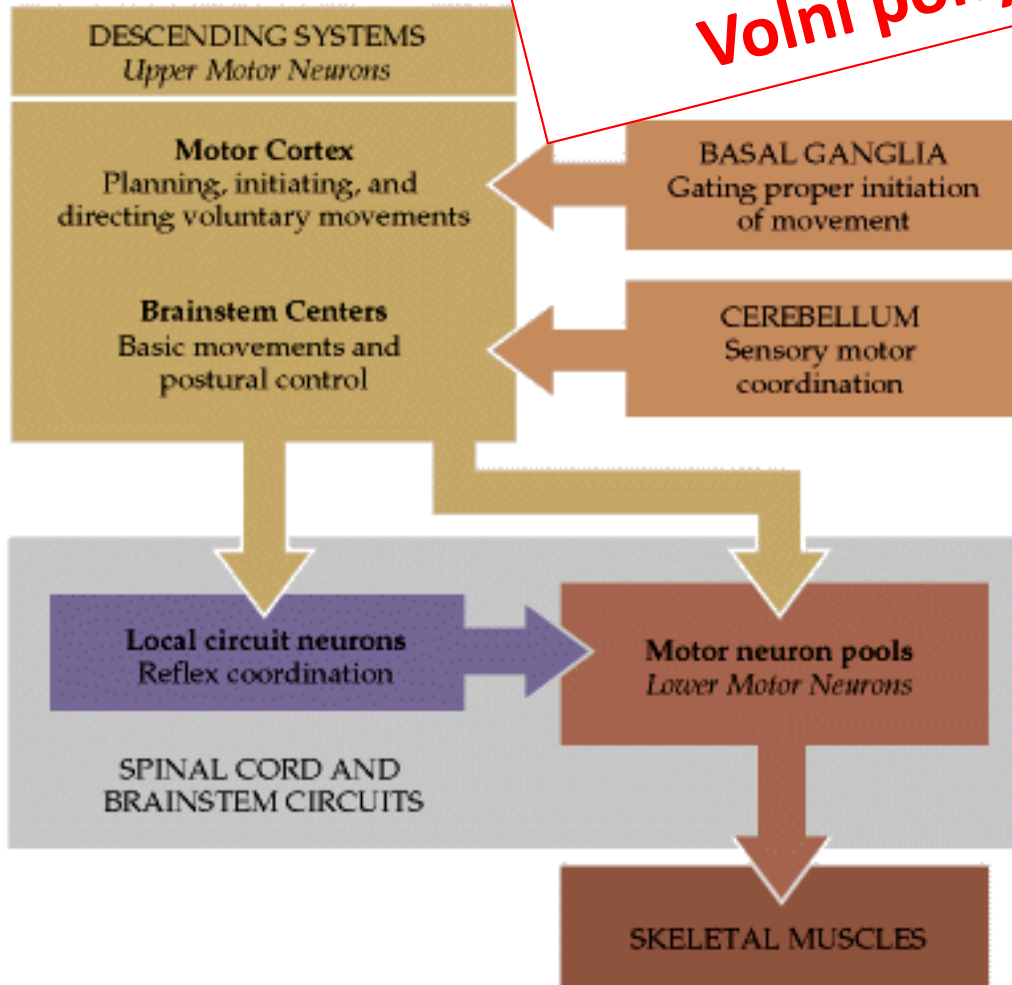


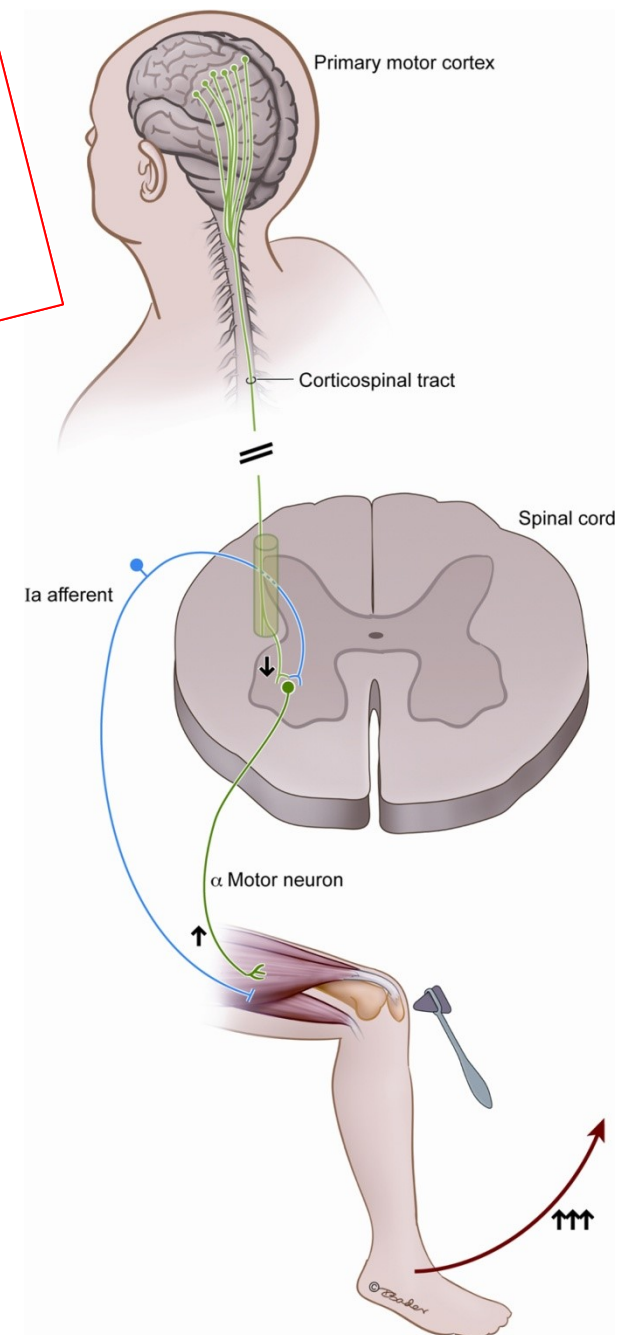
12

Motorika II

Úvod



Reflexní pohyb
Rytmický pohyb
Volní pohyb



Subkortikální (kmenové) dráhy pro kontrolu dolních motoneuronů

Mediální systém

- Kontrola axiálních svalů
- Tr. Vestibulospinalis
 - Reflexní kontrola rovnováhy a posturální motoriky
- Tr. Reticulospinalis
 - Regulace svalového tonu (posturální motorika)
- Tr. Tectospinalis
 - Koordinace pohybu hlavy a očí

Laterální systém

- Kontrola distálních svalů
- „Reflexní“ motorika končetin
- Původní funkce nahrazena tr. corticospinalis
- Tr. Rubrospinalis
- Tr. rubrobulbaris

Pohybové vzorce a rytmické pohybové vzorce

- Fixed action patterns (např. polykání)
 - Neuronové sítě zajišťující komplexní motorickou akci
- Central pattern generator (např. chůze, dýchání)
 - Neuronové sítě produkující rytmickou aktivitu
 - „Spontánně opakované fixed action patterns“
 - Zpětná vazba není nutná

Pohybové vzorce a rytmické pohybové vzorce

- Fixed action patterns (např. polykání)
 - Neuronové sítě zajišťující komplexní motorickou akci
- Central pattern generator (např. chůze, dýchání)
 - Neuronové sítě produkující rytmickou aktivitu
 - „Spontánně opakované fixed action patterns“
 - Zpětná vazba není nutná
- Lokalizace
 - Chůze – mozkový kmen, dolní hrudní a lumbální mícha
 - Dýchání – mozkový kmen
 - Polykání - prodloužená mícha/kmen
- Různě vyjádřená kortikální modulace
 - Chůze (možno plně kontrolovat)
 - Dýchání (možno částečně kontrolovat)
 - Polykání (možno zahájit)

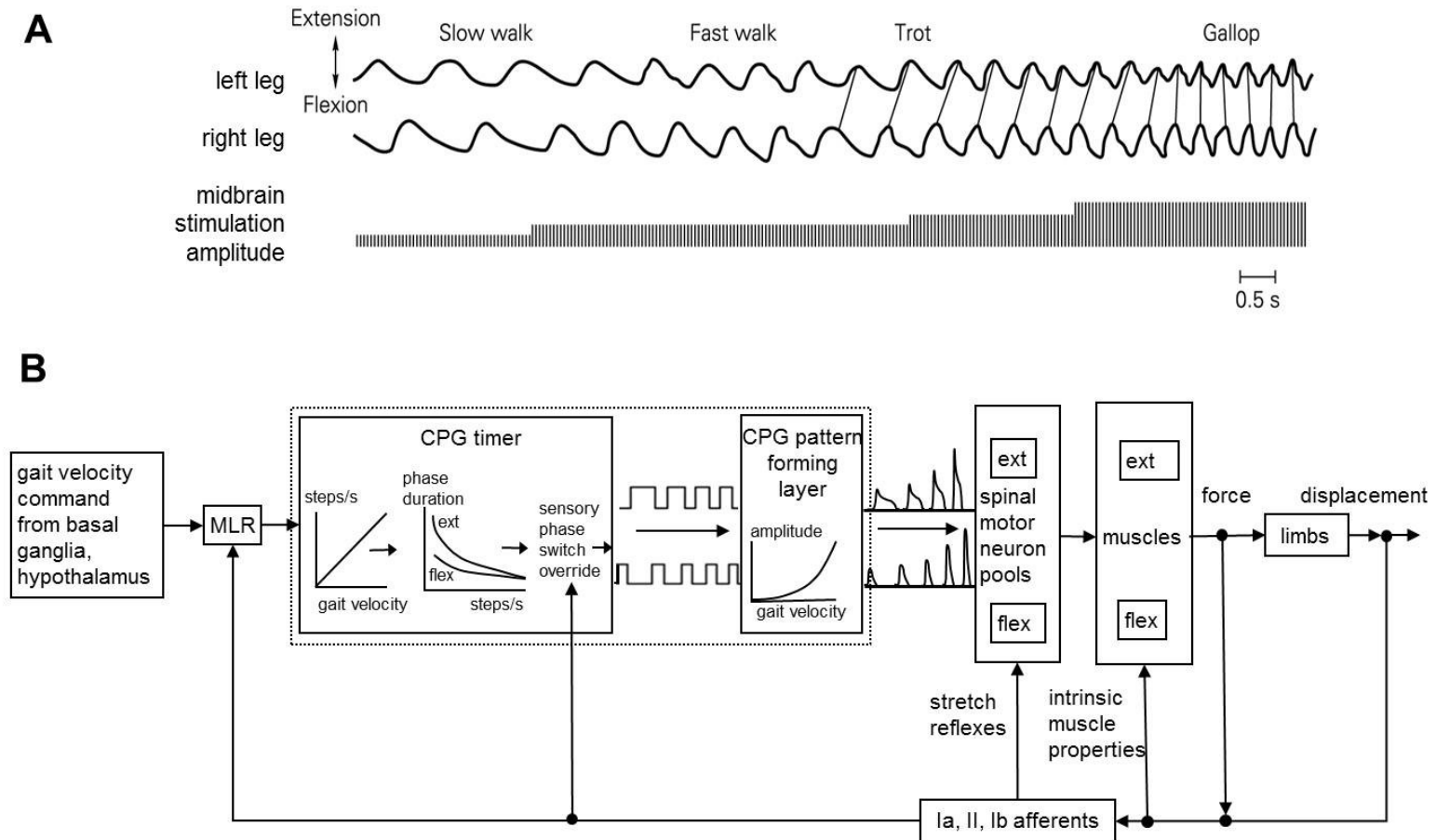
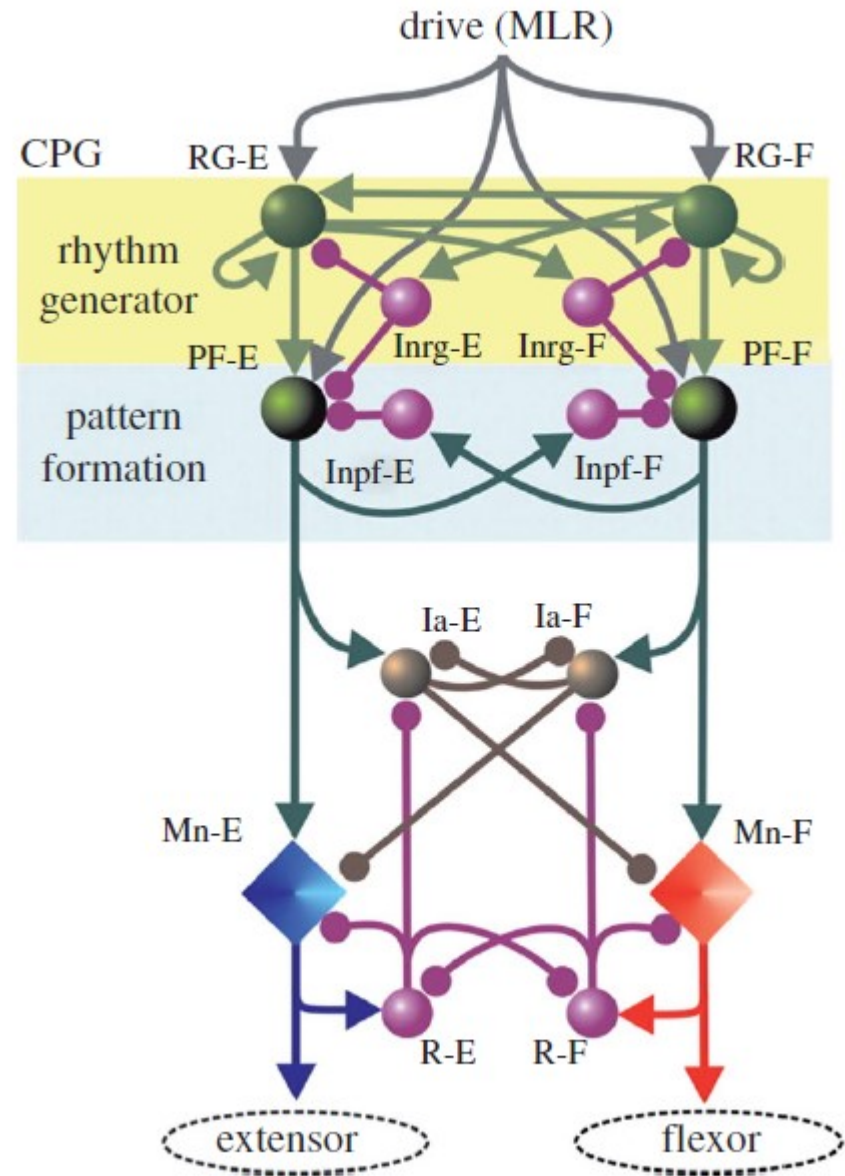


Fig. 1. Neural control of locomotion. A) Increments in the intensity of stimulation of the MLR in the high decerebrate cat increased the cadence (step cycles/sec) of locomotion. Adapted from Shik et al. 1966.^[22] B) Schematic of the velocity command hypothesis: a command signal specifying increasing body velocity descends from deep brain nuclei via the MLR to the spinal cord and drives the timing element of the spinal locomotor CPG to generate cycles of increasing cadence. Extensor phase durations change more than flexor phase durations. The command signal also drives the pattern formation layer to generate cyclical activation of flexor and extensor motoneurons. Loading of the activated muscles (e.g. supporting the moving body mass) is resisted by the muscles' intrinsic spring-like properties. This is equivalent to displacement feedback. Force and displacement sensed by [muscle spindle](#) and [Golgi tendon organ](#) afferents reflexly activate motoneurons. A key role of these afferents is to adjust the timing of phase transitions, presumably by influencing or overriding the CPG timer. Adapted from Prochazka & Ellaway 2012.^[23]

Whelan PJ. Shining light into the black box of spinal locomotor networks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 2010;365:2383–2395.

Figure 1. Schematic of model by Rybak & McCrea. The populations of interneurons are indicated by spheres, while the motoneurons are represented by diamonds. This three-layer model consists of a rhythm-generating layer of extensor (RG-E) and flexor (RG-F) interneurons. Both populations have recurrent excitatory connections (see also figure 2). These interneurons in turn receive mutually inhibitory input (Inrg cells). The drive projects to a pattern formation layer (PF), which acts through mutually inhibitory connections (Inpf cells) to sculpt the pattern, which is then output to the extensor and flexor motoneurons. The final output of the motoneurons is modulated by a final layer of Ia inhibitory interneurons (Ia-E, Ia-F) and Renshaw cells (R-E, R-F). Arrows indicate excitatory drive, while the filled circles indicate inhibitory drive. Reproduced with permission.



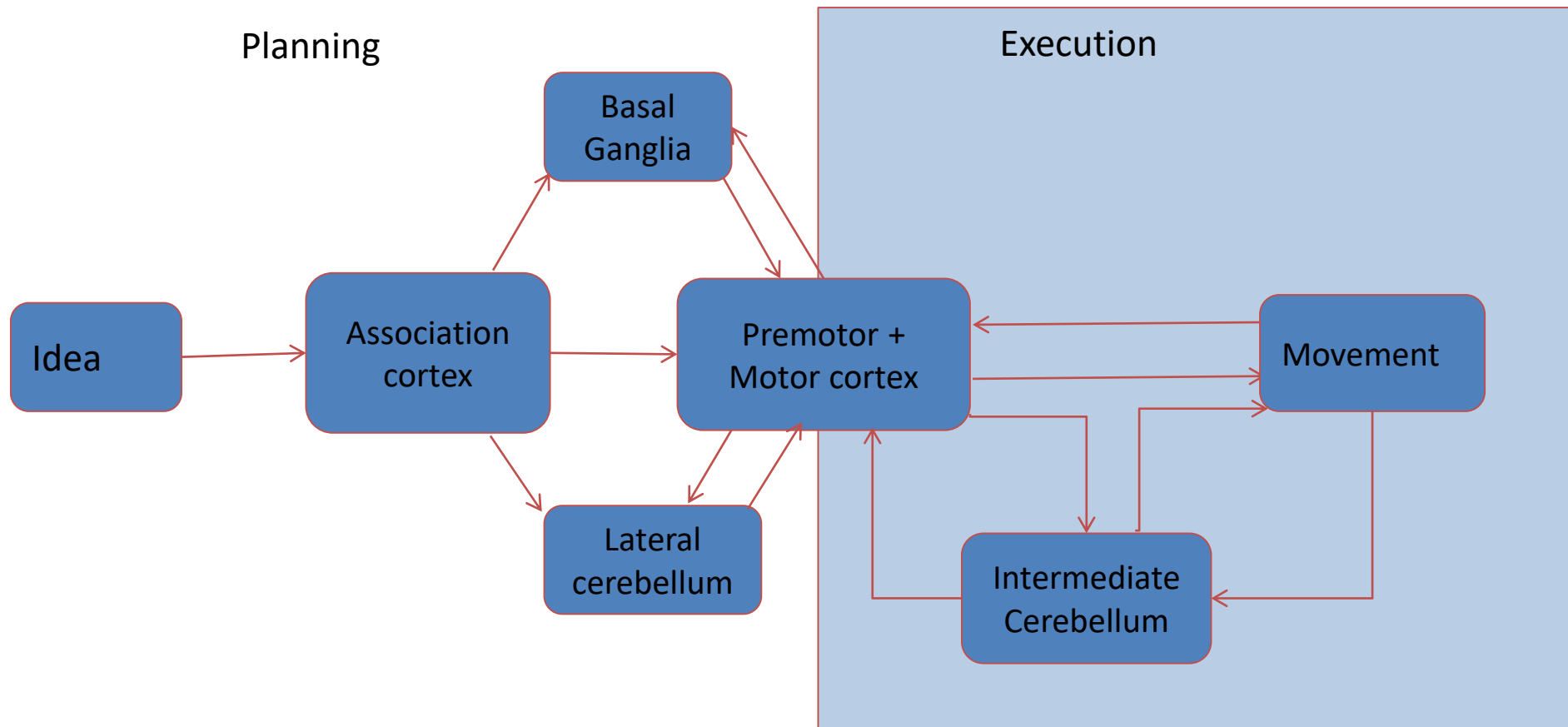
Kortikální dráhy pro kontrolu dolních motoneuronů

Tractus corticospinalis

Tractus corticobulbaris

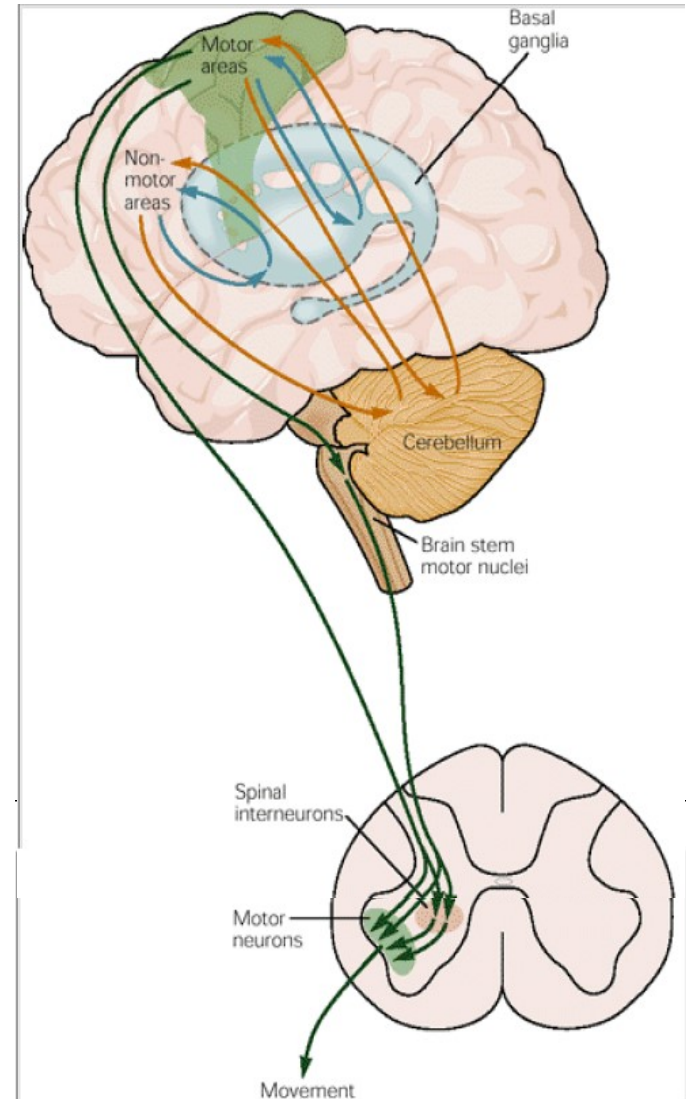
Volní motorika

Volní motorika



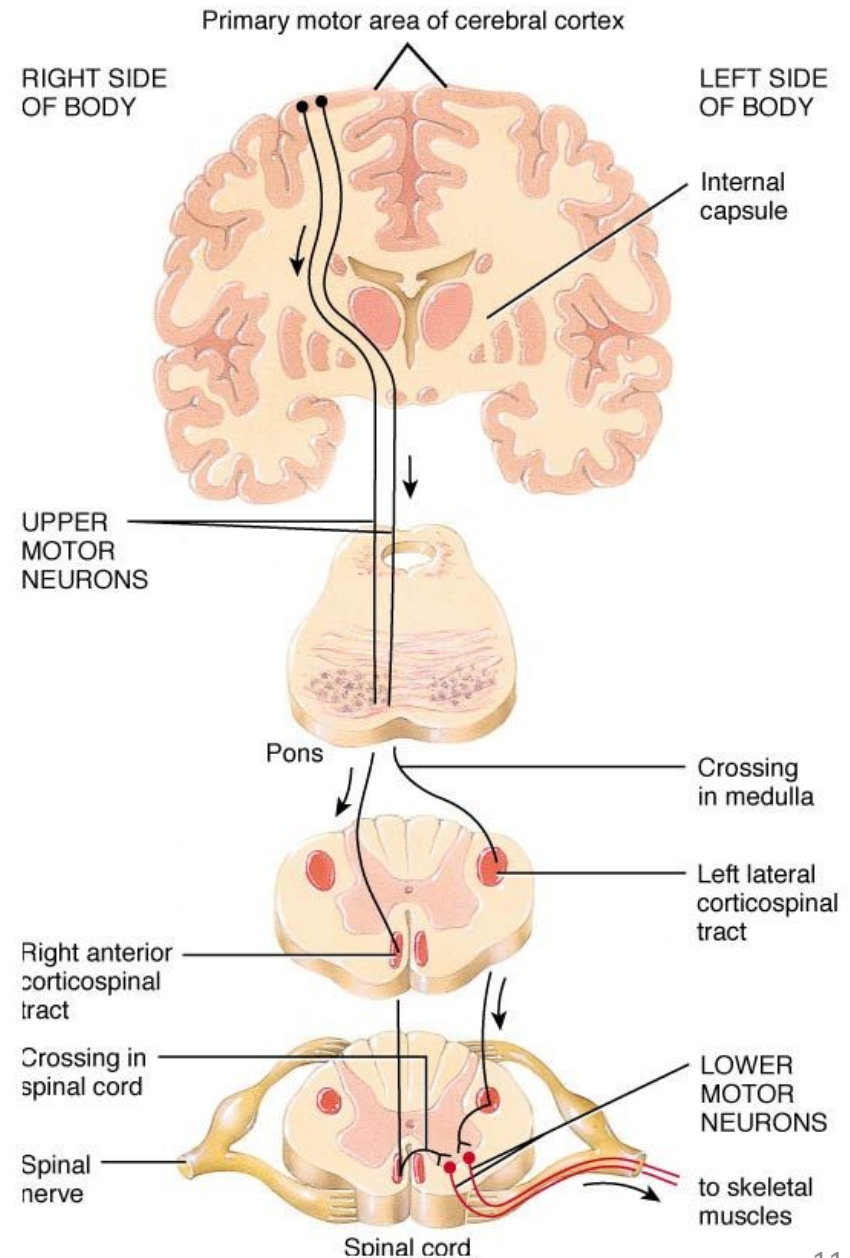
Volní motorika

- Výsledek součinnosti horního a dolního motoneuronu
- Bazální ganglia
 - Motorický „gating“ – iniciace žádoucích a inhibice nežádoucích pohybů
- Mozeček
 - Koordinace pohybu

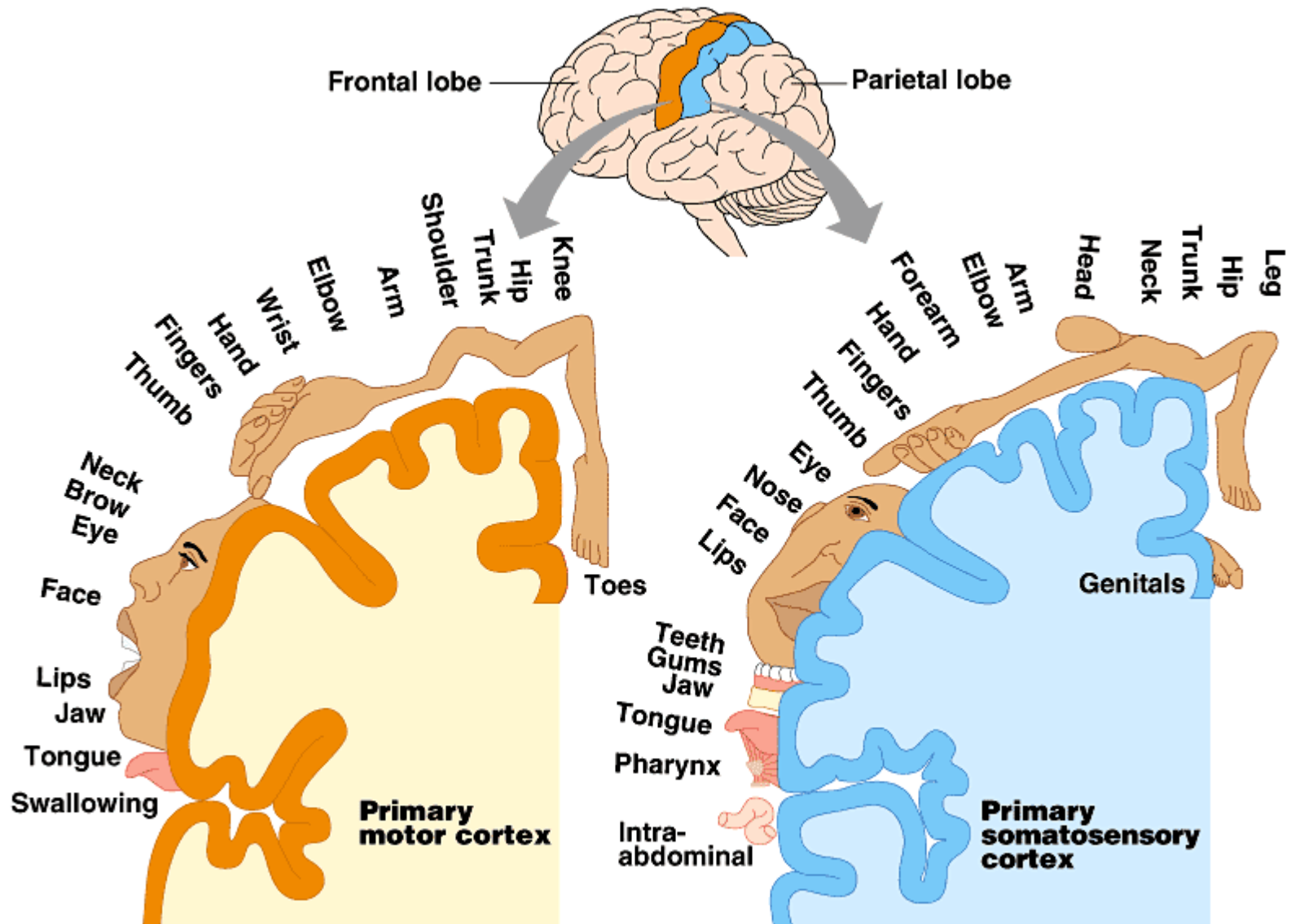


Pyramidová dráha

- Horní motoneuron
 - Primární motorický kortex
- Dolní motoneuron
 - Přední roh míšni
- Tractus corticospinalis lateralis
 - 90% vláken
- Tractus corticospinalis anterior
 - 10% vláken
 - Nejkaduálnější vlákna zasahují do horních thorakálních segmentů
- Tractus corticobulbaris

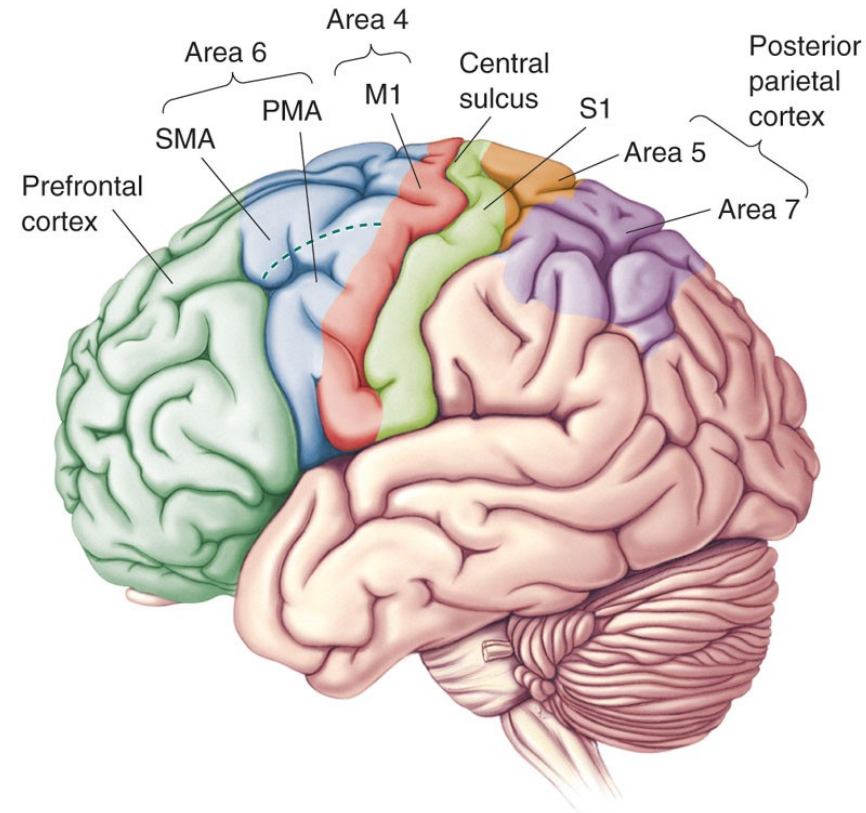


Primární motorický kortex



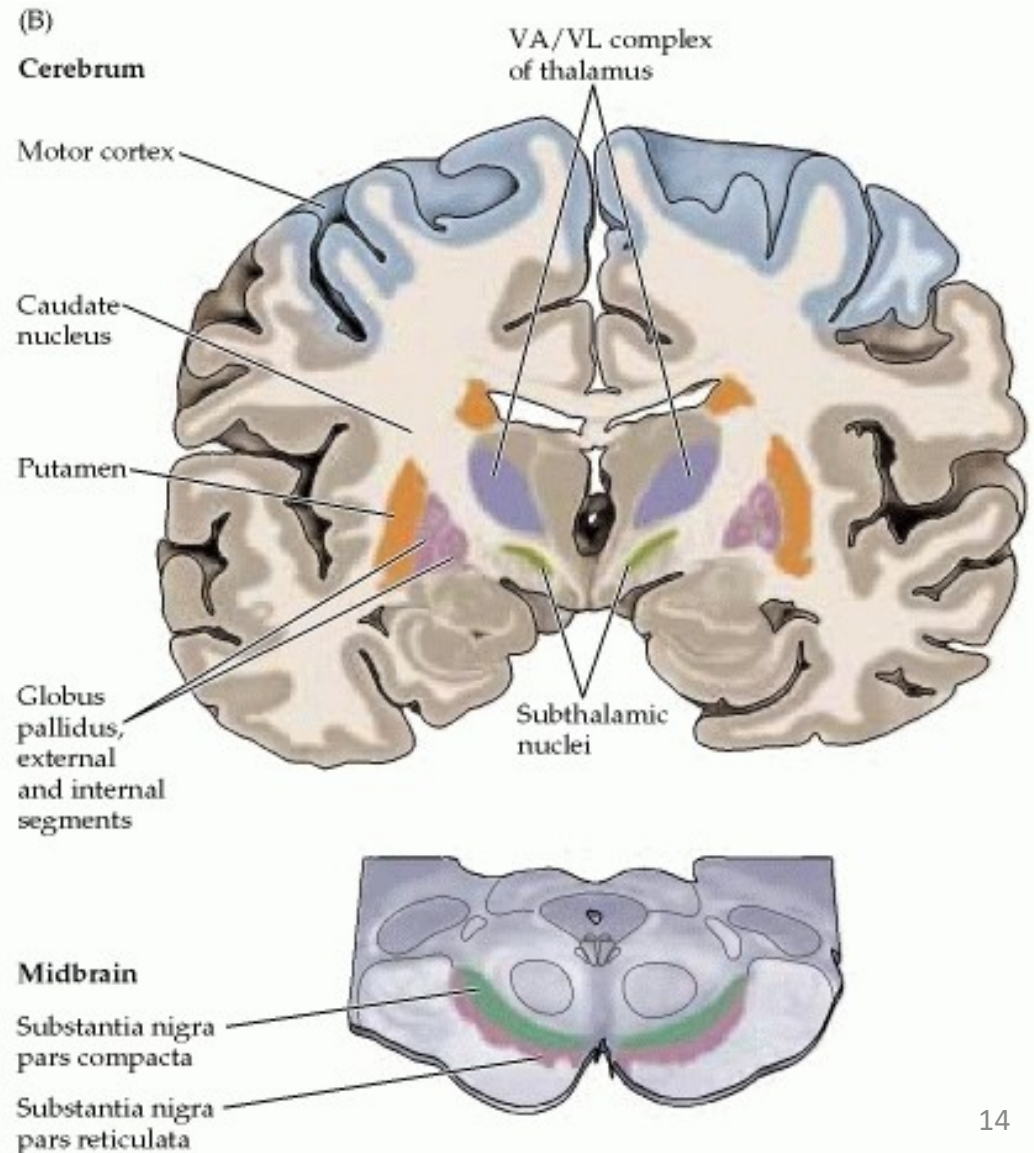
Kortikální motorické oblasti

- Primární motorická oblast (area 4)
 - Somatotopické uspořádání
 - Kontrola dolních motoneuronů
- Premotorický kortex (area 6 laterálně)
 - Příprava strategie pohybu pohybu
 - Sensorimotorická transformace
 - Výběr pohybových vzorců
- Suplementární motorická oblast (area 6 mediálně)
 - Podílí se na plánování komplexních pohybů
 - Pohyby pomocí obou končetin
 - Složité pohybové sekvence
 - Aktivována i při představení si komplexního pohybu



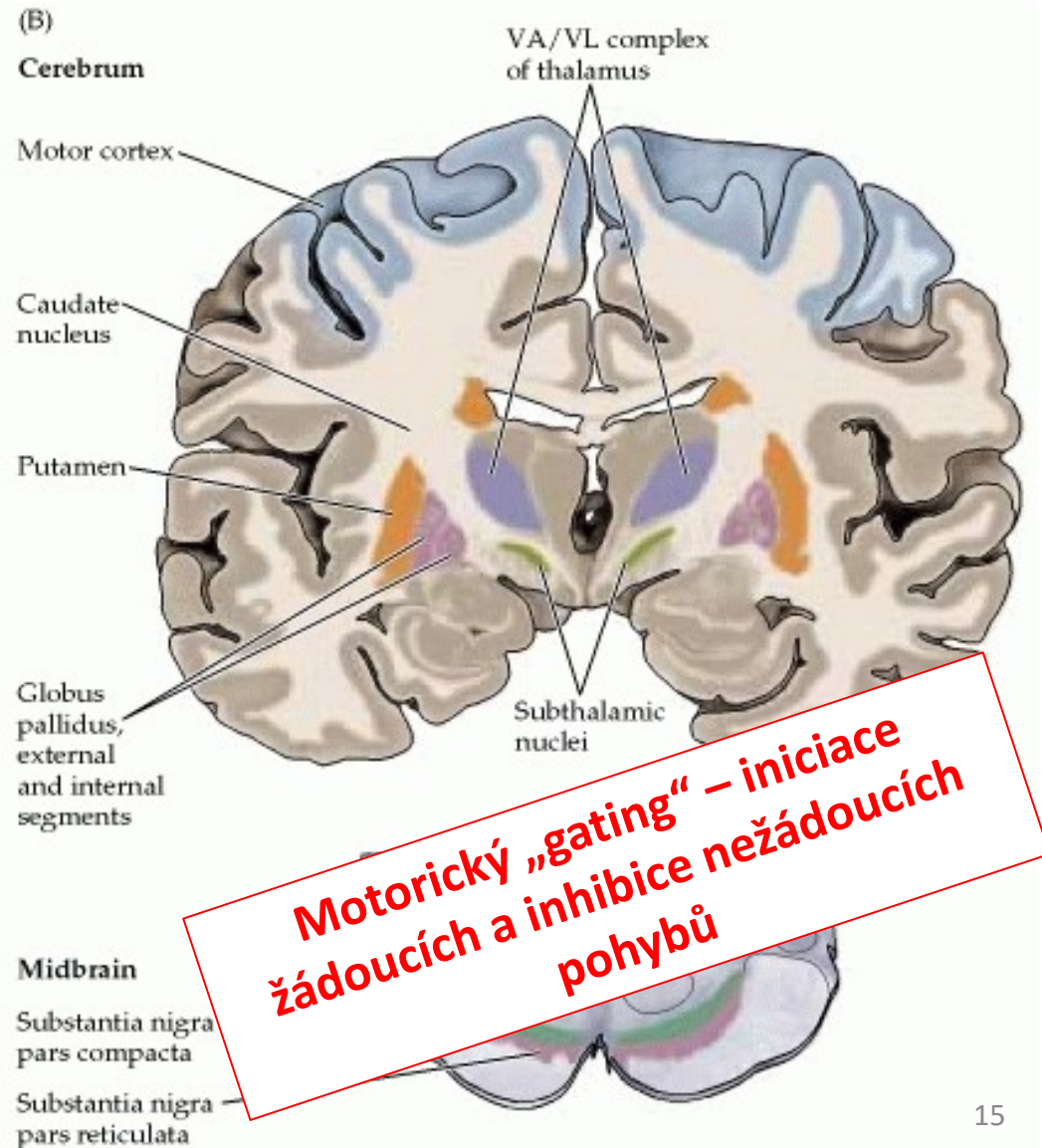
Bazální ganglia

- Corpus striatum
 - Nucleus caudatus
 - Putamen
- Globus pallidus (Pallidum)
 - Externum
 - Internum
- Nucleus subthalamicus
- Substantia nigra
 - Pars compacta
 - Pars reticulata
- Motorická jádra thalamu



Bazální ganglia

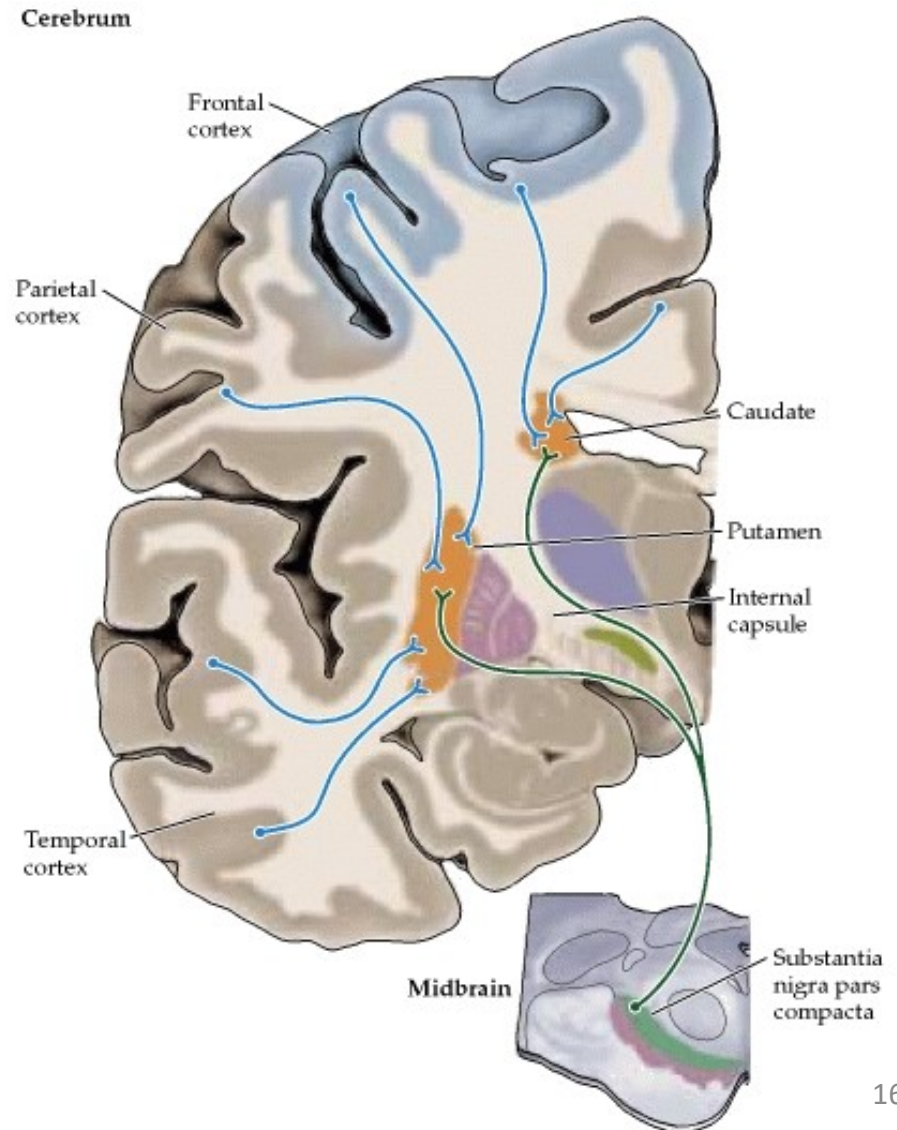
- Corpus striatum
 - Nucleus caudatus
 - Putamen
- Globus pallidus (Pallidum)
 - Externum
 - Internum
- Nucleus subthalamicus
- Substantia nigra
 - Pars compacta
 - Pars reticulata
- Motorická jádra thalamu



Bazální ganglia - vstupy

Corpus striatum

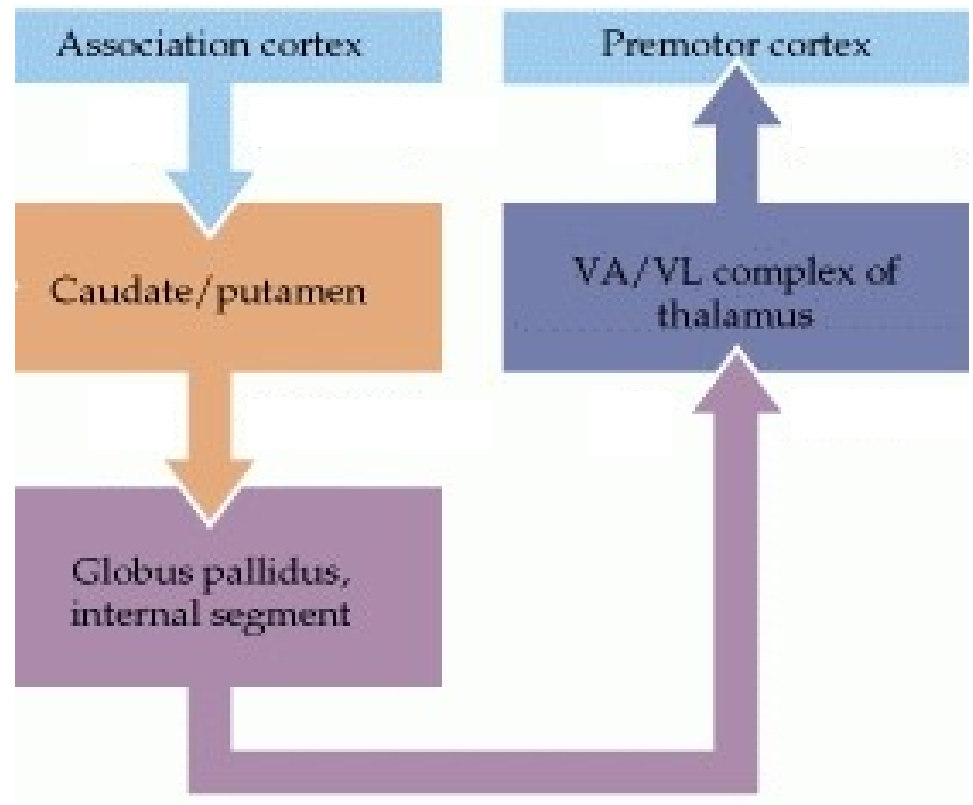
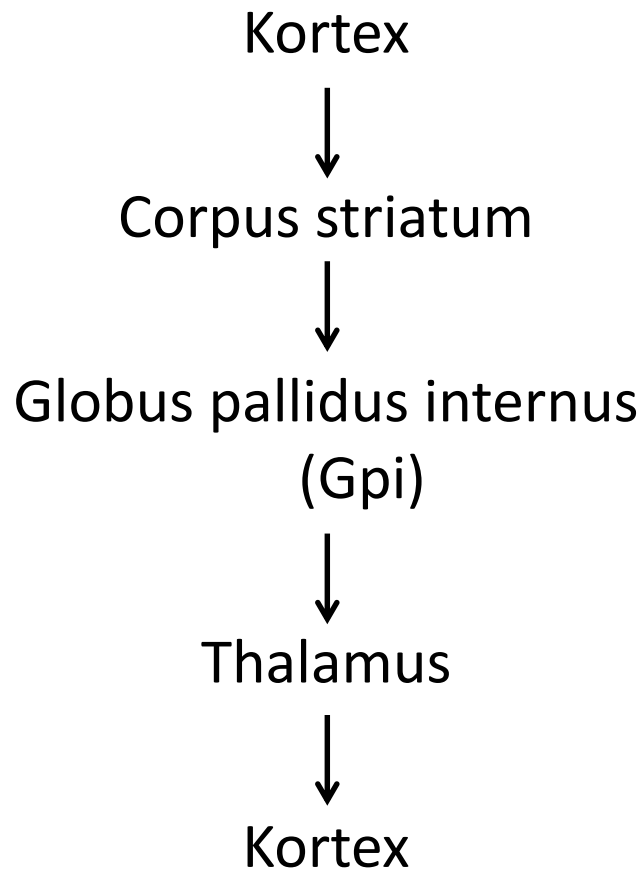
- Kromě primární zrakové a primární sluchové kůry dostává informace ze všech korových oblastí
- Nejvíce informací
 - Z asociačních oblastí (frontální a parietální)
 - Z motorických oblastí



Bazální ganglia

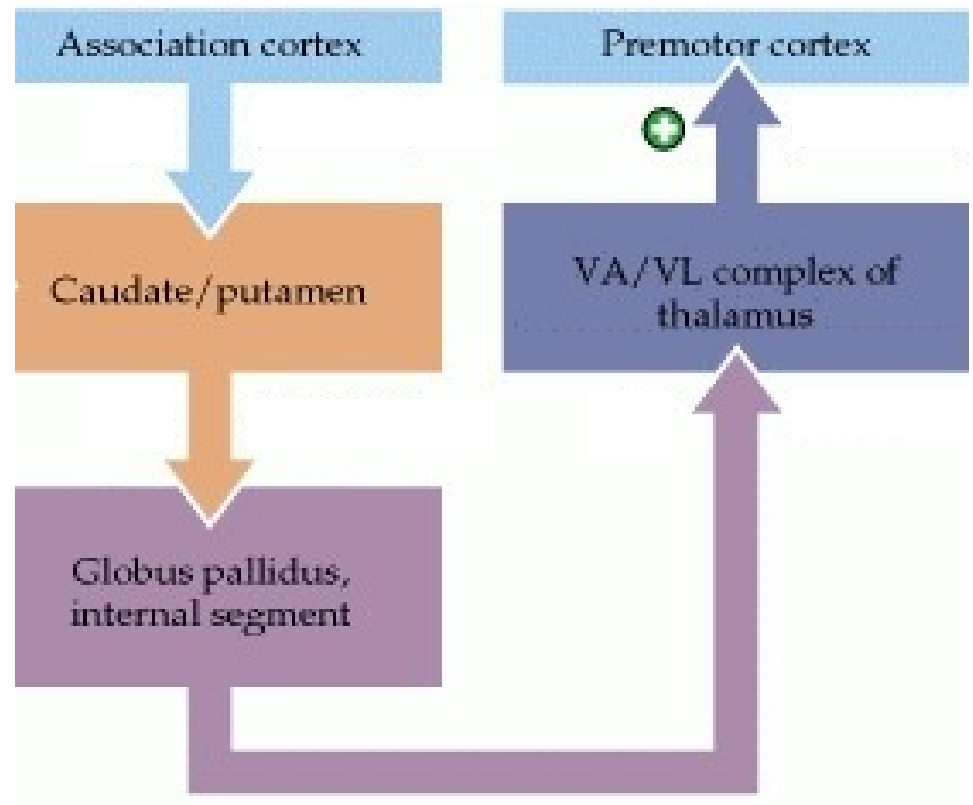
- Řízení motoriky realizováno dvěma okruhy
 - Přímá dráha
 - Aktivace motorického kortexu
 - Nepřímá dráha
 - Inhibice motorického kortexu

Přímá dráha



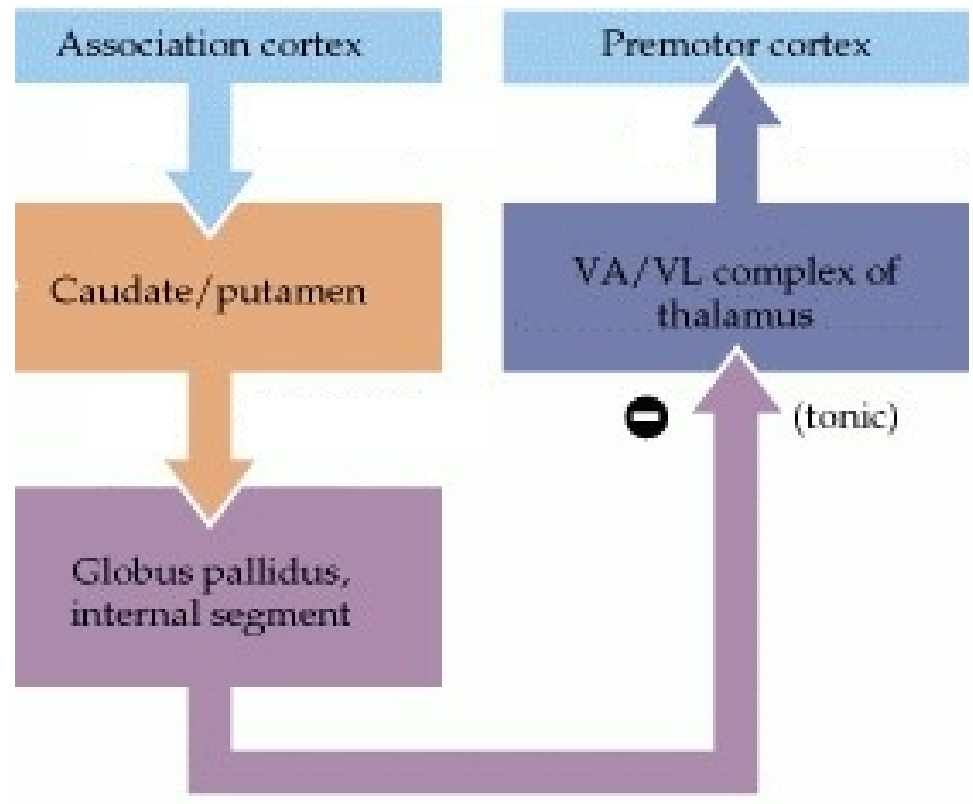
Přímá dráha

- Motorická jádra thalamu aktivují motorický kortex



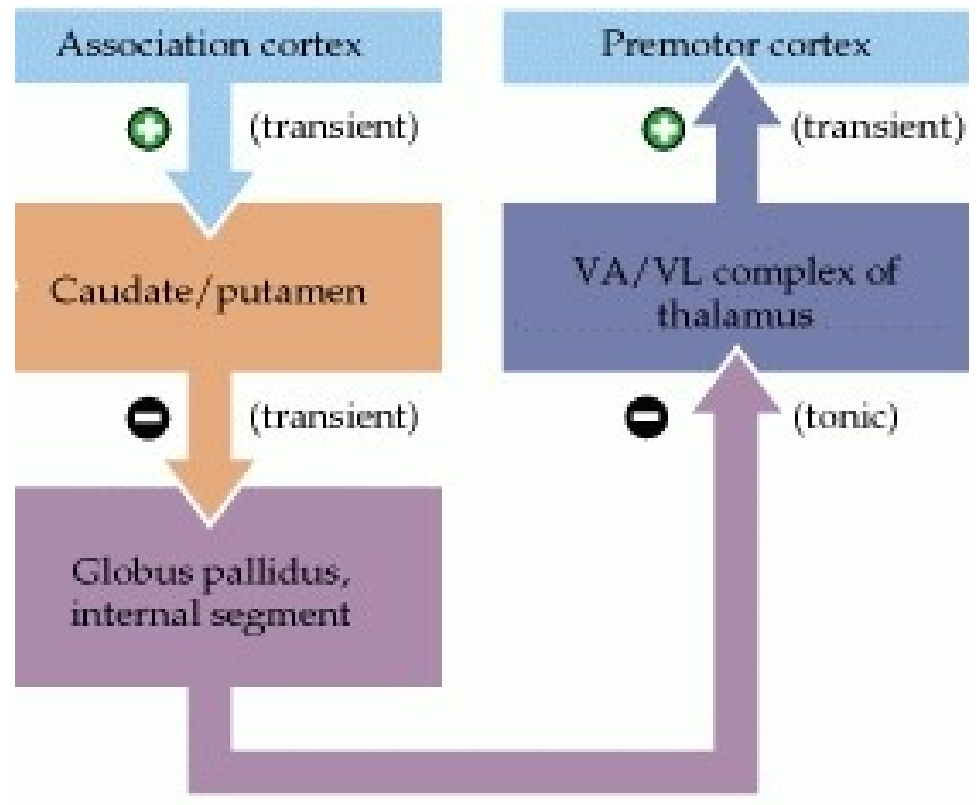
Přímá dráha

- Motorická jádra thalamu aktivují motorický kortex
- GPi tonicky tlumí motorická jádra thalamu

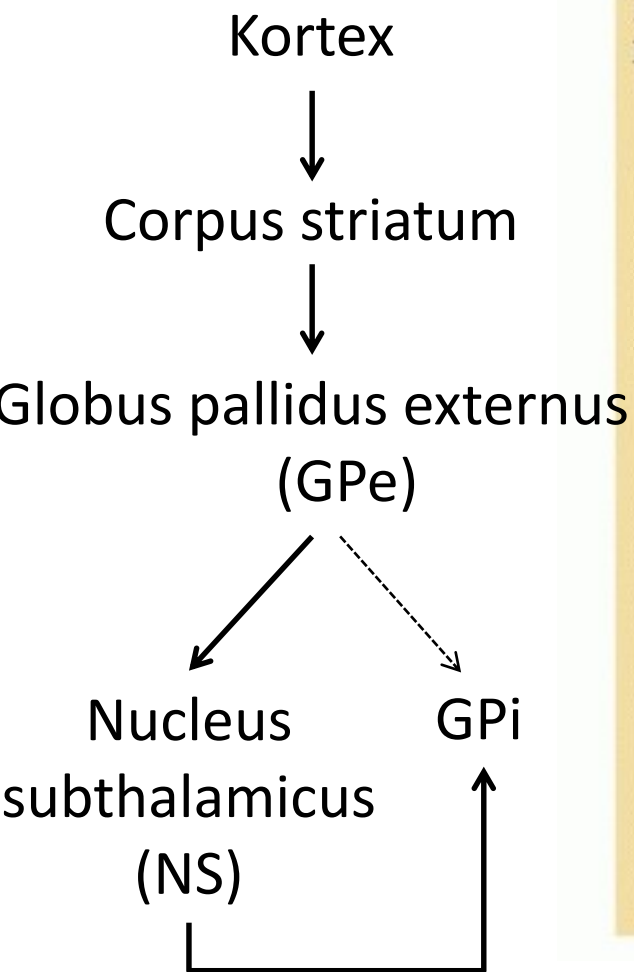


Přímá dráha

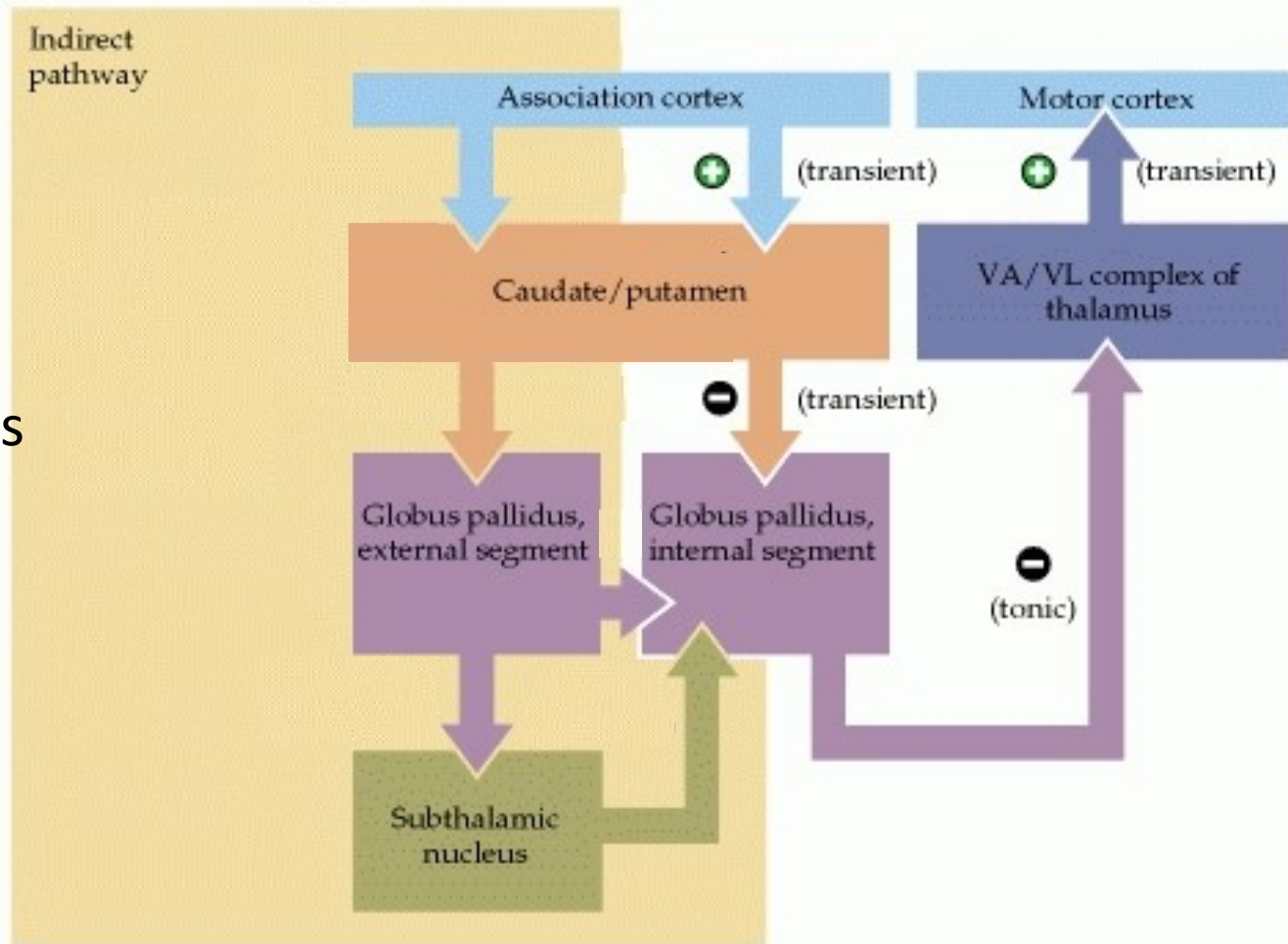
- Motorická jádra thalamu aktivují motorický kortex
- GPi tonicky tlumí motorická jádra thalamu
- Aktivované corpus striatum pulsně inhibuje GPi, což přechodně desinhibuje motorická jádra thalamu



Nepřímá dráha

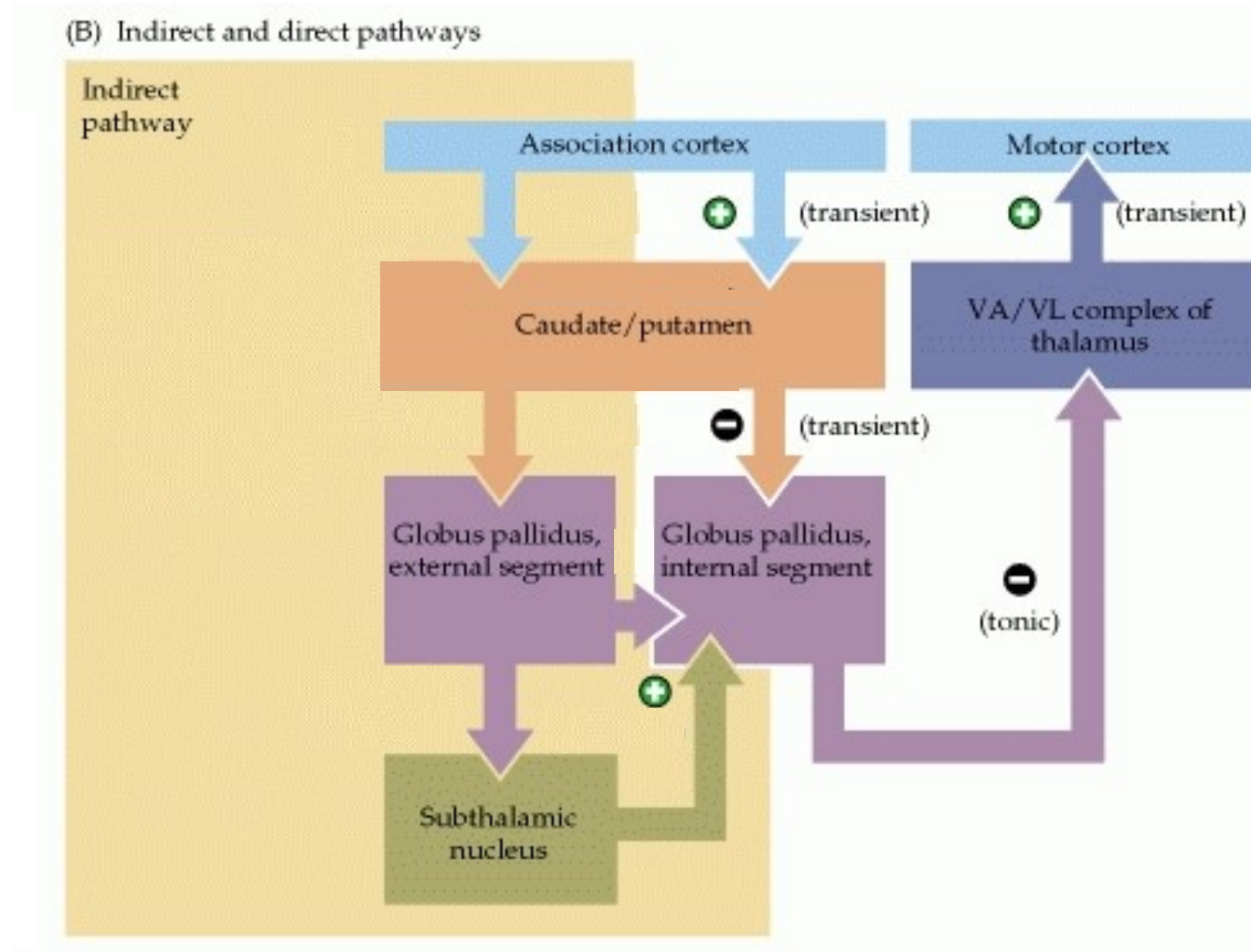


(B) Indirect and direct pathways



Nepřímá dráha

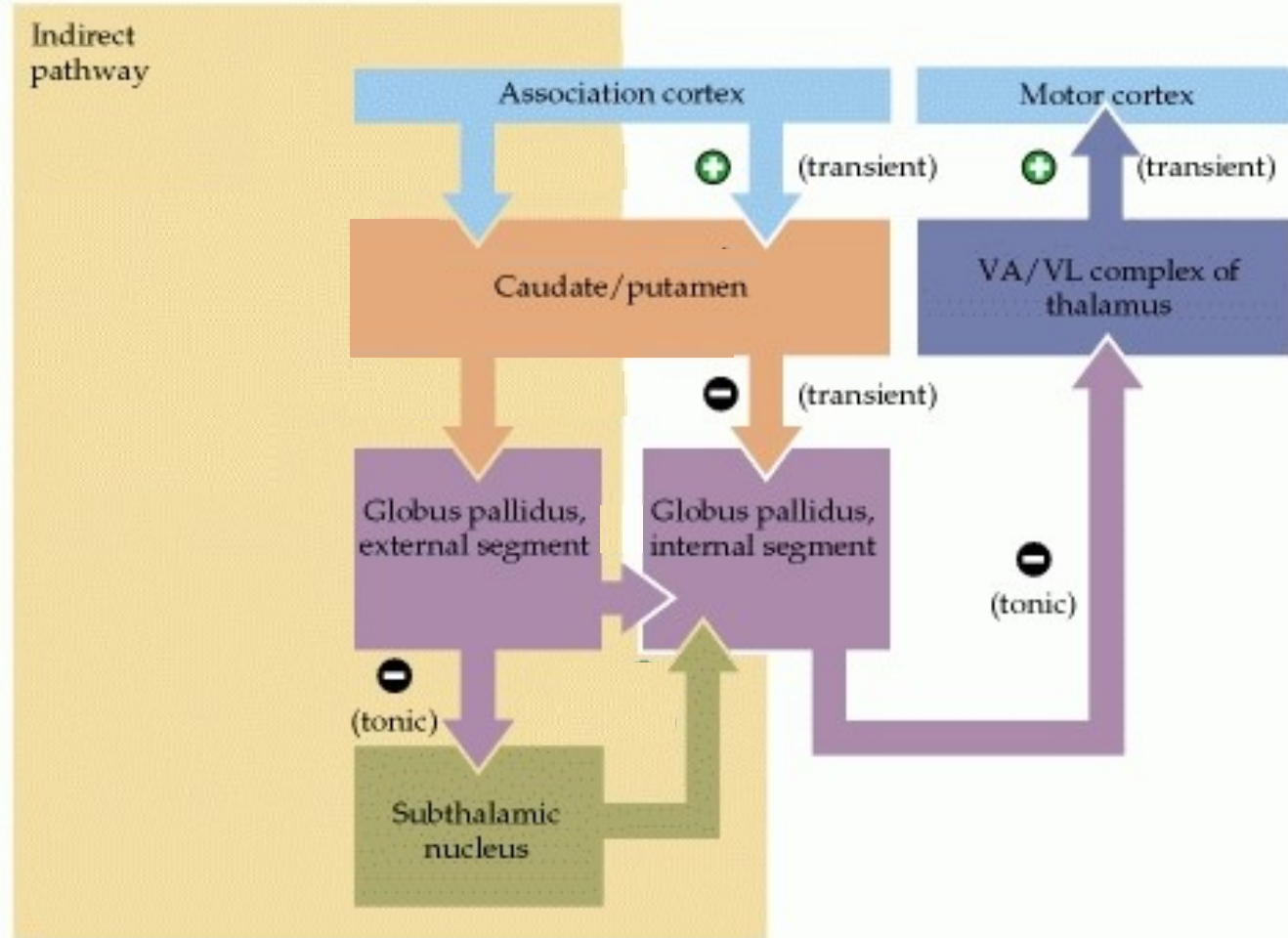
- NS aktivuje GPi



Nepřímá dráha

- NS aktivuje GPi
- GPe tonicky tlumí NS

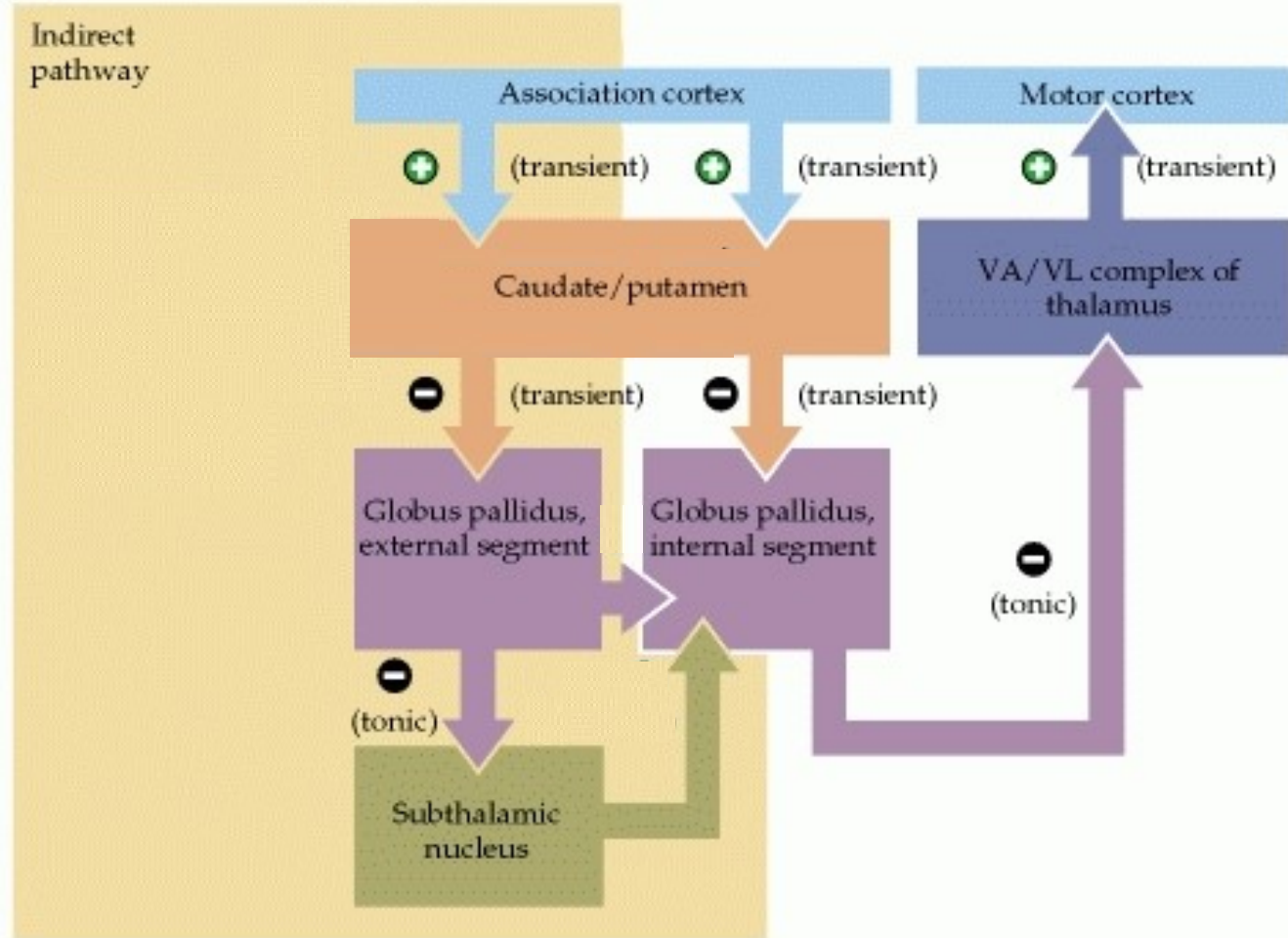
(B) Indirect and direct pathways



Nepřímá dráha

- NS aktivuje GPi
- GPe tonicky tlumí NS
- Corpus striatum pulsně inhibuje GPe

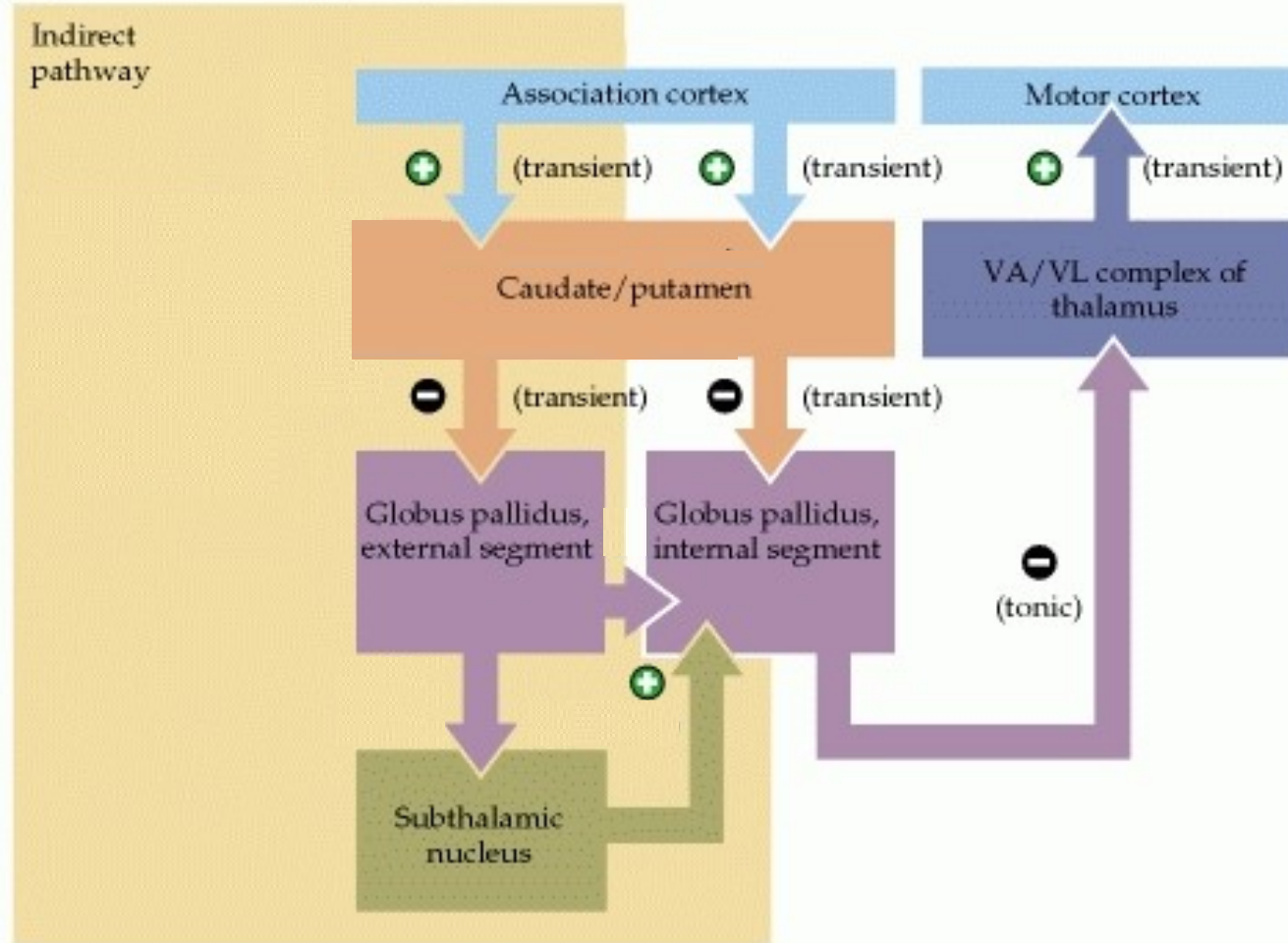
(B) Indirect and direct pathways



Nepřímá dráha

- NS aktivuje GPI
 - GPe tonicky tlumí NS
 - Corpus striatum pulsně inhibuje GPe
- ↓
- Desinhibice NS
- ↓
- Aktivace Gpi

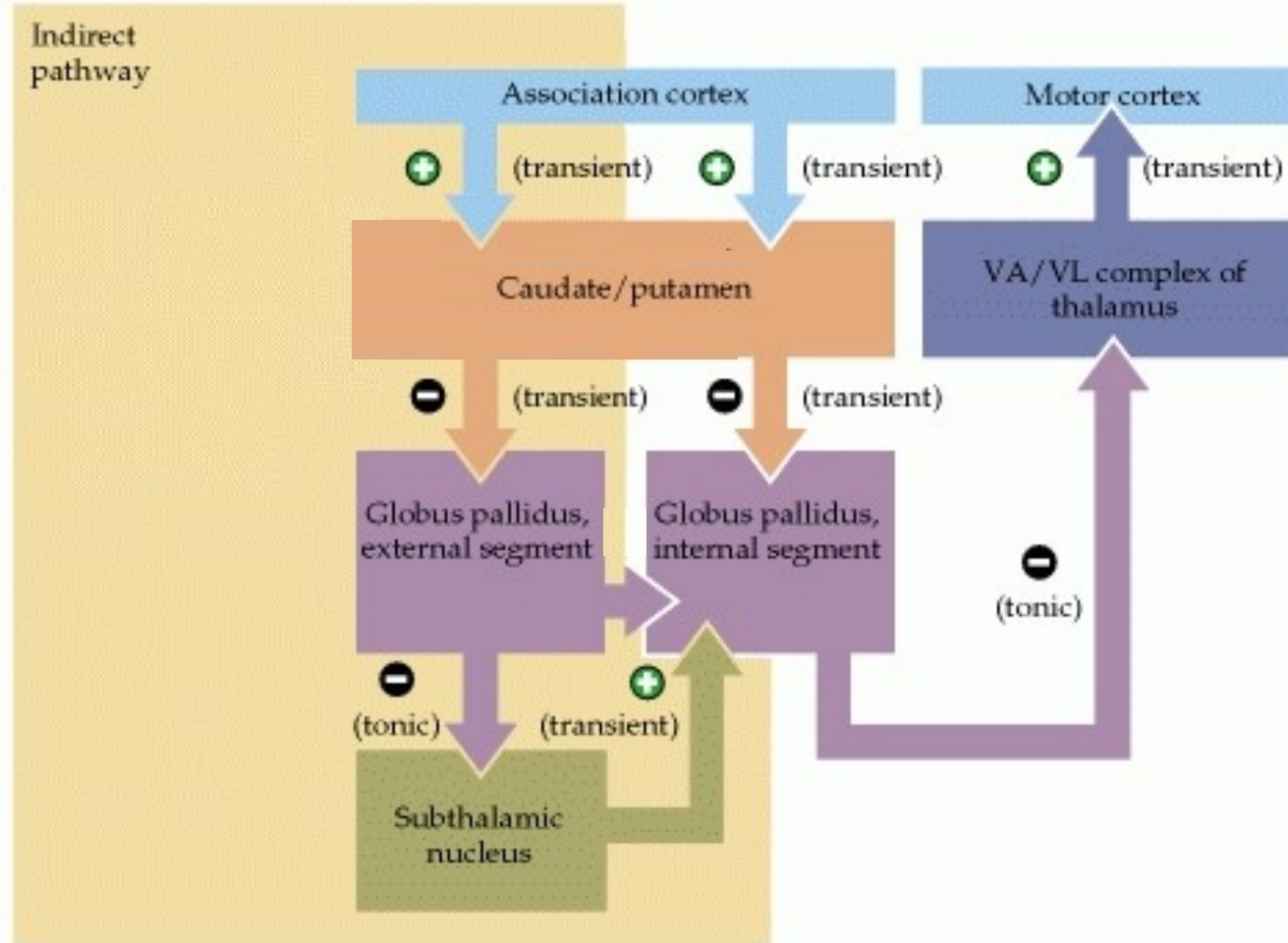
(B) Indirect and direct pathways



Nepřímá dráha

- NS aktivuje GPI
 - GPe tonicky tlumí NS
 - Corpus striatum pulsně inhibuje GPe
- ↓
- Desinhibice NS
- ↓
- Aktivace Gpi

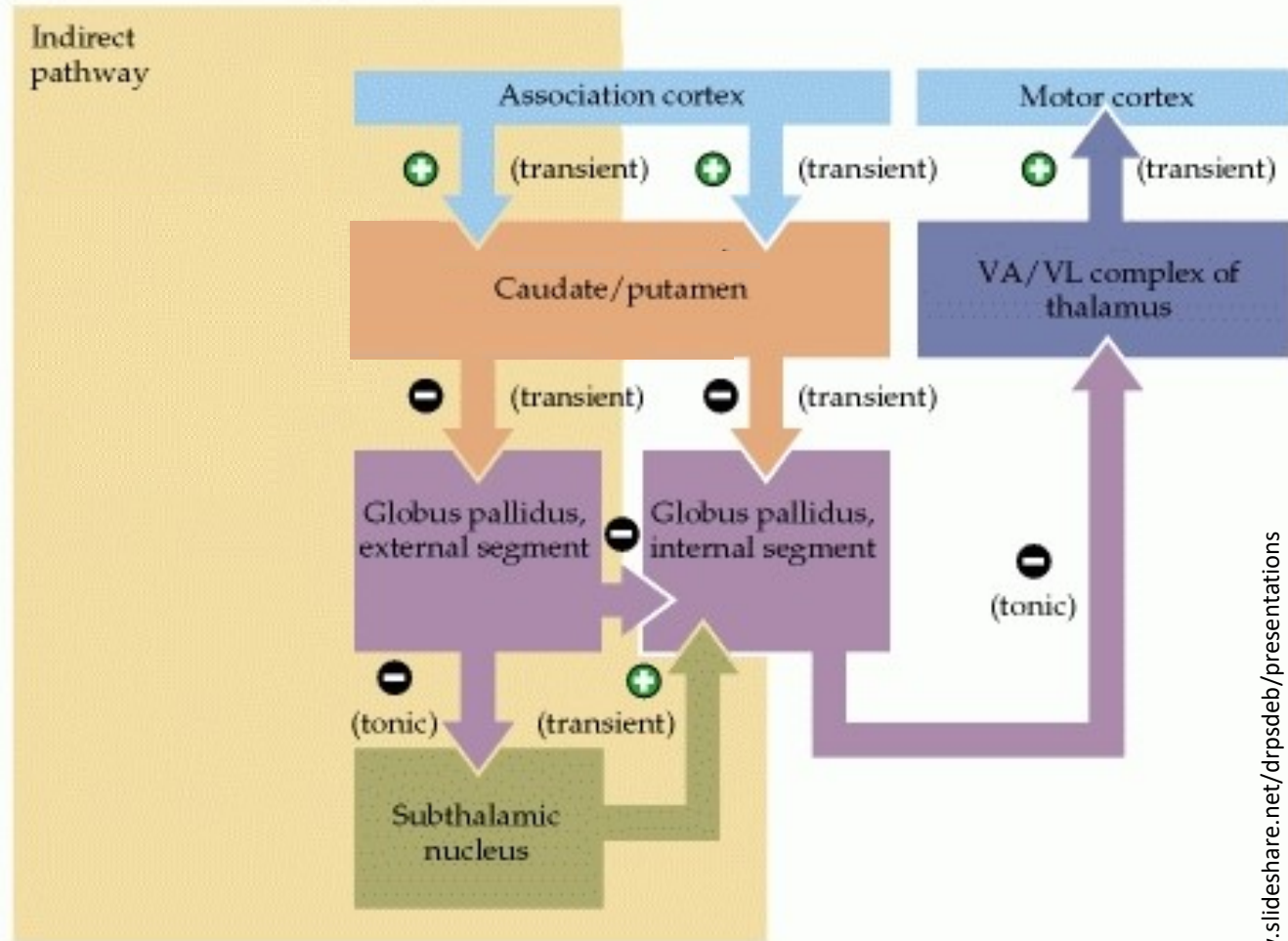
(B) Indirect and direct pathways



Nepřímá dráha

- NS aktivuje GPI
 - GPe tonicky tlumí NS
 - Corpus striatum pulsně inhibuje GPe
- ↓
- Desinhibice NS
- ↓
- Aktivace Gpi

(B) Indirect and direct pathways

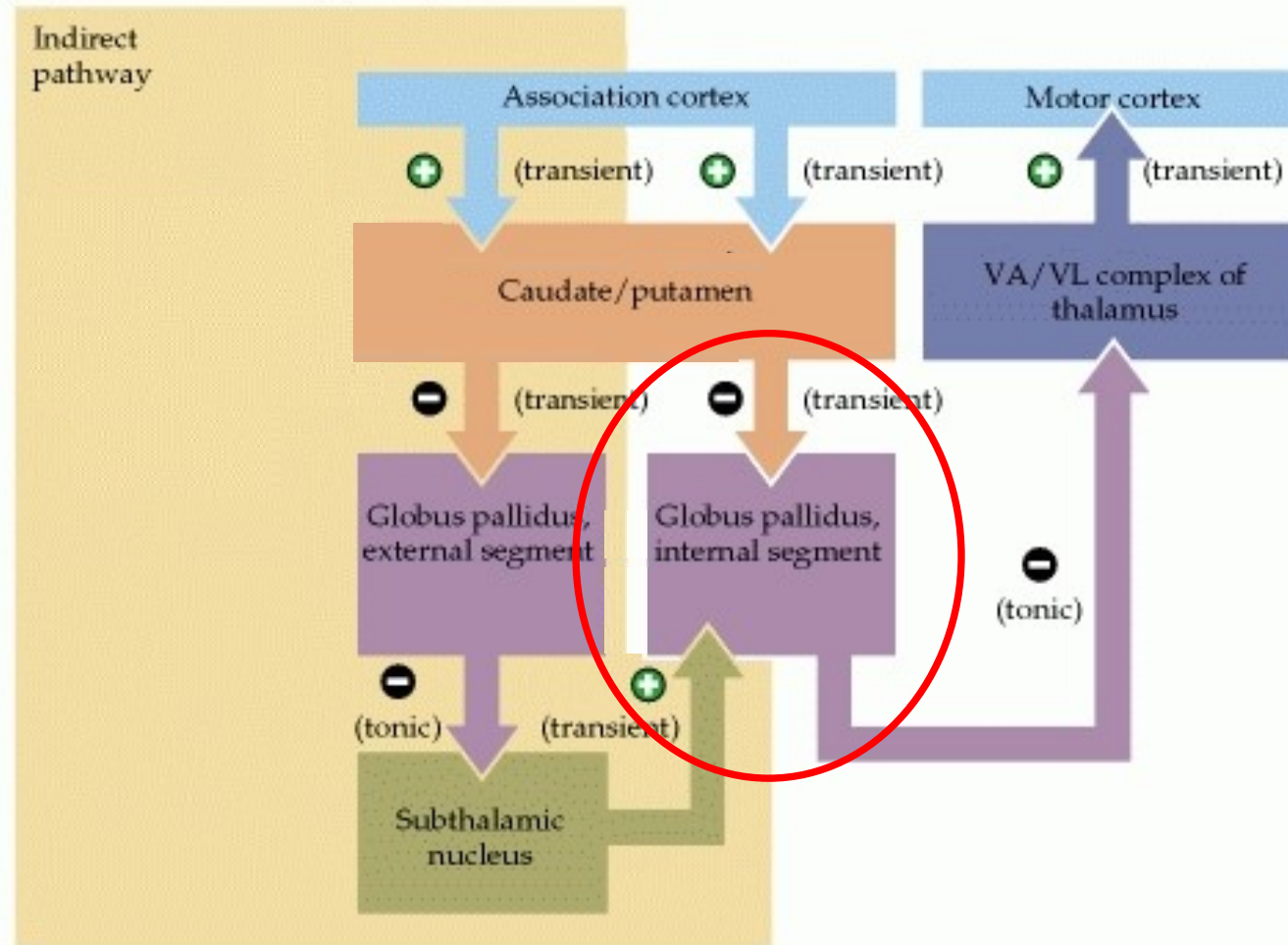


- Existuje také méně významná přímá inhibice Gpi z GPe

Rozdíl mezi přímou a nepřímou dráhou

- Přímá dráha
 - Aktivace motorického kortexu
- Nepřímá dráha
 - Inhibice motorického kortexu

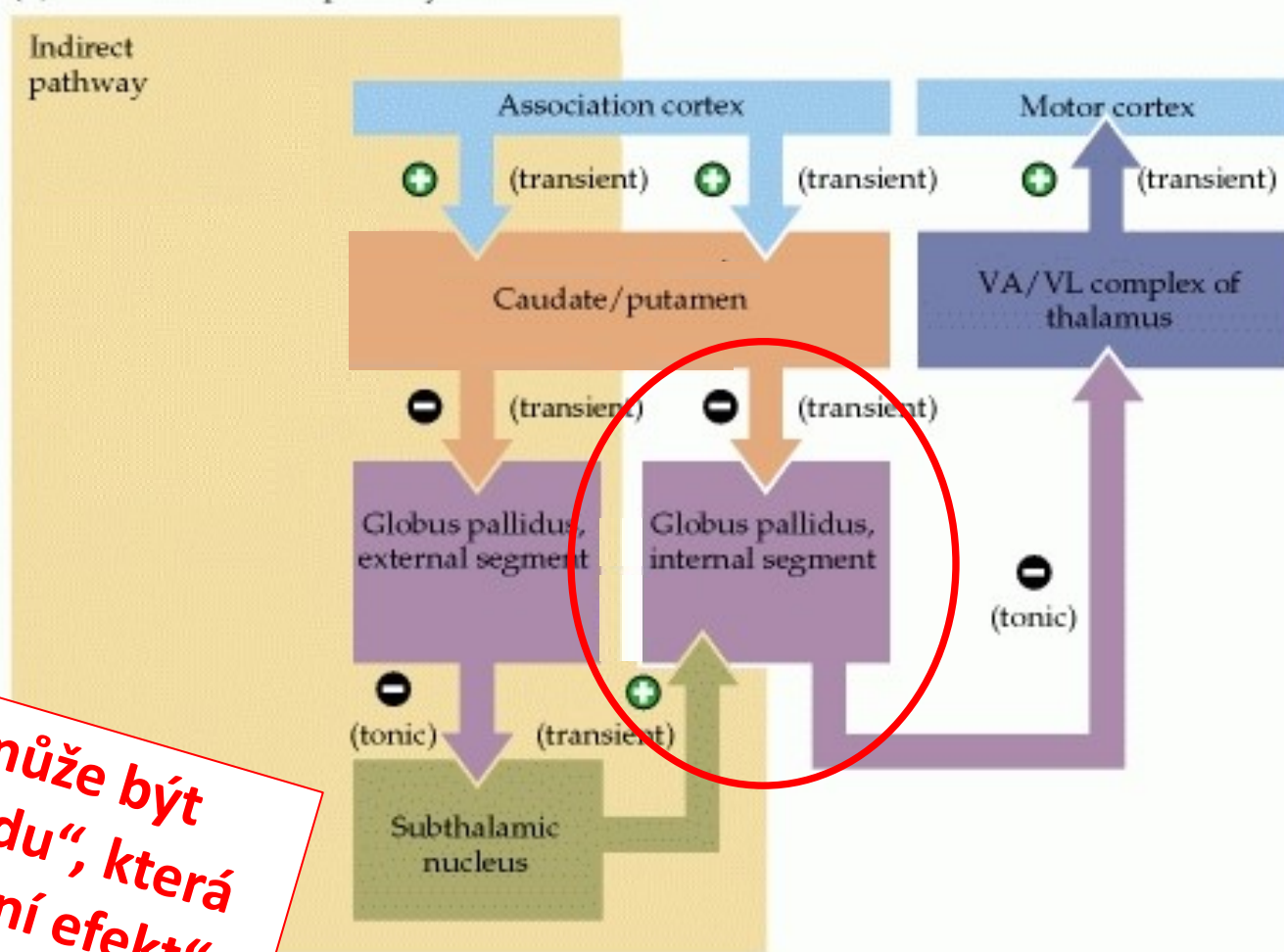
(B) Indirect and direct pathways



Rozdíl mezi přímou a nepřímou dráhou

- Přímá dráha
 - Aktivace motorického kortexu
- Nepřímá dráha
 - Inhibice motorického kortexu

(B) Indirect and direct pathways

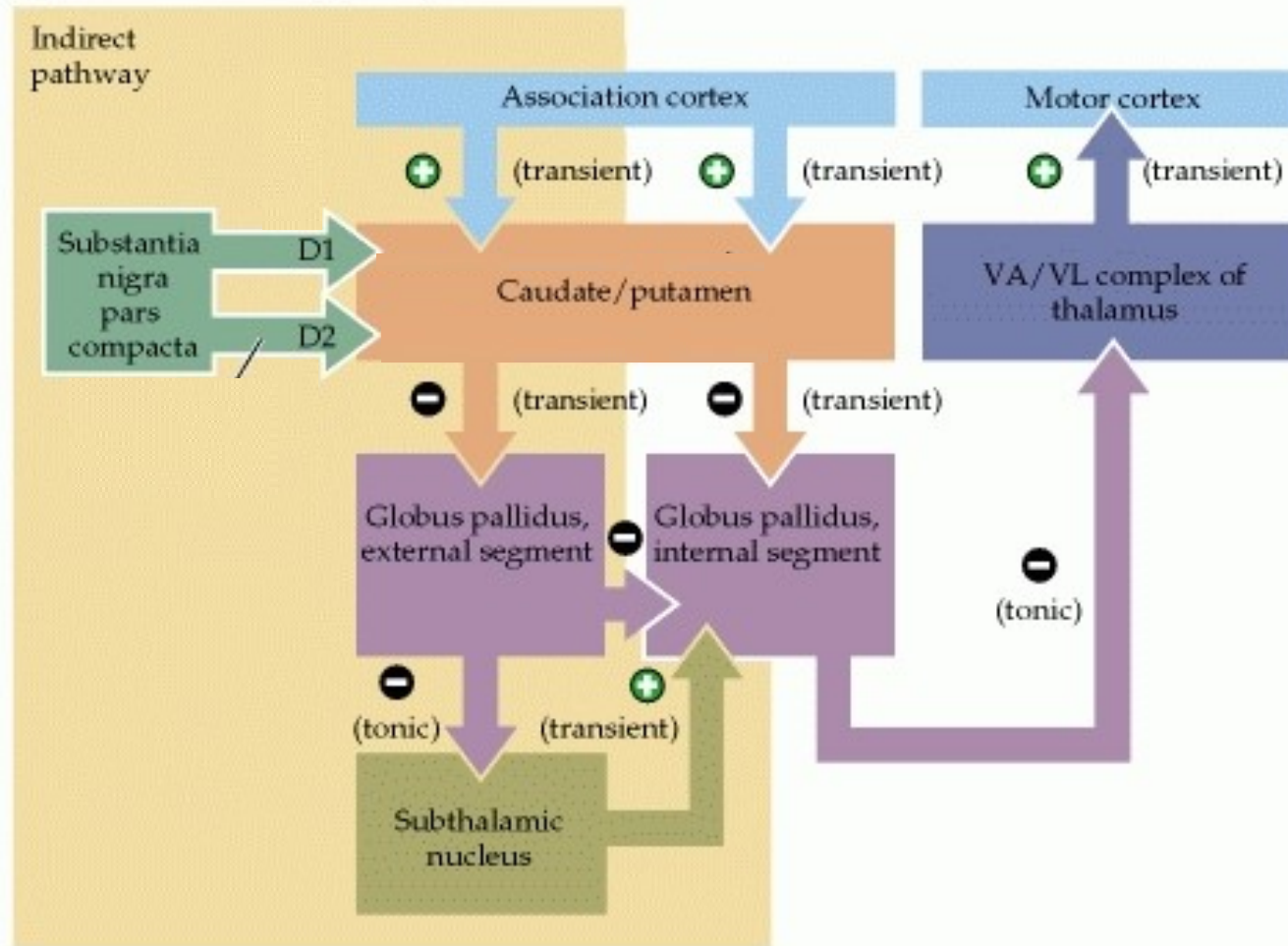


Nepřímá dráha může být považována za „brzdu“, která doladuje „akcelerační efekt“ přímé dráhy

Dopaminergní projekce

- Pro činnost corpus striatum je stěžejní dopaminergní projekce ze s. nigra pars compacta

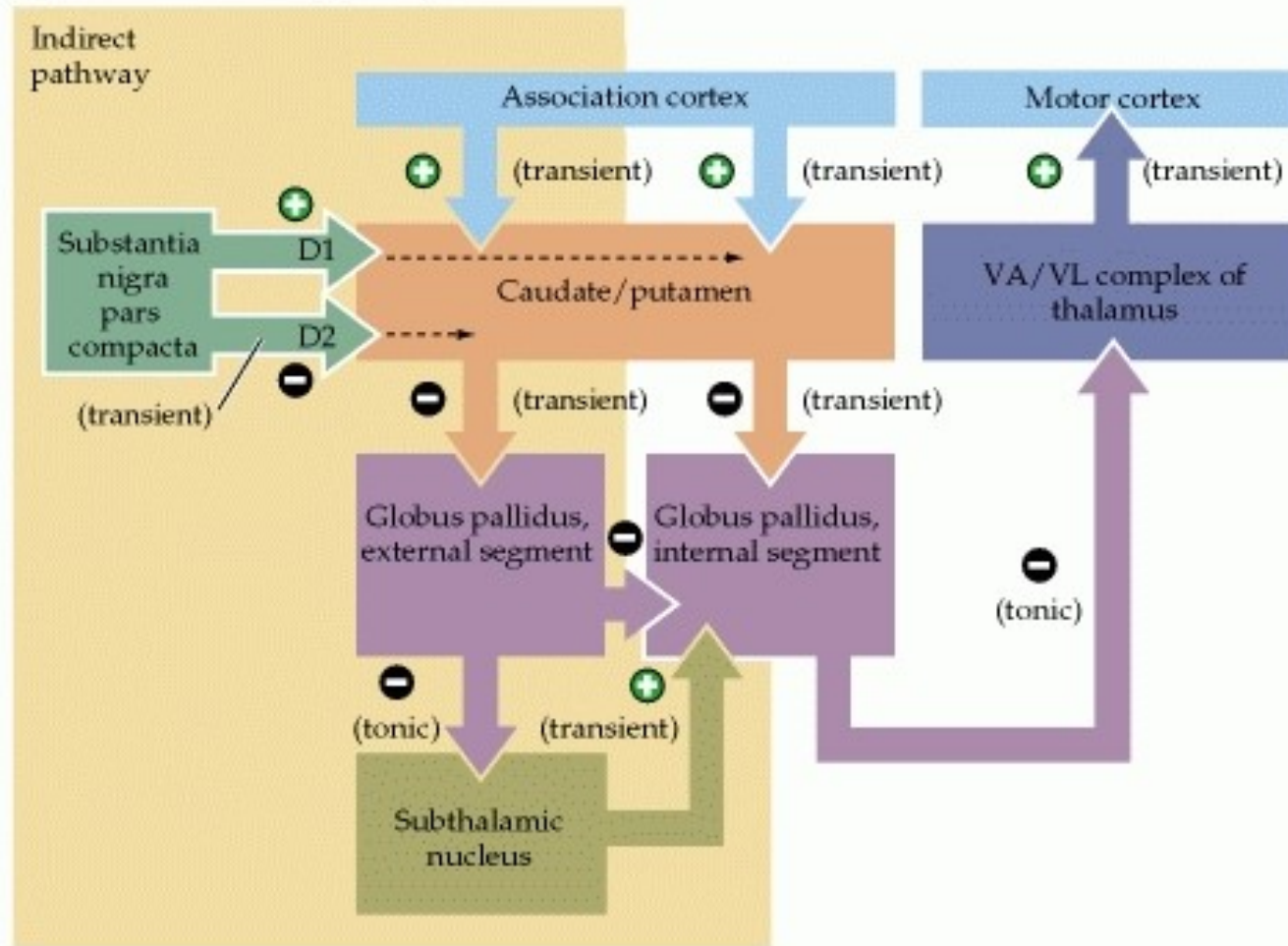
(B) Indirect and direct pathways



Dopaminergní projekce

- Pro činnost corpus striatum je stěžejní dopaminergní projekce ze s. nigra pars compacta
 - D1 receptory
- Aktivace přímé dráhy
 - D2 receptory

(B) Indirect and direct pathways

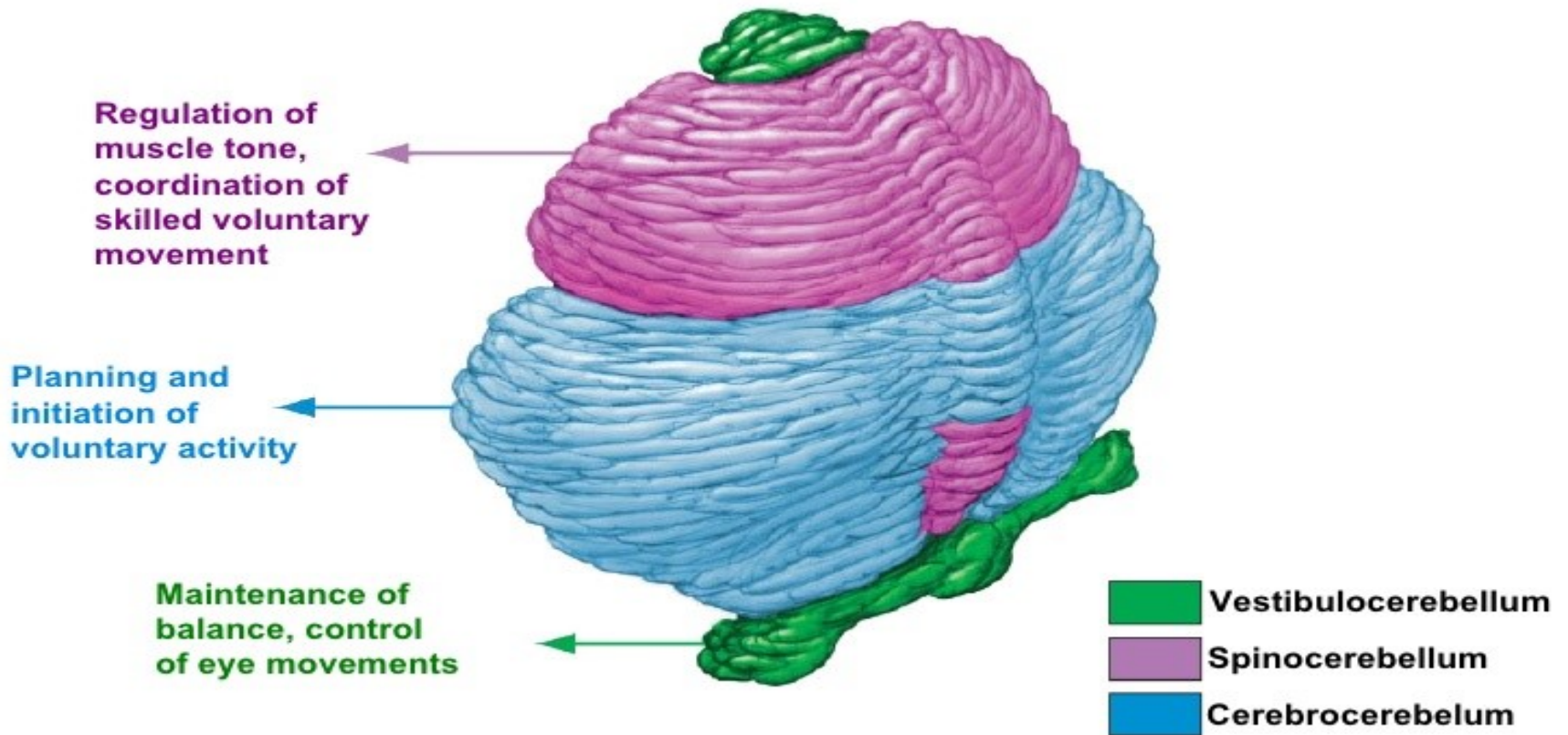


Bazální ganglia

- Vedle motorické smyčky existují i další smyčky, které jdou přes jiná thalamická jádra
- „Gating“ jiného druhu informace
- Asociační smyčka
- Limbická smyčka
- Bazální ganglia hrají významnou roli v procesu myšlení
- Spoje corpus striatum jsou plastické, což umožňuje učení a toto mělo nesmírný evoluční význam

Mozeček

Koordinace



Mozeček

Podobně jako bazální ganglia hraje i mozeček nezastupitelnou roli nejen při koordinaci pohybu, ale i při „koordinaci“ myšlenek