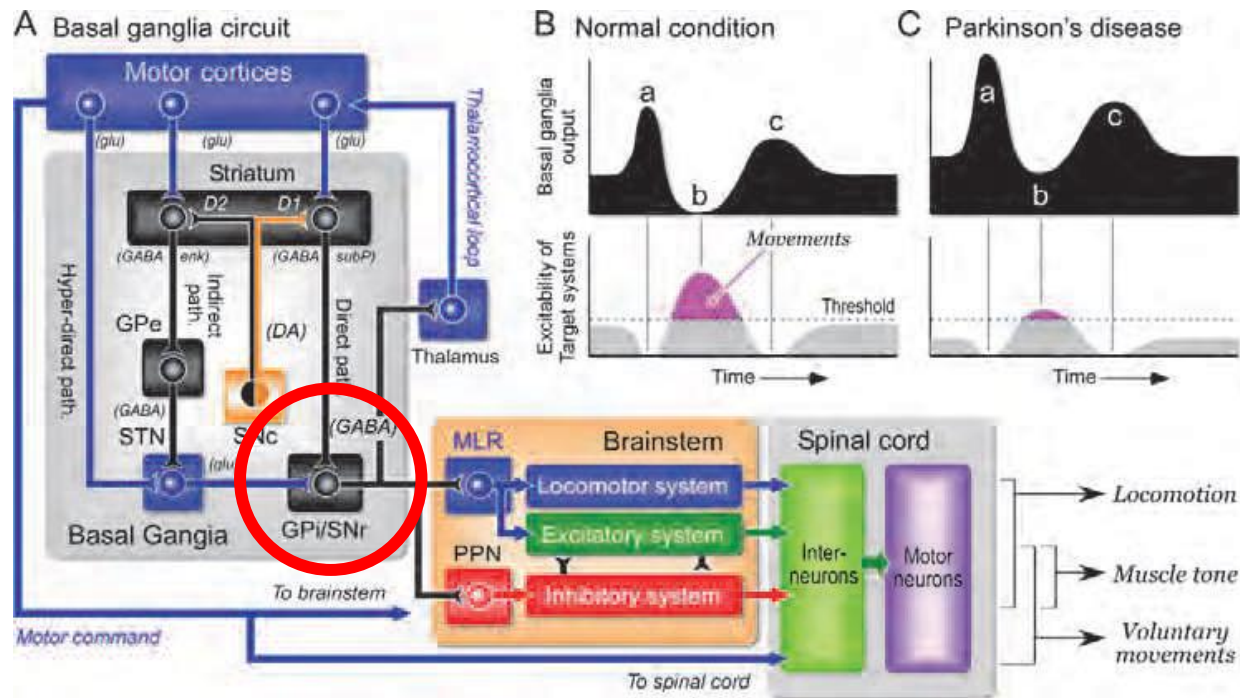
Supraspinální okruhy

- Pedunkulopontinní jádro
 - inhibiční, ovlivňuje lokomoční rytmus a vzorec

Supraspinální okruhy

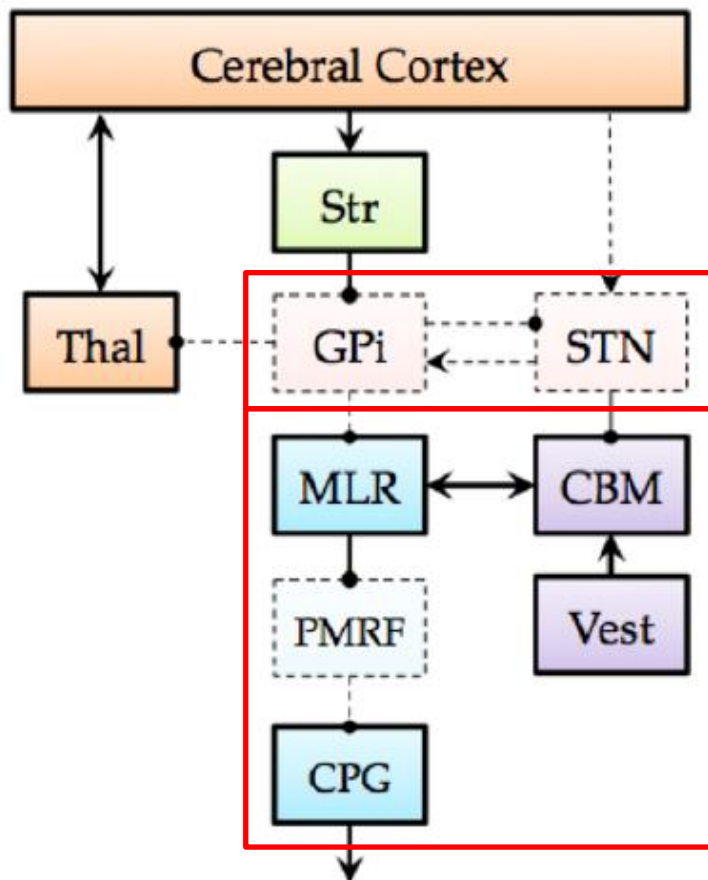
BAZÁLNÍ GANGLIA: přímý vliv na mezopontinní tegmentum

- regulace svalového napětí (PPN)
- rytmický pohyb končetin a iniciace a ukončení lokomoce v experimentu (MLR)

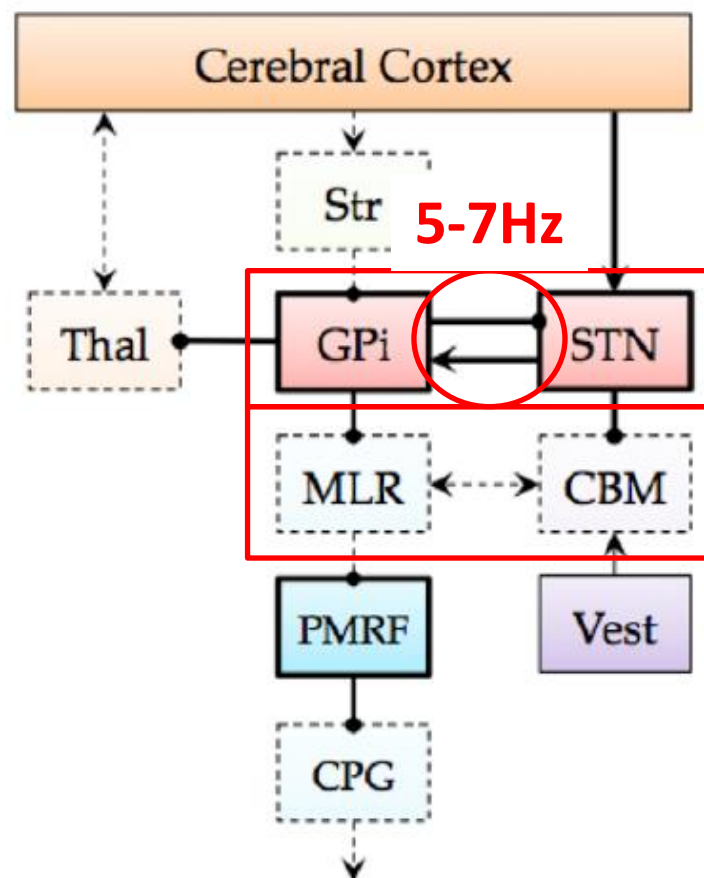


Role bazálních ganglií

NORMÁLNÍ CHŮZE



FREEZING



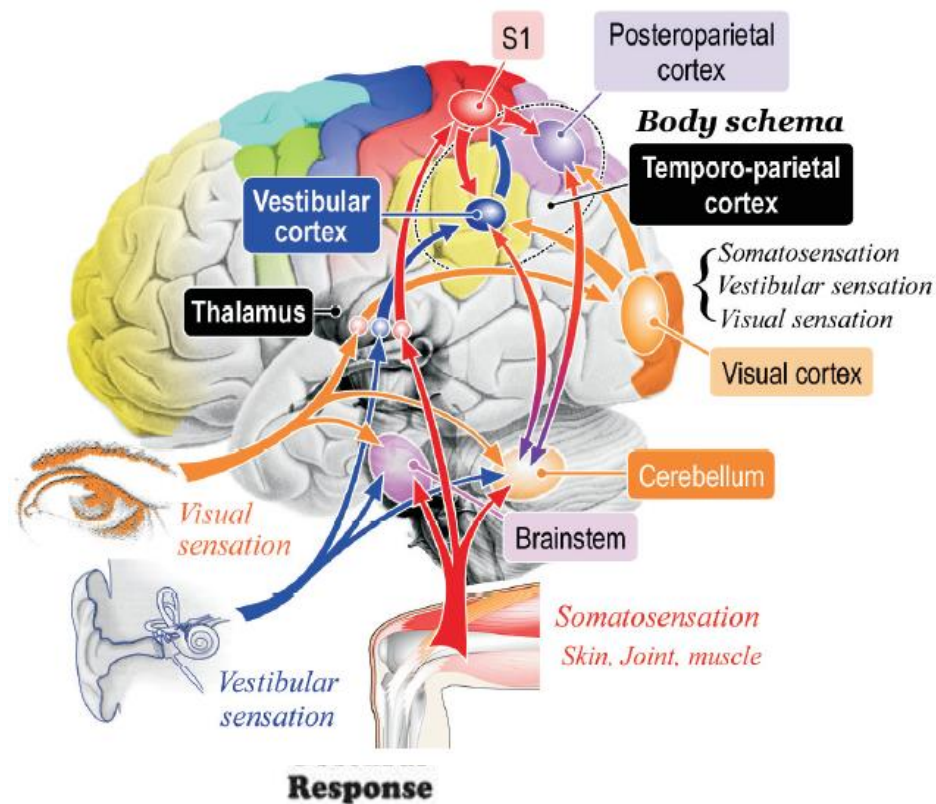
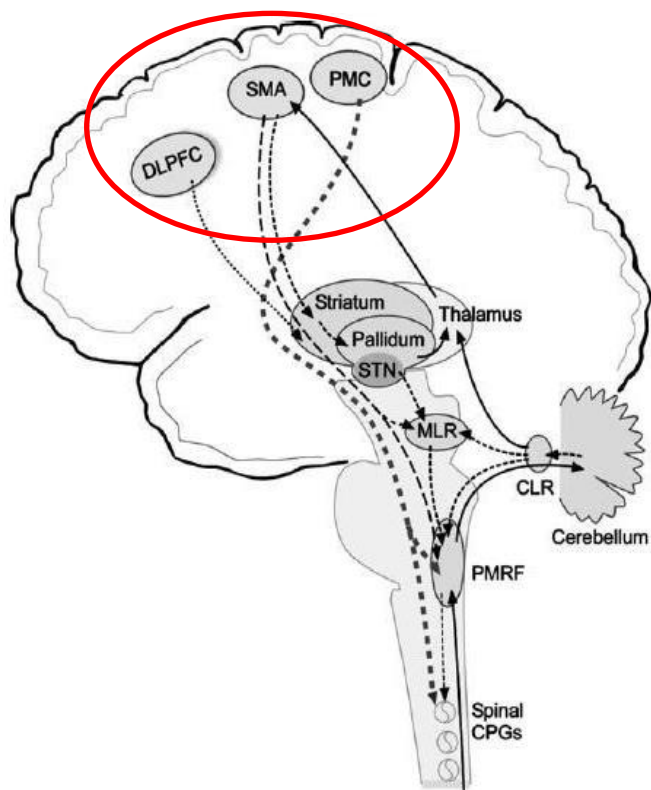
Supraspinální okruhy

MOZEČEK A OKRUHY S KŮROU A BG

- **Mediální část:**
 - automatická kontrola postury, rovnováhy a pohybů končetin během lokomoce
- **Intermediální části:**
 - regulace volných, ipsilaterálních pohybů končetin
- **Laterální části:**
 - pravděpodobně nutné pro kontrolu bipedální lokomoce
 - plánování a řízení komplexních, vizuálně kontrolovaných pohybů končetin

Kortex

Latence VRČ 180-250 ms



Řízení chůze

M1: přesnost

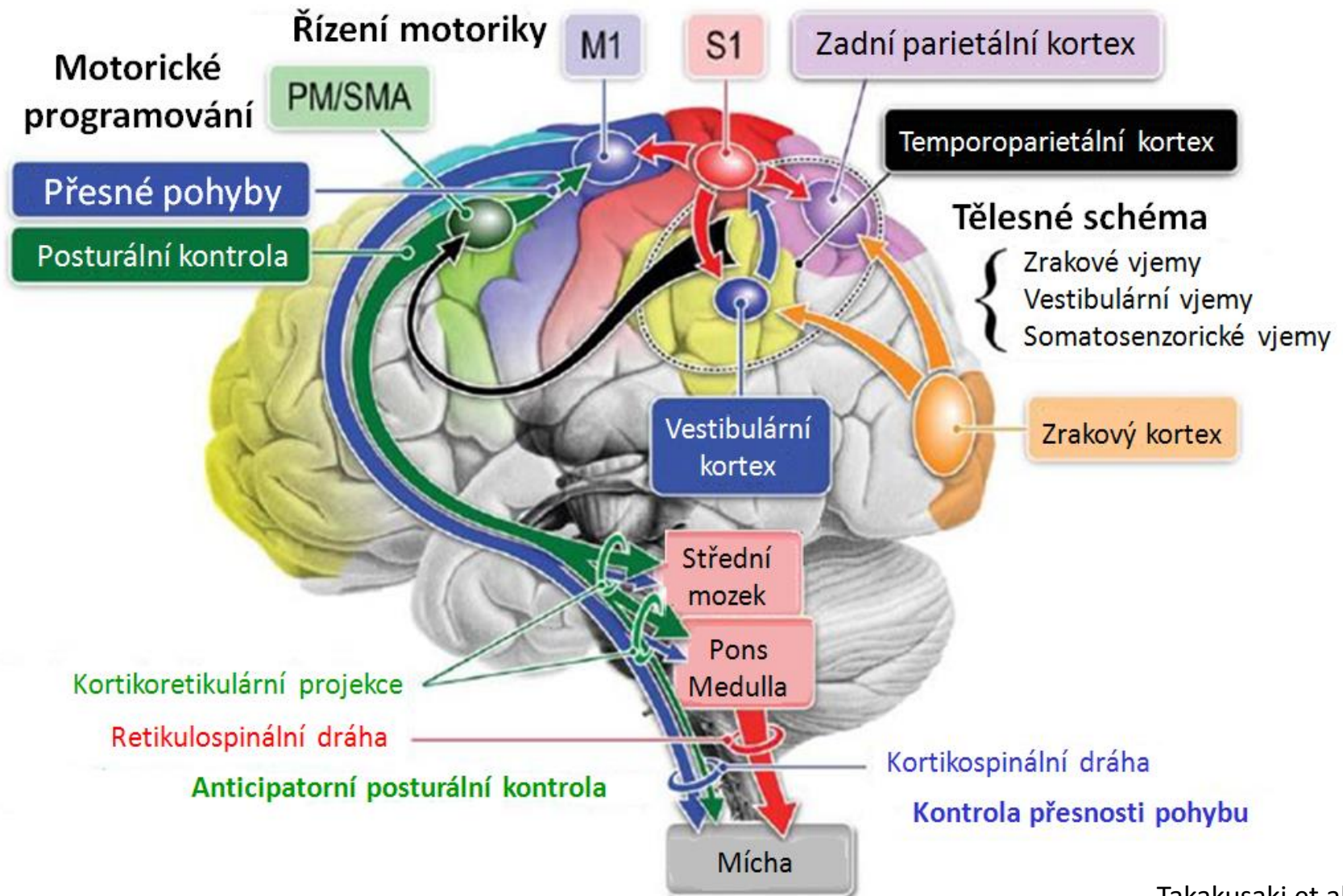
PMA: iniciace na zevní podnět

Zadní PARCCTX: koordinace

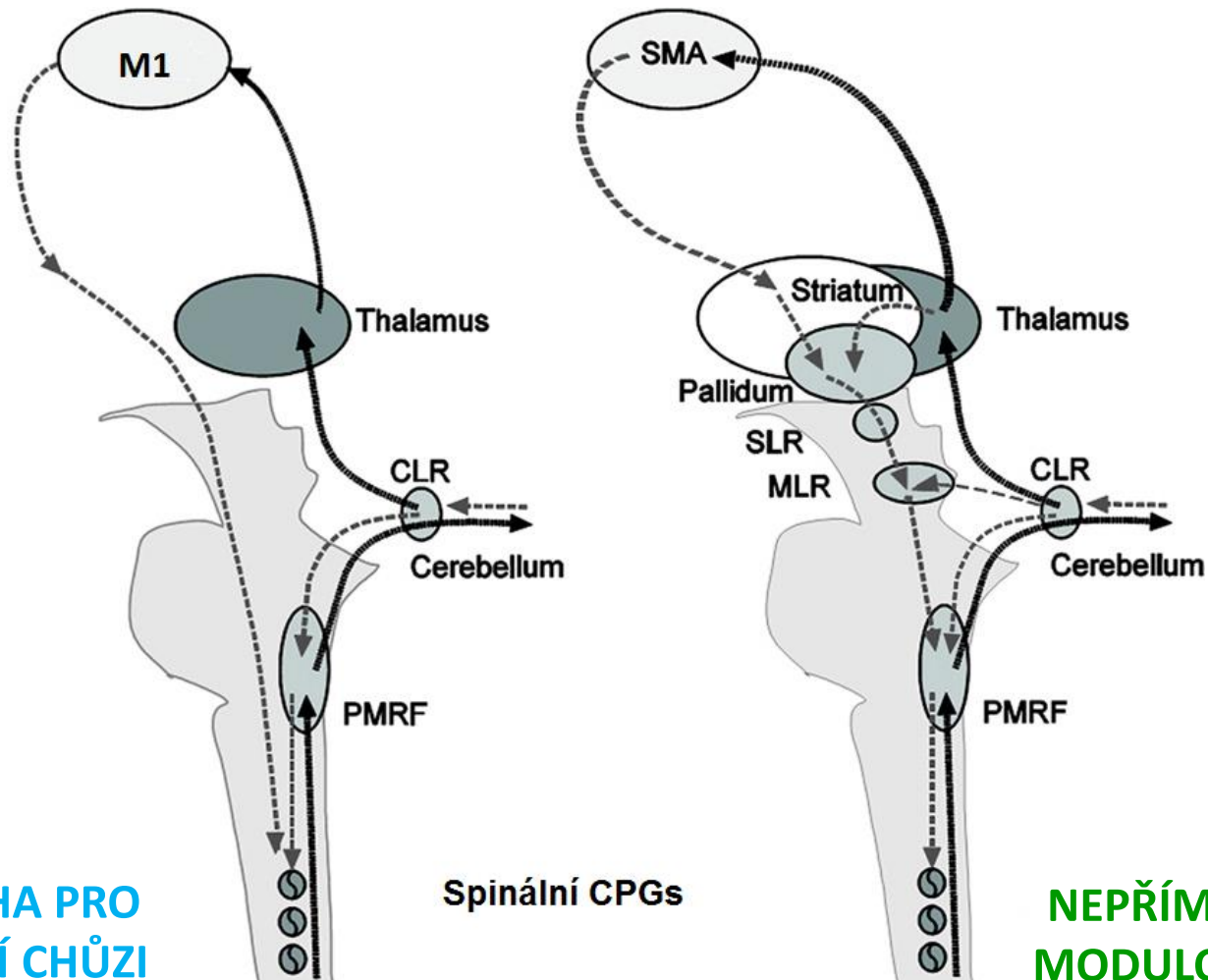
Řízení stability

SMA: posturální kontrola při lokomoci
TEMP-PARCCTX: aktualizace tělesného schéma pro posturální kontrolu

Supraspinální regulace: **Kortex**



Double-track koncept řízení chůze



PŘÍMÁ DRÁHA PRO
STEREOTYPNÍ CHŮZI

NEPŘÍMÁ DRÁHA PRO
MODULOVANOU CHŮZI



Děkuji

mhoskovcova@gmail.com

Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
Universita Karlova v Praze,
1. lékařská fakulta a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze