

M U N I

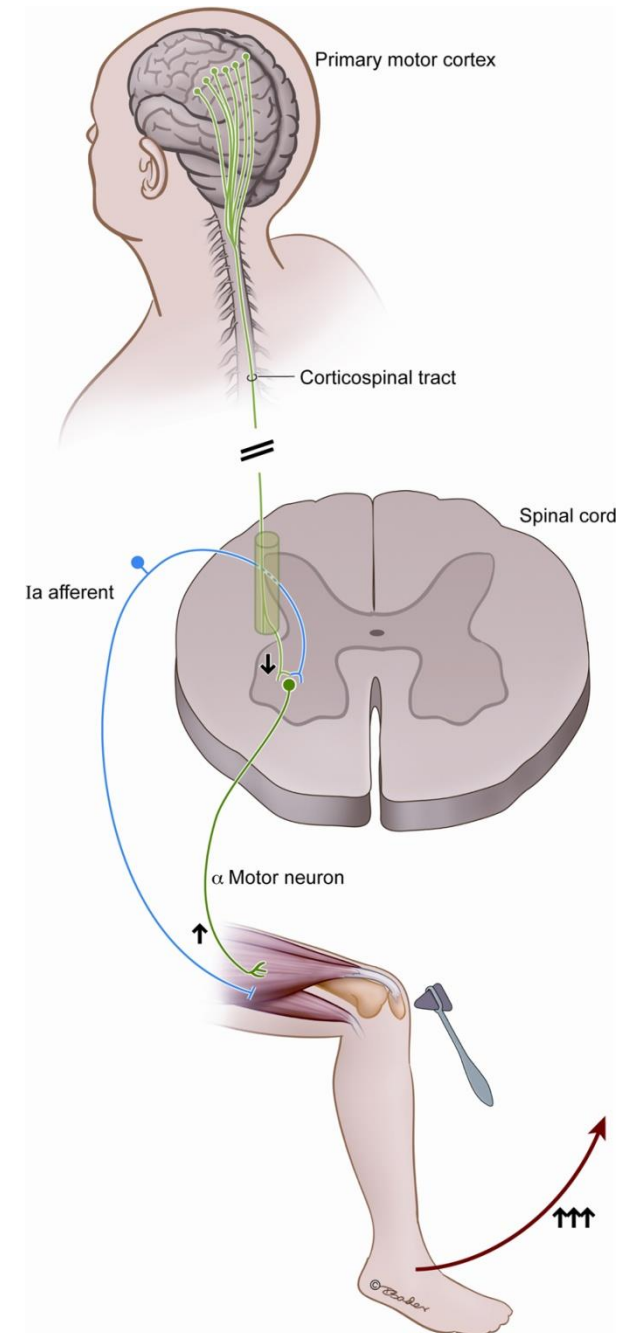
M E D

**M U N I**  
**M E D**

# **Motorika**

# Úvod

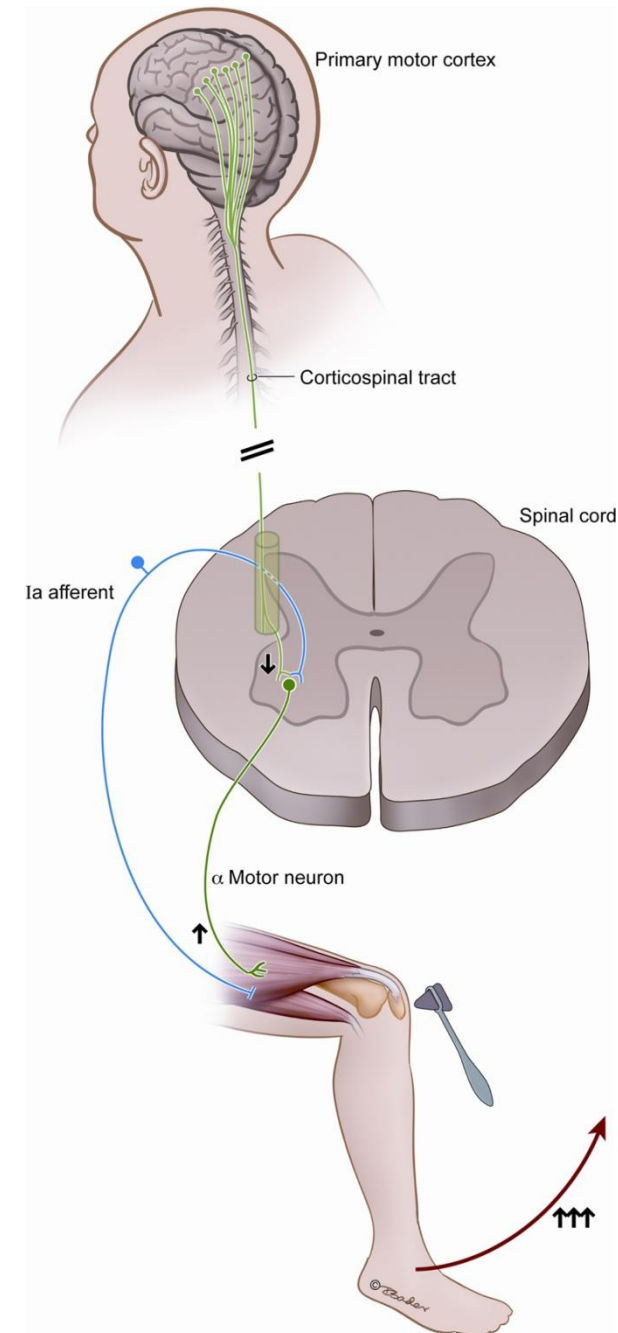
- Motorická akce je výsledkem aktivity dolního motoneuronu
- Dolní motoneuron je součástí lokálního reflexního okruhu



[http://www.frontiersin.org/files/Articles/42416/fnhum-07-00085-HTML/image\\_my/fnhum-07-00085-g001.jpg](http://www.frontiersin.org/files/Articles/42416/fnhum-07-00085-HTML/image_my/fnhum-07-00085-g001.jpg)

# Úvod

- Motorická akce je výsledkem aktivity dolního motoneuronu
- Dolní motoneuron je součástí lokálního reflexního okruhu
- Dolní motoneuron integruje informace z různých vstupů
  - Vyšší etáže CNS
    - Horní motoneuron, tectum, n. ruber, mozkový kmen
  - Propriocepce



[http://www.frontiersin.org/files/Articles/42416/fnhum-07-00085-HTML/image\\_my/fnhum-07-00085-g001.jpg](http://www.frontiersin.org/files/Articles/42416/fnhum-07-00085-HTML/image_my/fnhum-07-00085-g001.jpg)

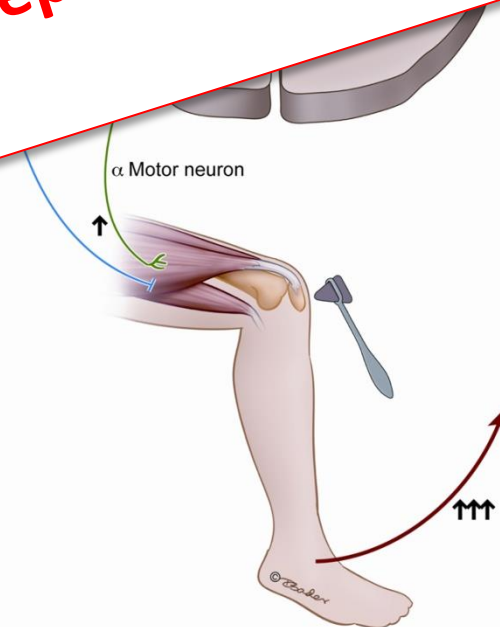
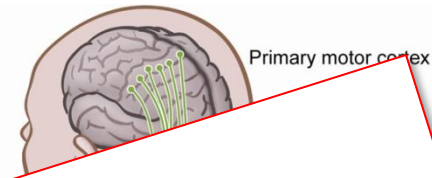


# Úvod

- Motorická akce je výsledkem aktivity dolního motoneuronu
- Dolní motoneuron reguluje aktivitu lokálních reflexních oblouků v souladu s požadavky z vyšších etáží CNS
- Dolní motoneuron reguluje aktivitu lokálních reflexních oblouků na základě informace z propriocepčního aparátu

**Dolní motoneuron reguluje aktivitu lokálních reflexního okruhu v souladu s požadavky z vyšších etáží CNS**

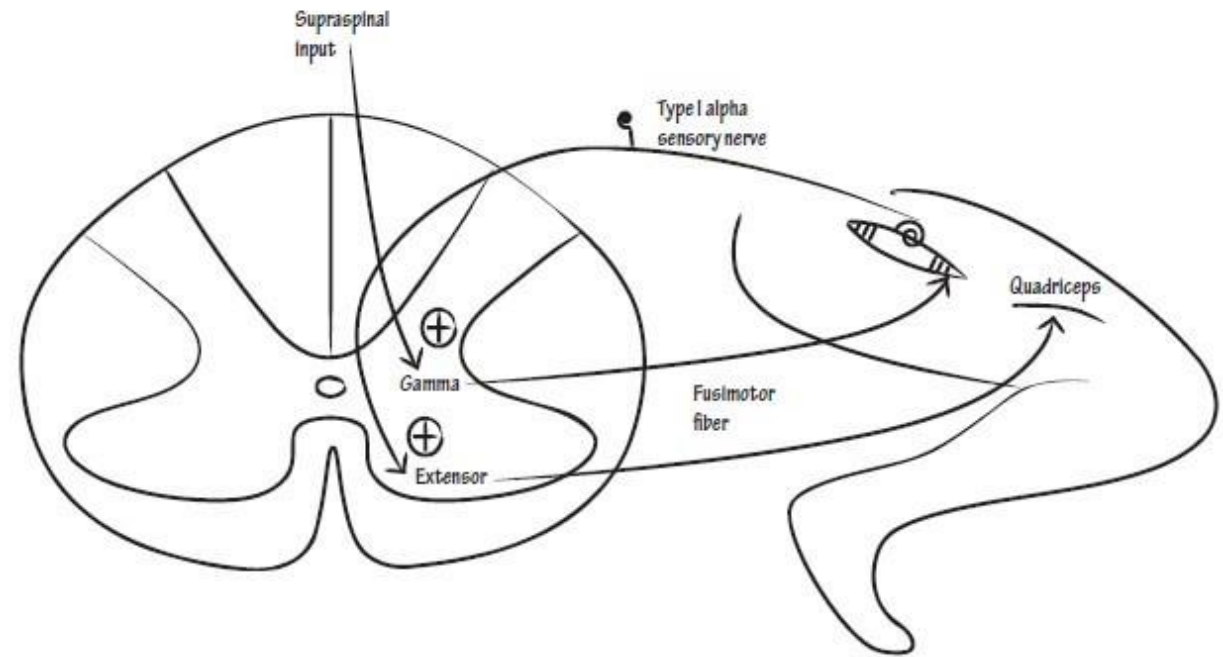
**Dolní motoneuron reguluje aktivitu lokálních reflexních oblouků na základě informace z propriocepčního aparátu**



[http://www.frontiersin.org/files/Articles/42416/fnhum-07-00085-HTML/image\\_my/fnhum-07-00085-g001.jpg](http://www.frontiersin.org/files/Articles/42416/fnhum-07-00085-HTML/image_my/fnhum-07-00085-g001.jpg)

# Dolní motoneuron

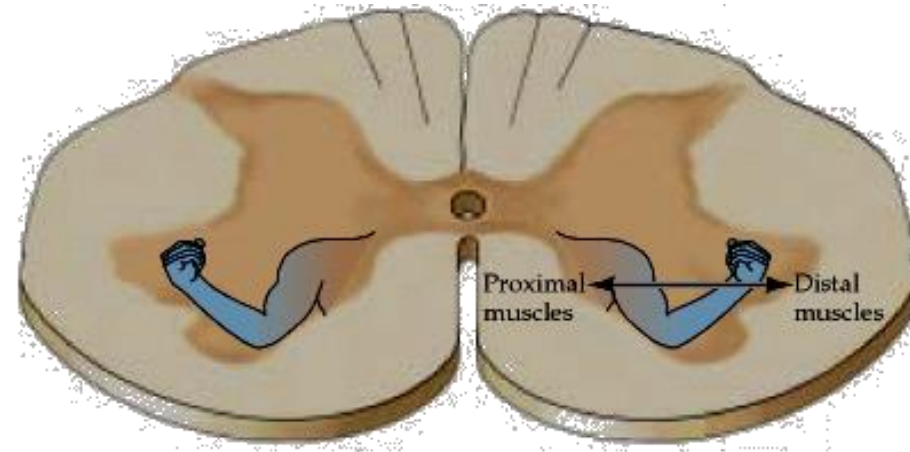
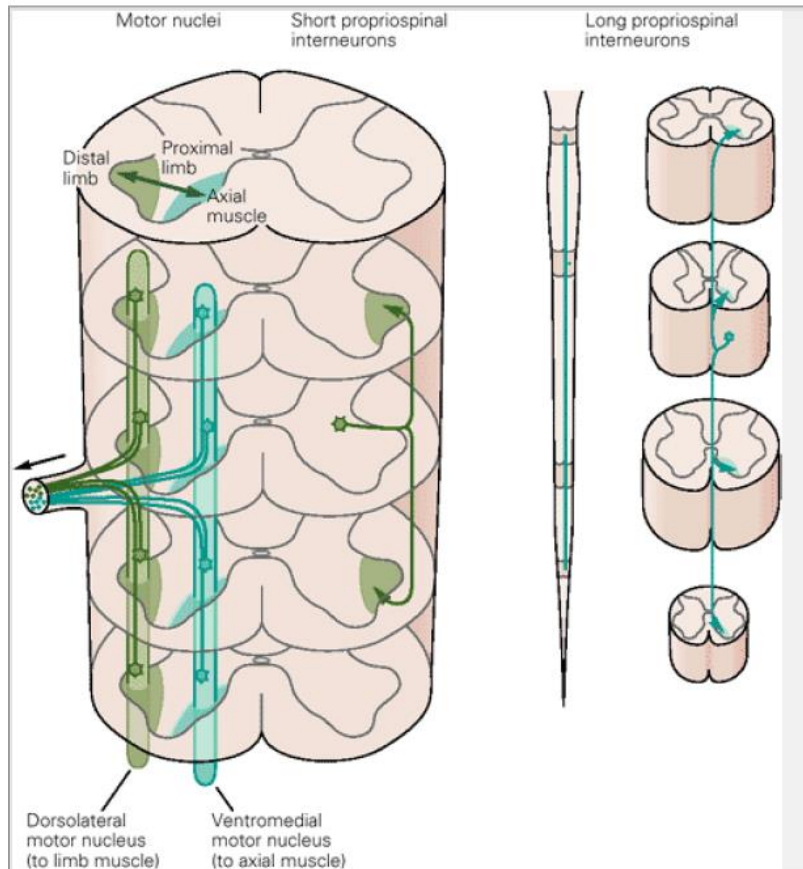
- **$\alpha$  motoneuron**
  - inervace kontraktilního aparátu
  - extrafuzální vlákna
  - svalová kontrakce
- **$\gamma$  motoneuron**
  - inervace svalových vřetének
  - intrafuzální vlákna
  - adjustace délky svalového vřeténka
  - gama klička
- **$\beta$  motoneuron**
  - Intrafuzální i extrafuzální vlákna



<http://epomedicine.com/wp-content/uploads/2016/07/gamma-loop.jpg>

# Dolní motoneuron

## Topografie





# Motorická jednotka

- „Průměrný“ sval inervován asi 100 motoneurony, které tvoří motorické jádro
- Každý motoneuron inervuje asi 100-1000 svalových vláken a každé svalové vlákno je inervováno pouze jedním motoneuronem

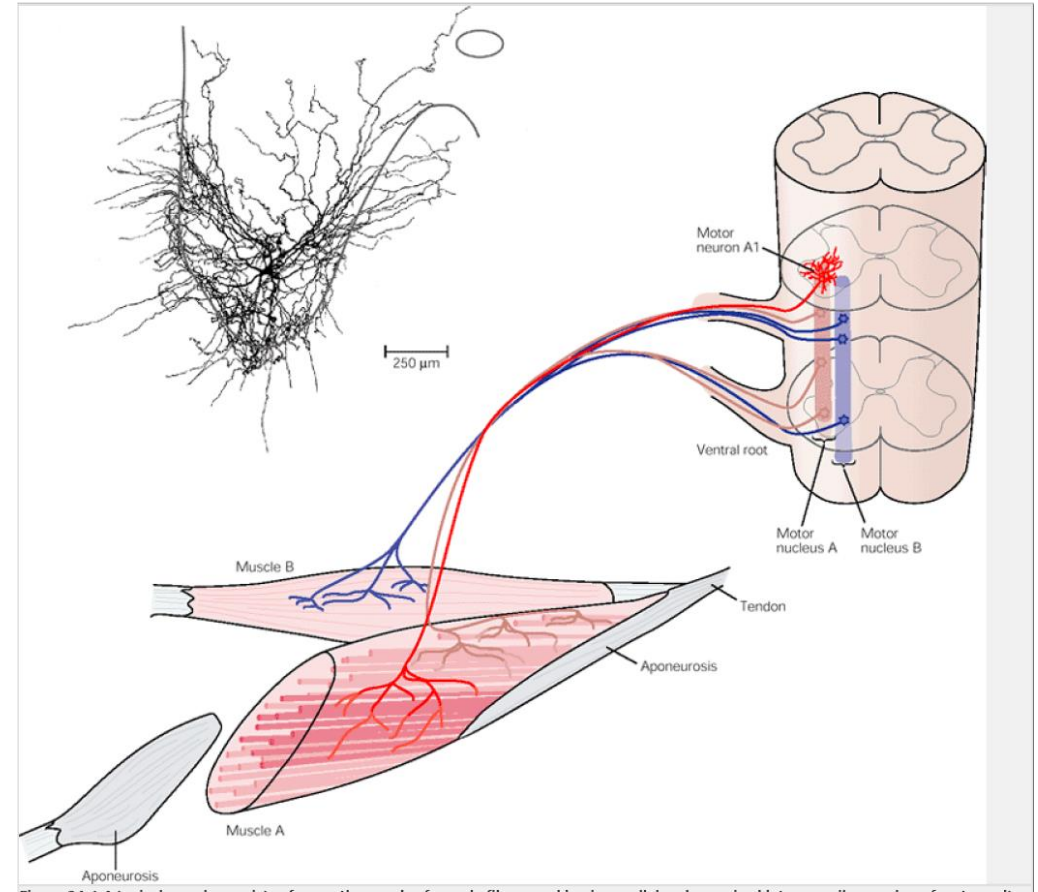


FIGURE 24.1 A typical muscle consists of many thousands of muscle fibers working in parallel and organized into a smaller number of motor units.

<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Motorická jednotka

- „Průměrný“ sval inervován asi 100 motoneurony, které tvoří motorické jádro
- Každý motoneuron inervuje asi 100-1000 svalových vláken a každé svalové vlákno je inervováno pouze jedním motoneuronem
- Soubor svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem tvoří spolu s těmito motoneurony motorickou jednotku

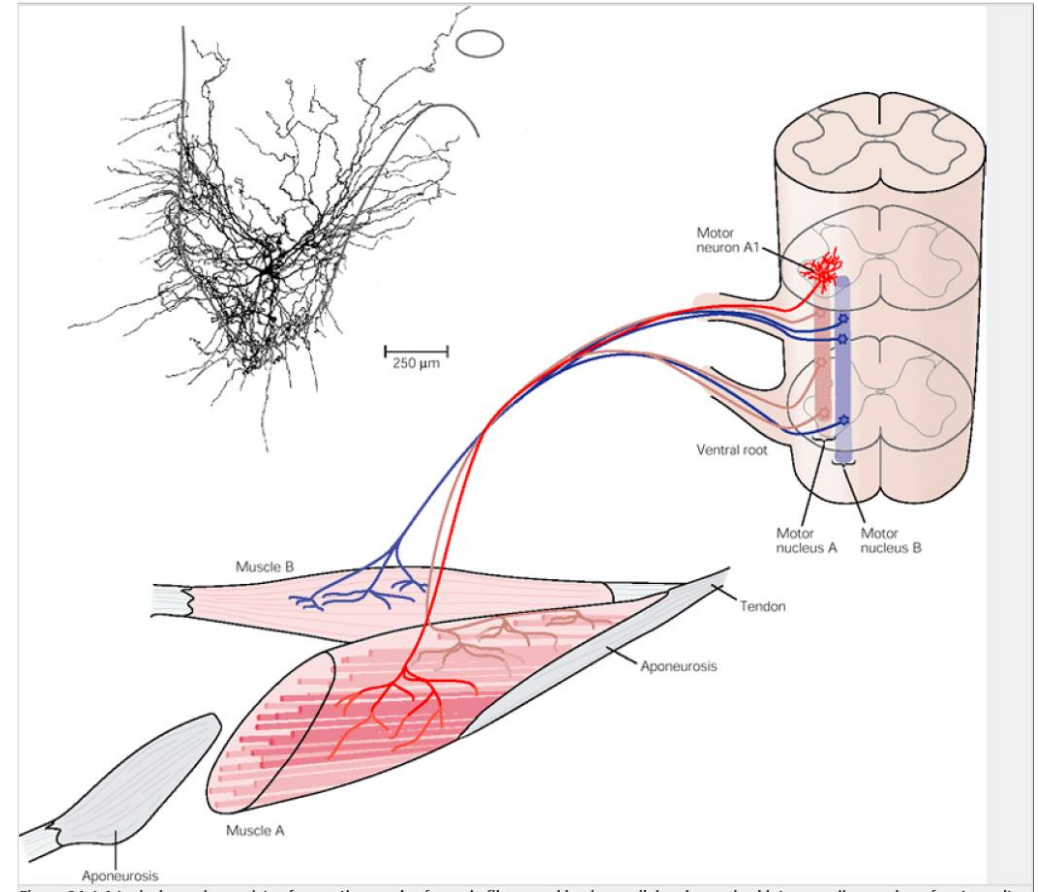


Figure 24.1 A typical muscle consists of many thousands of muscle fibers working in parallel and organized into a smaller number of motor units.

<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

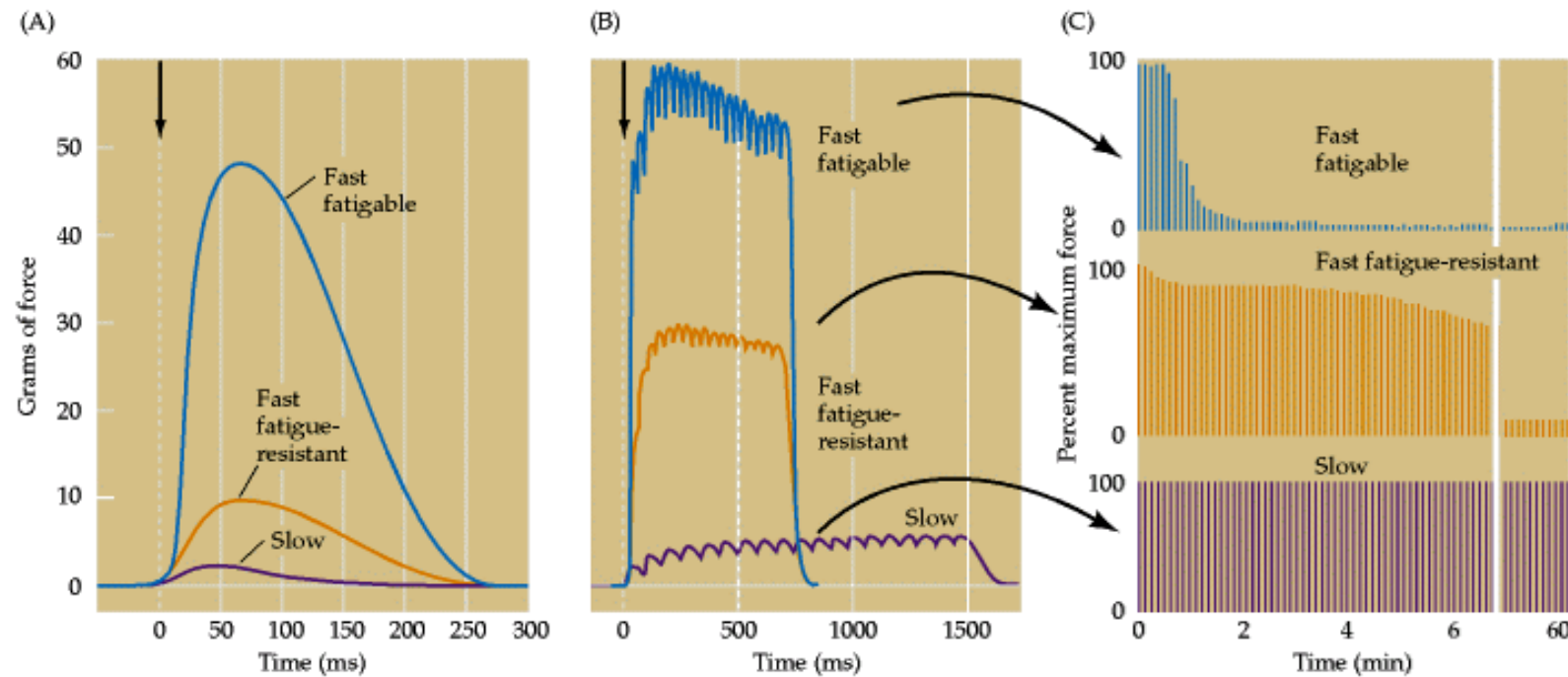
# Typy svalových vláken

## Rychlá vlákna

- Stavěna na výkon
- Rychlá únavě odolná vlákna- běžný výkon
- Rychlá unavitelná vlákna – vysoký výkon

## Pomalá vlákna

- Stavěna na výdrž
- Odolná vůči únavě



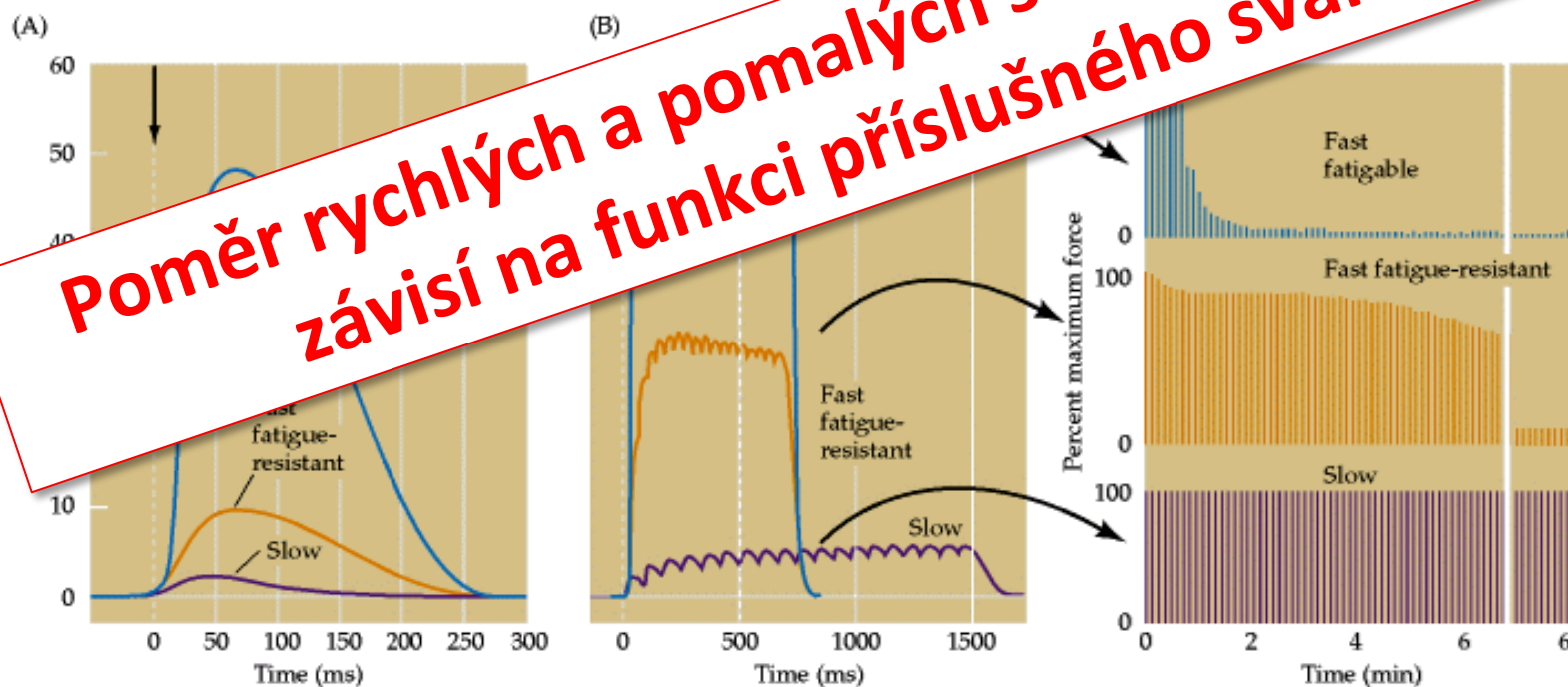
# Typy svalových vláken

## Rychlá vlákna

- Stavěna na výkon
- Rychlá únavě odolná vlákna- běžný výkon
- Rychlá unavitelná vlákna – vysoký výkon

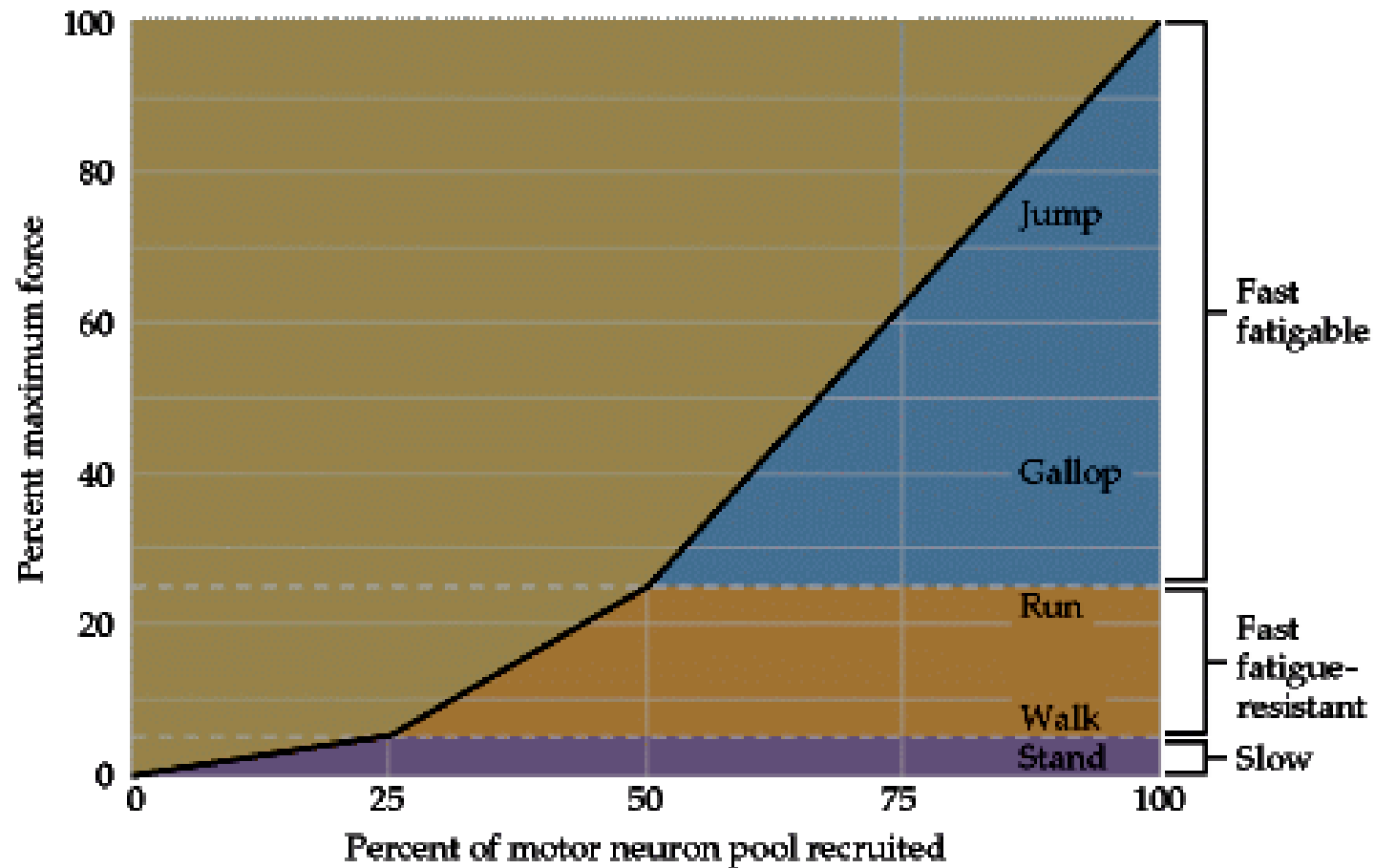
## Pomalá vlákna

- Stavěna na



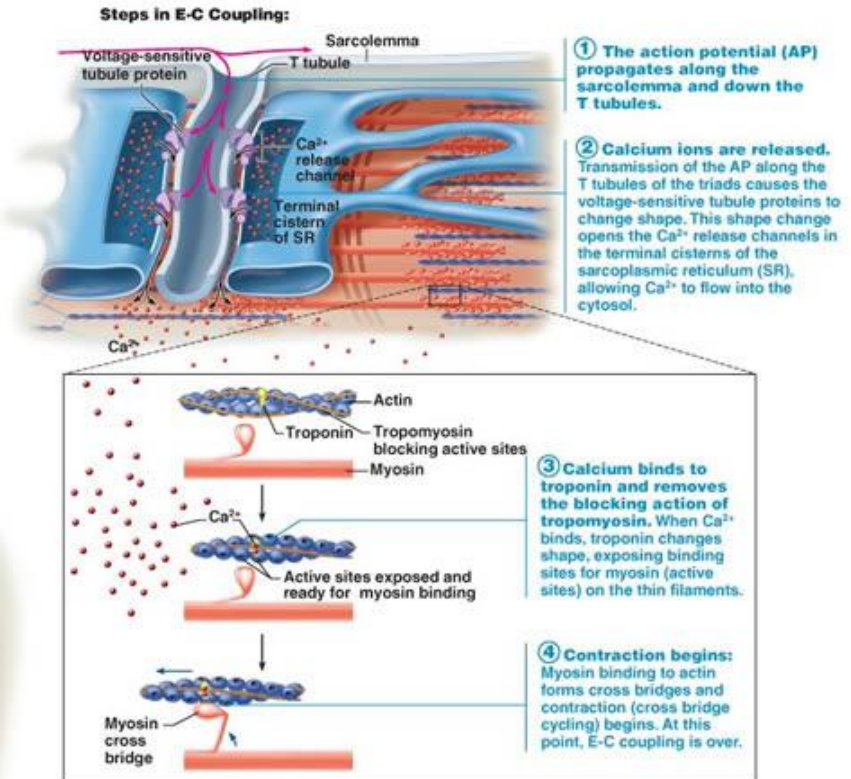
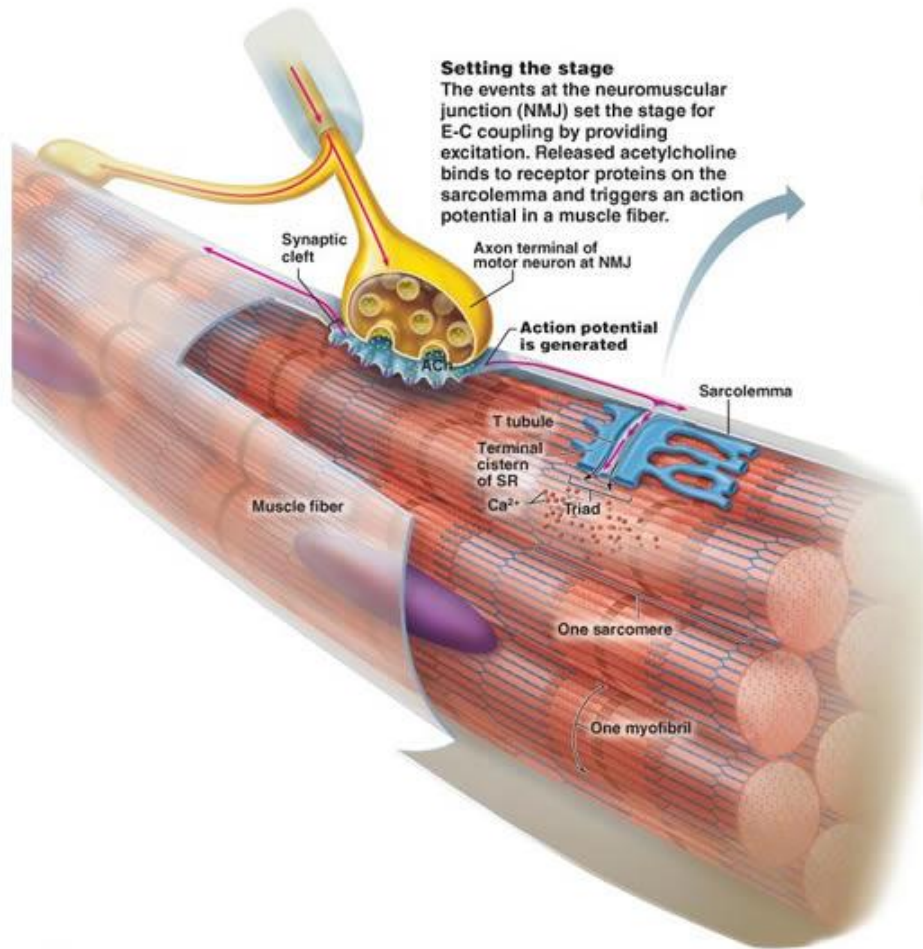
# Nábor motorických jednotek

m. gastrocnemius u kočky





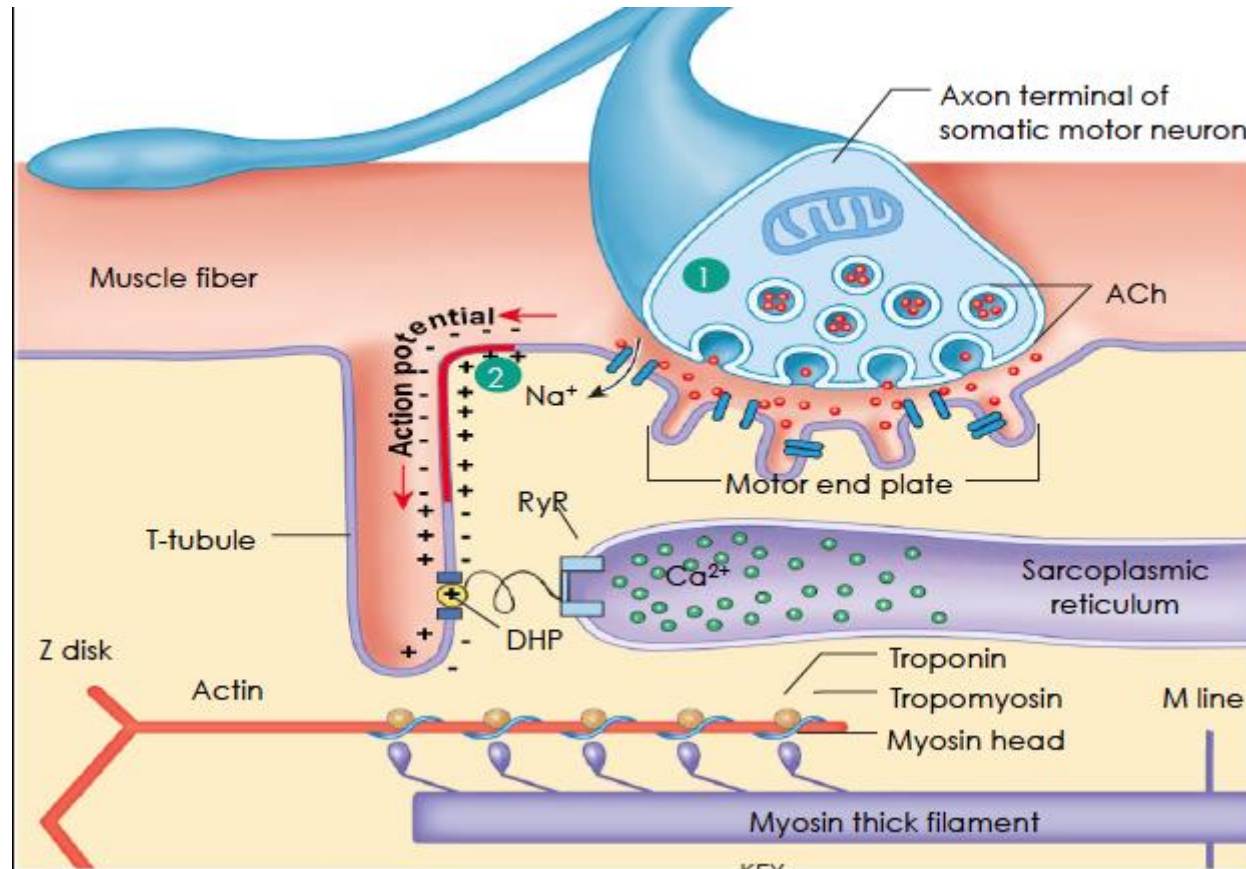
# Nervosvalová ploténka



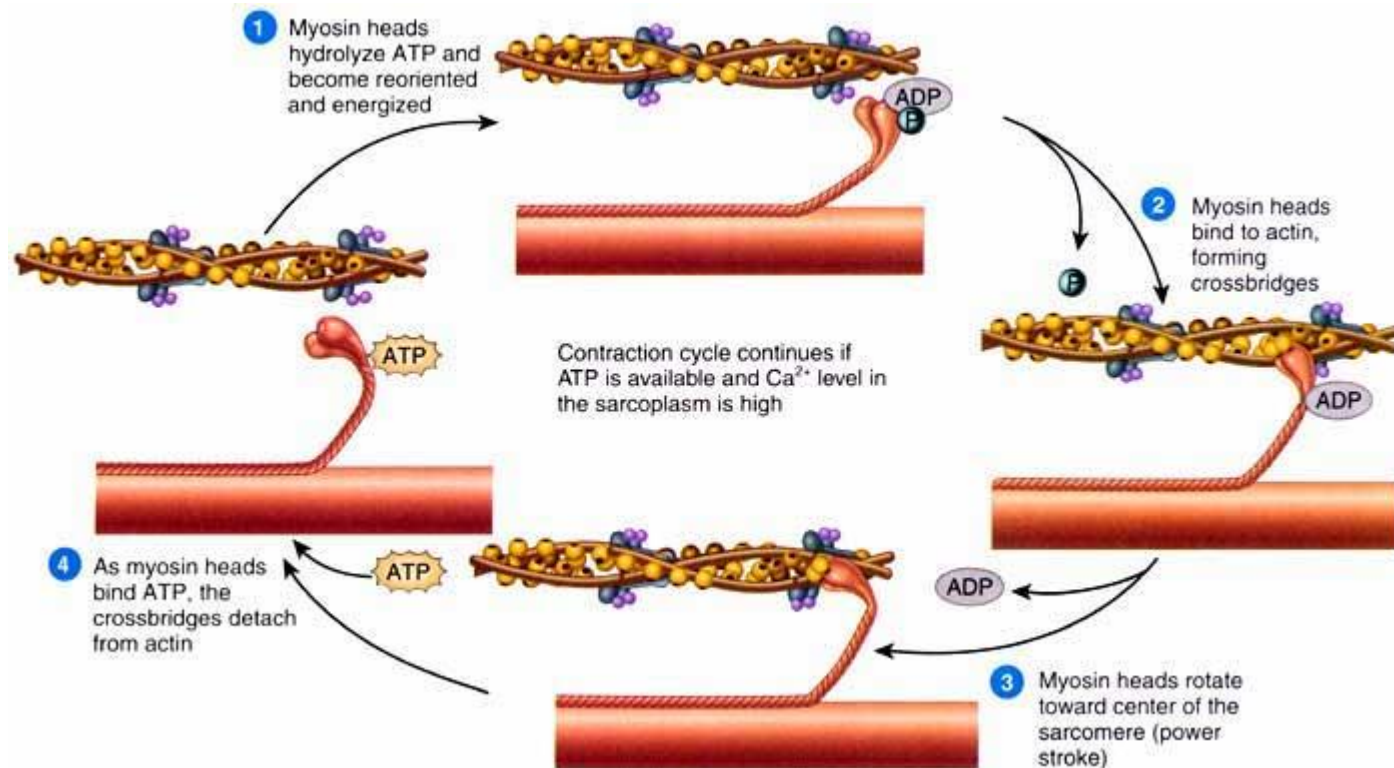
## The aftermath

When the muscle AP ceases, the voltage-sensitive tubule proteins return to their original shape, closing the Ca<sup>2+</sup> release channels of the SR. Ca<sup>2+</sup> levels in the sarcoplasm fall as Ca<sup>2+</sup> is continually pumped back into the SR by active transport. Without Ca<sup>2+</sup>, the blocking action of tropomyosin is restored, myosin-actin interaction is inhibited, and relaxation occurs. Each time an AP arrives at the neuromuscular junction, the sequence of E-C coupling is repeated.

# Nervosvalová ploténka



# Vlákna příčně pruhovaného svalu

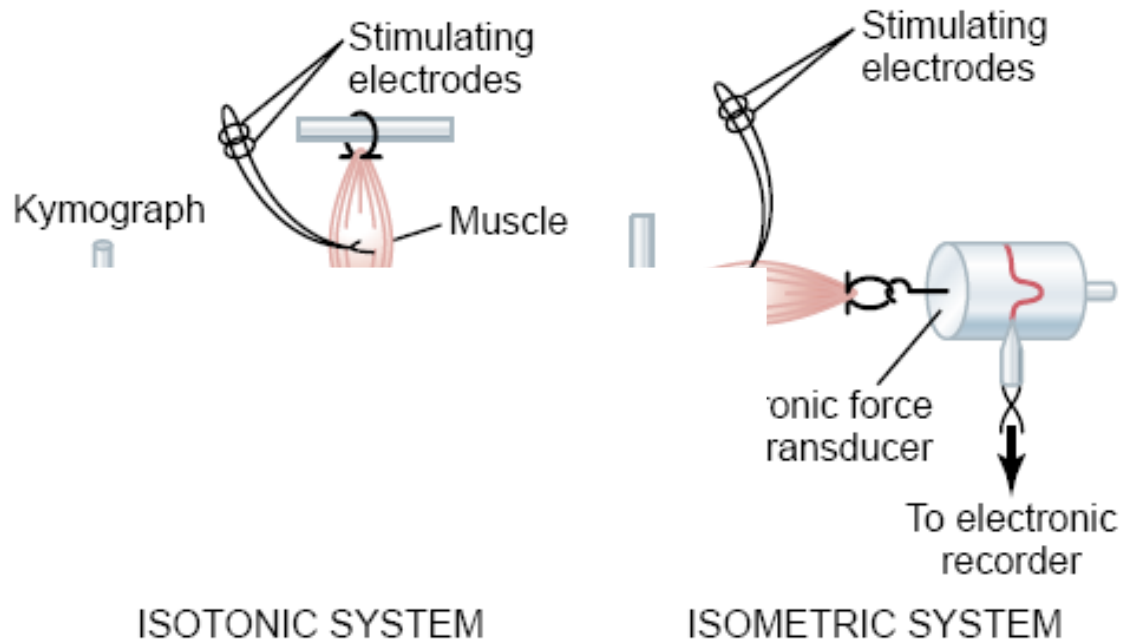


<http://www.sivabio.50webs.com/mus019.jpg>

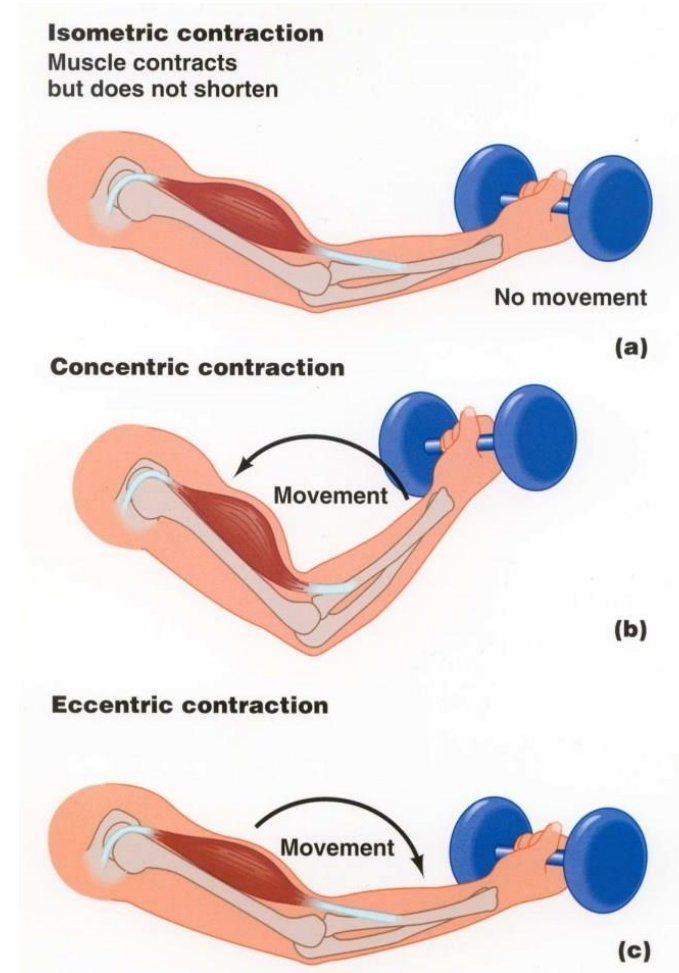


# Typy svalové kontrakce

- Isotonická kontrakce
  - Konstantní tonus
  - Koncentrická x excentrická kontrakce



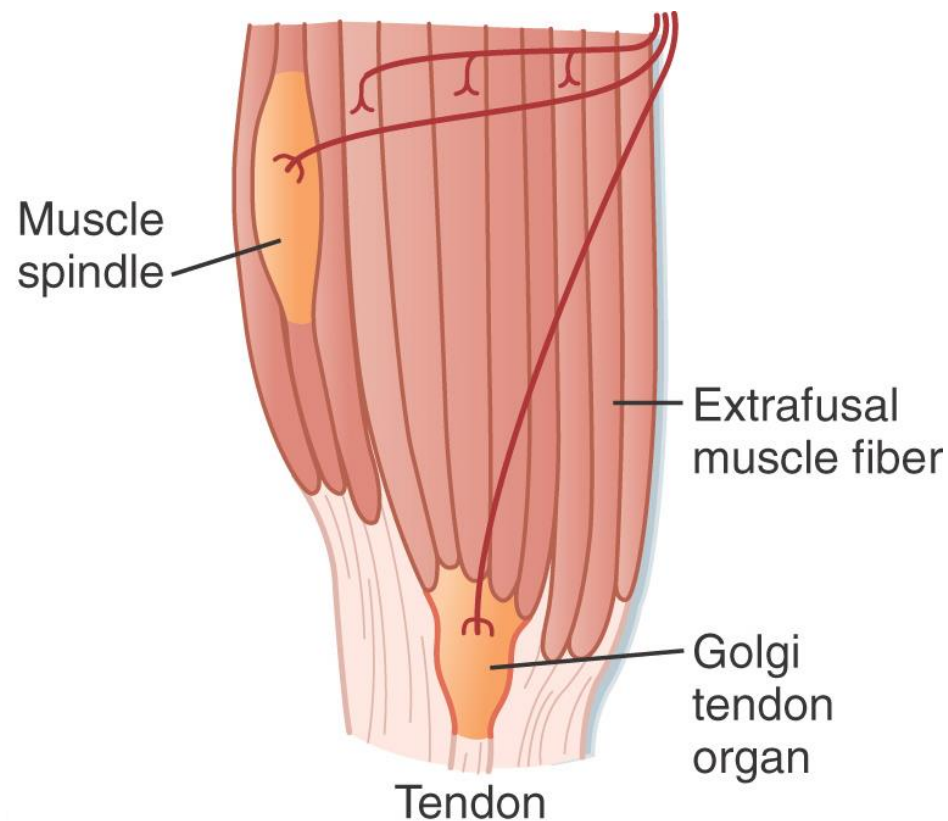
- Izometrická kontrakce
  - Konstantní délka



<https://i0.wp.com/colebradburn.com/wp-content/uploads/2013/02/contractions.jpg>

# Propriocepce

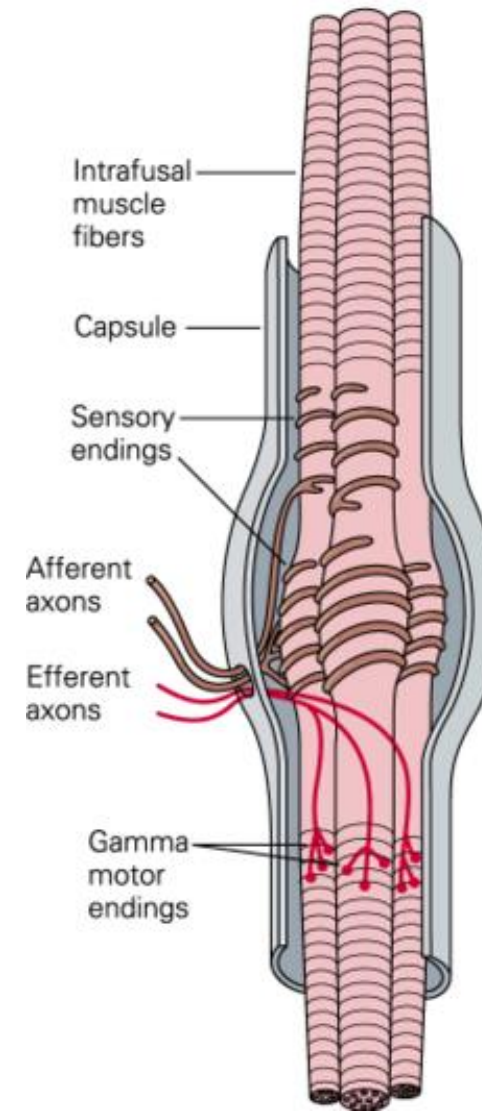
- Informace o vzájemné poloze jednotlivých částí těla  
(suma informací o délkách svalů)
- Informace o pohybu  
(síle a rychlosti svalové kontrakce)
- Reflexní regulace svalové činnosti
- Svalová vřeténka
  - Paralelní zapojení – informace o délce
- Šlachová vřeténka
  - Sériové zapojení – informace o napětí



<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

# Svalová vřeténka

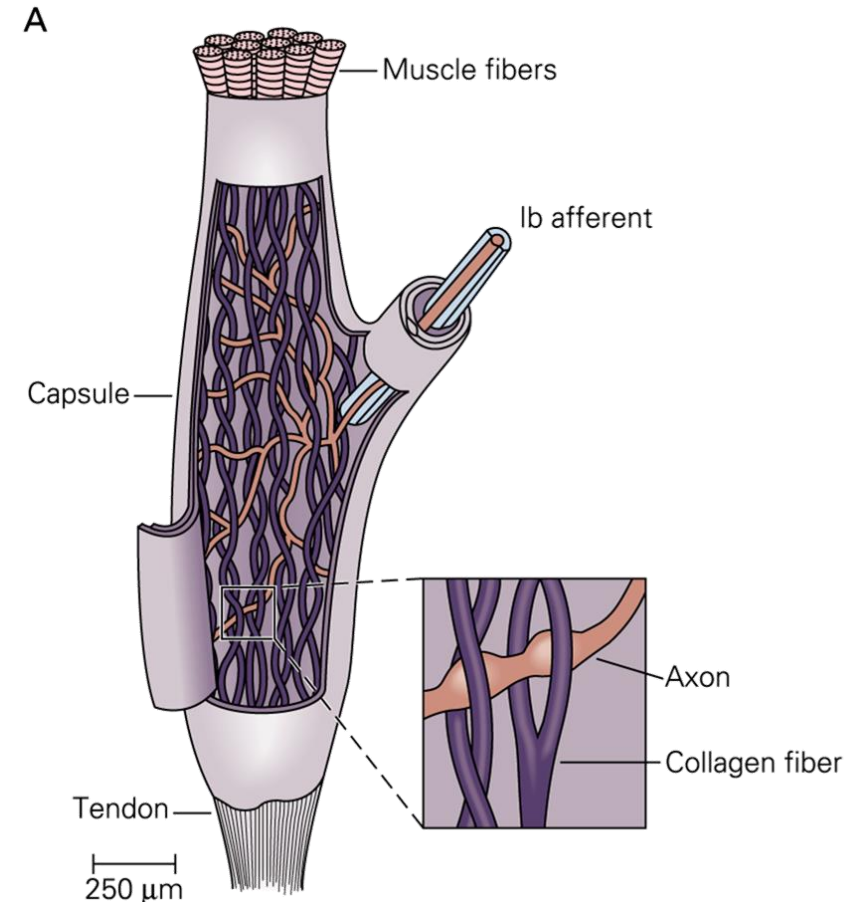
- Kontraktilní struktury ,které neslouží ke konání práce
- Kontraktilita slouží k adjustaci
- Opouzdřená struktura vyplněná tekutinou
- Intrafuzální vlákna
  - Paralelní uložení s extrafuzálními vlákny (Reagují na kontrakci extrafuzálních vláken)
  - Eferentní spoje (do svalového vřeténka)
    - $\gamma$  motoneuron
  - Aferentní spoje (ze svalového vřeténka)
    - Informace o délce/natažení svalu
    - Reflexní regulace aktivity  $\alpha$  motoneuronu



<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

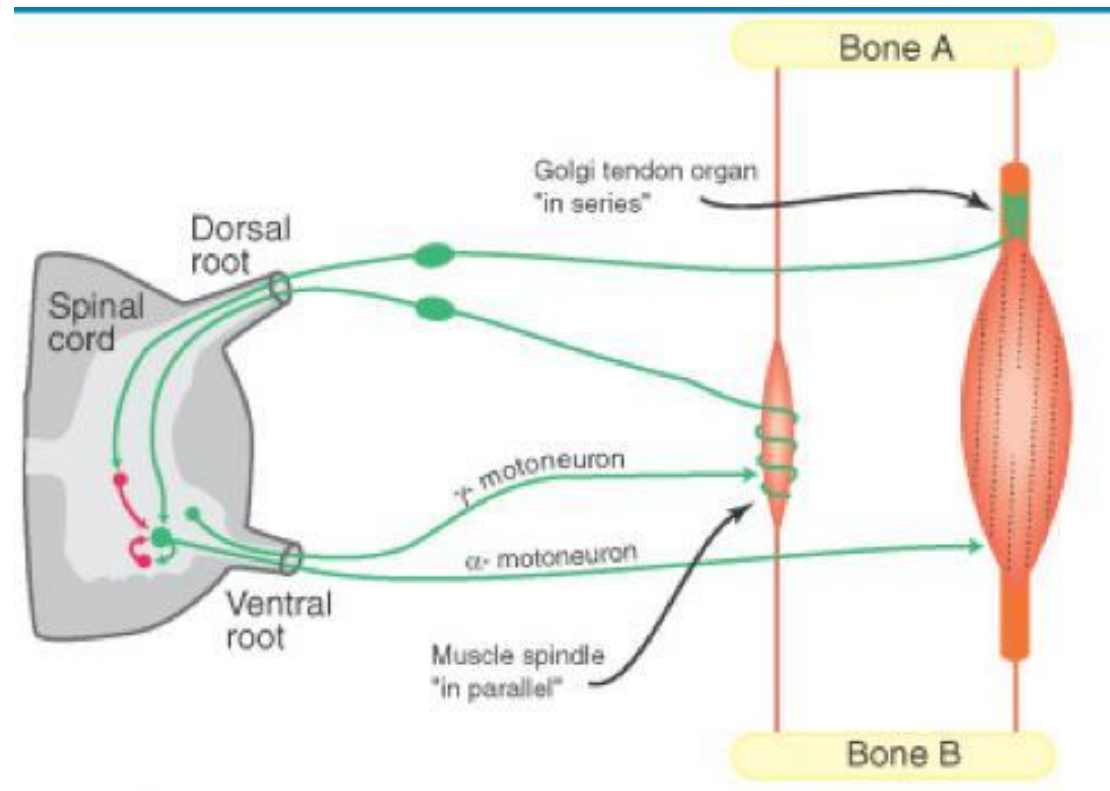
# Golgiho šlachová vřeténka

- Nekontraktilní opouzdřená struktura
- Síť kolagenních vláken
- Ia ( $A\alpha$ ) vlákna
- Mechanorecepce
- Sériové uložení ke svalu
- Informace o napětí ve svalu/síle kontrakce
- Reflexní regulace aktivity  $\alpha$  motoneuronu



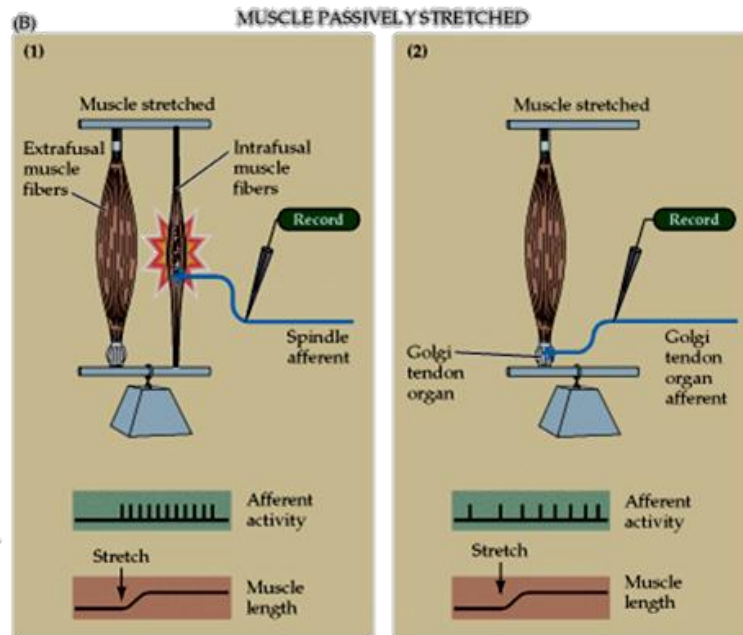
<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

# Svalová a šlachová vřeténka

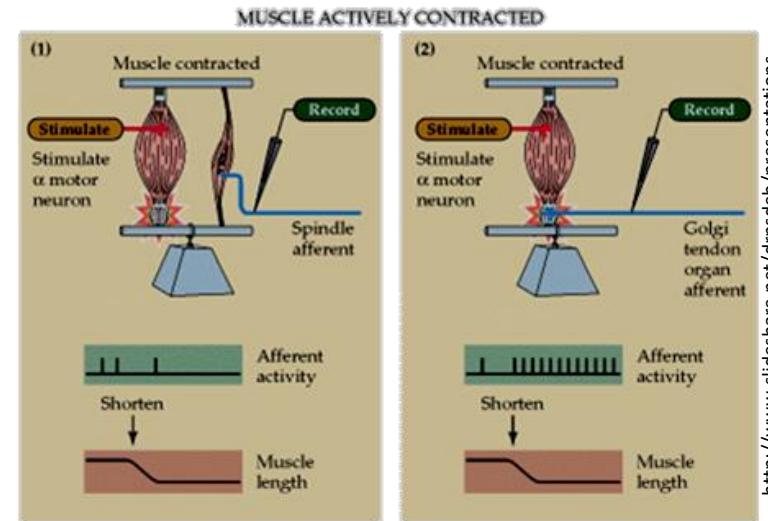


[http://images.persianblog.ir/559630\\_iXFiuRo0.jpg](http://images.persianblog.ir/559630_iXFiuRo0.jpg)

# Reakce svalových vřetének a Golgiho šlachových vřetének na protažení a kontrakci svalových vláken



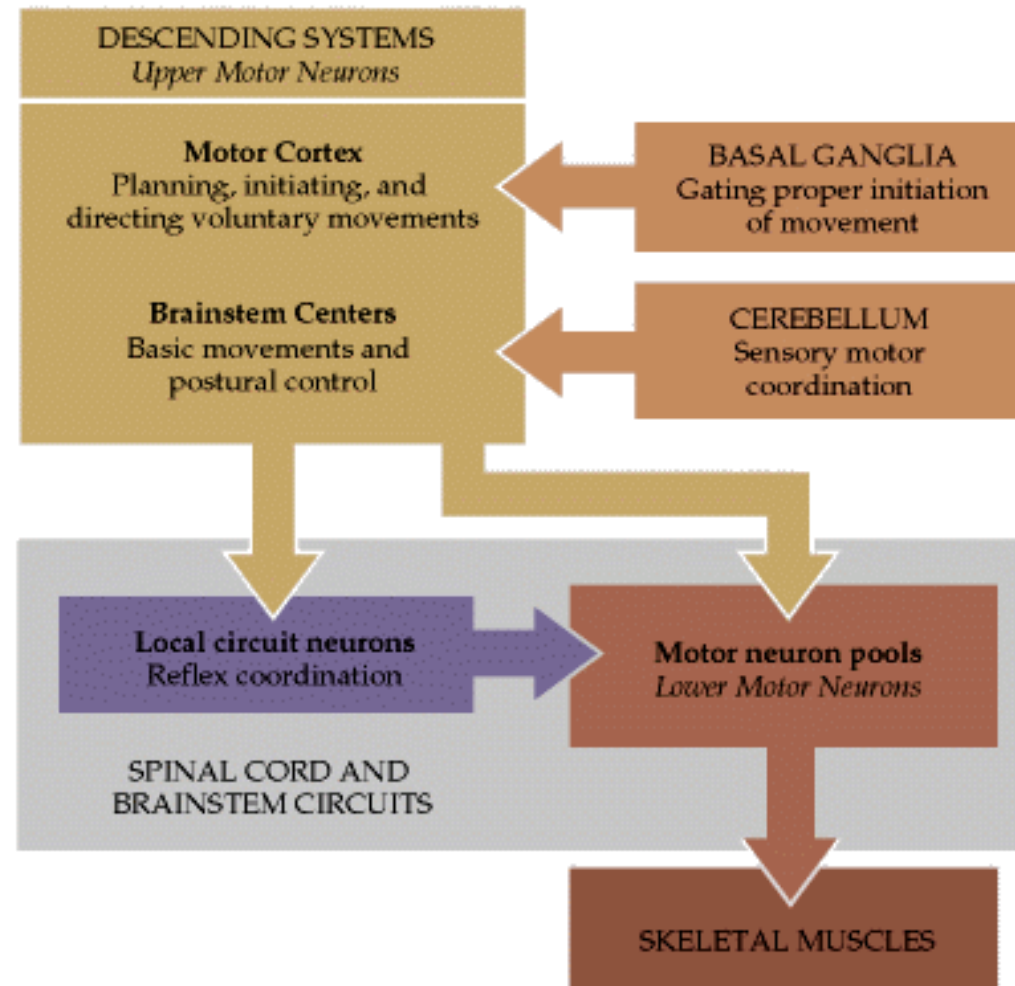
Protažení (pasivní)  
Odpověď svalových vřetének



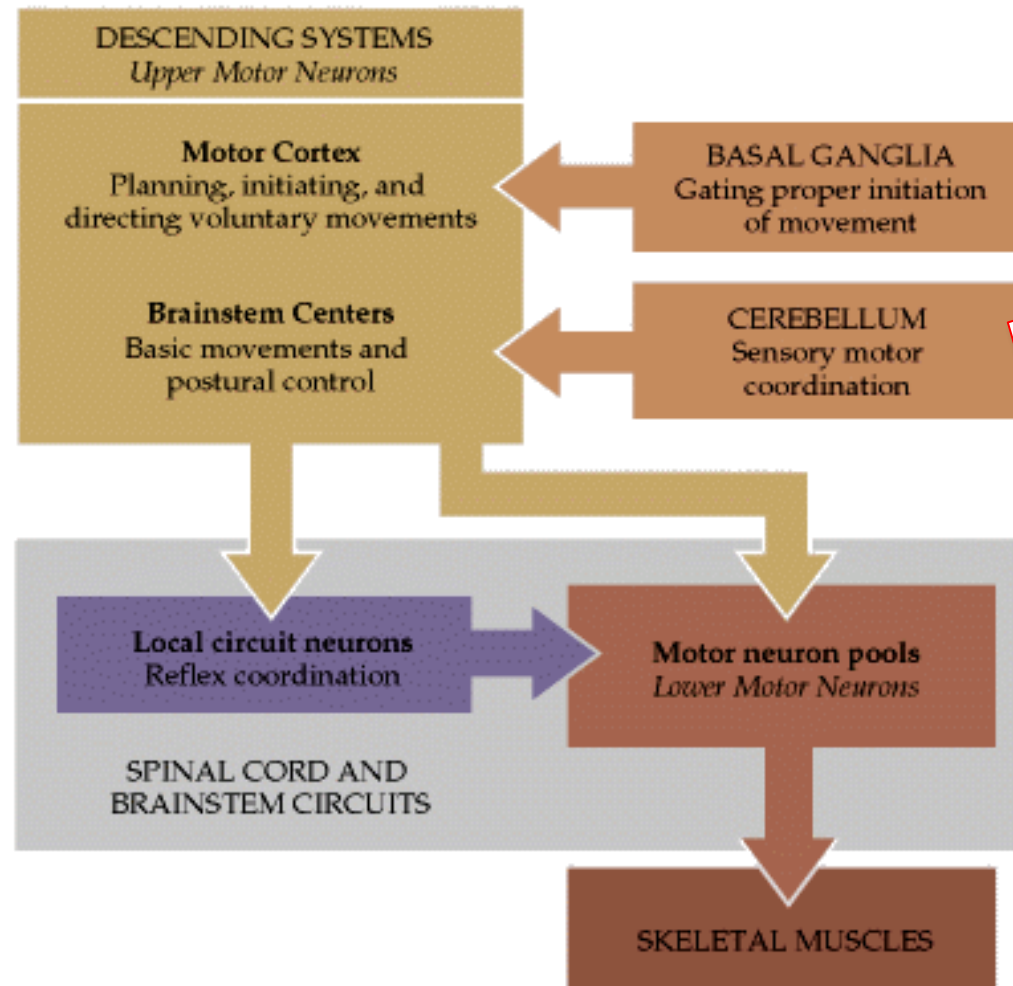
Kontrakce (aktivní)  
Odpověď Golgiho šlachových vřetének



# Hierarchická organizace motorického systému



# Hierarchická organizace motorického systému

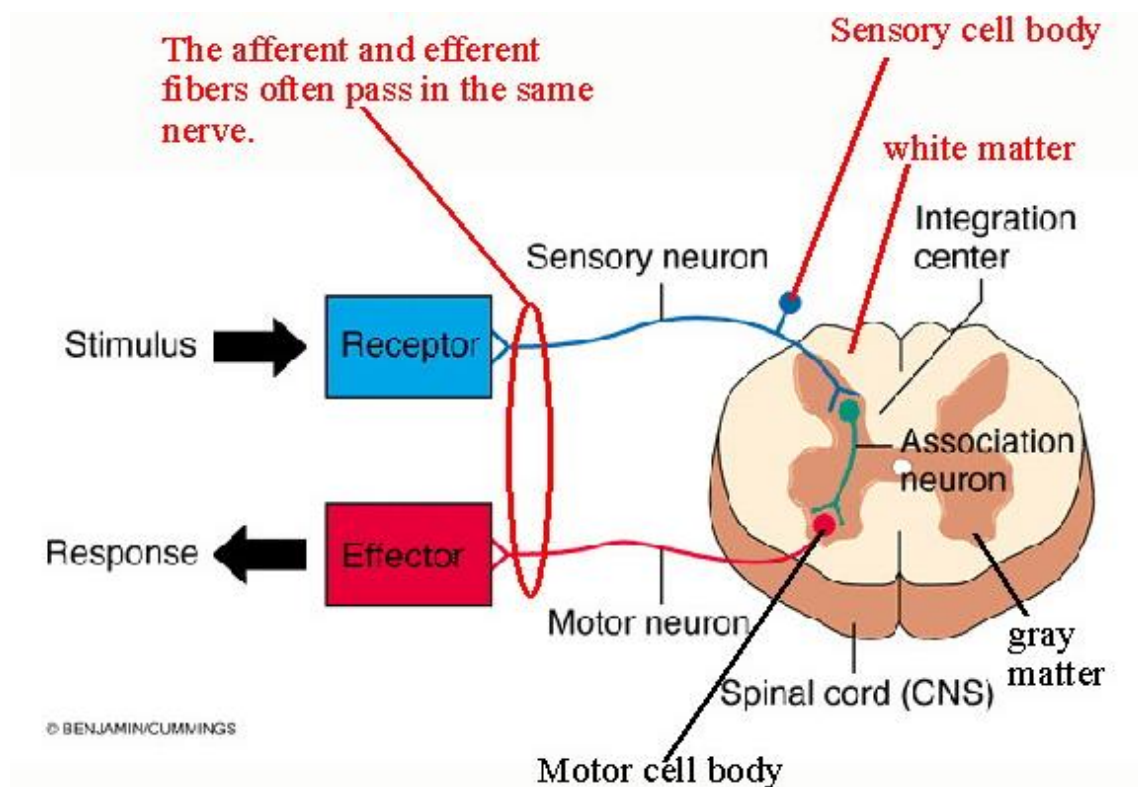


**Reflexní pohyb**  
**Rytmický pohyb**  
**Volní pohyb**



# Reflex

- Reflexní motorická odpověď
  - Stereotypní (předvídatelná)
  - Mimovolní
- Proprioceptivní
- Exteroceptivní
- Monosynaptické
- Polysynaptické
- Monosegmentální
- Polysegmentální



<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

# Proprioceptivní míšní reflexy

- **Myotatický reflex**

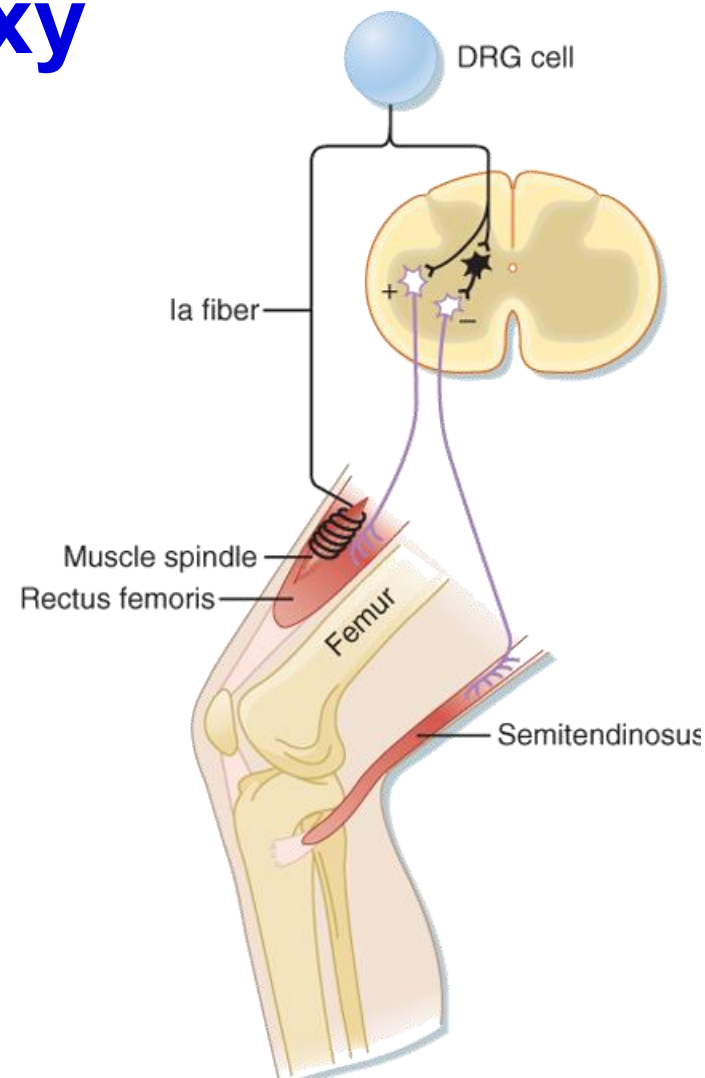
- Monosynaptický
- Monosegmentální
- Svalová vřeténka
  - Homonymní sval - aktivace
  - Antagonista - inhibice

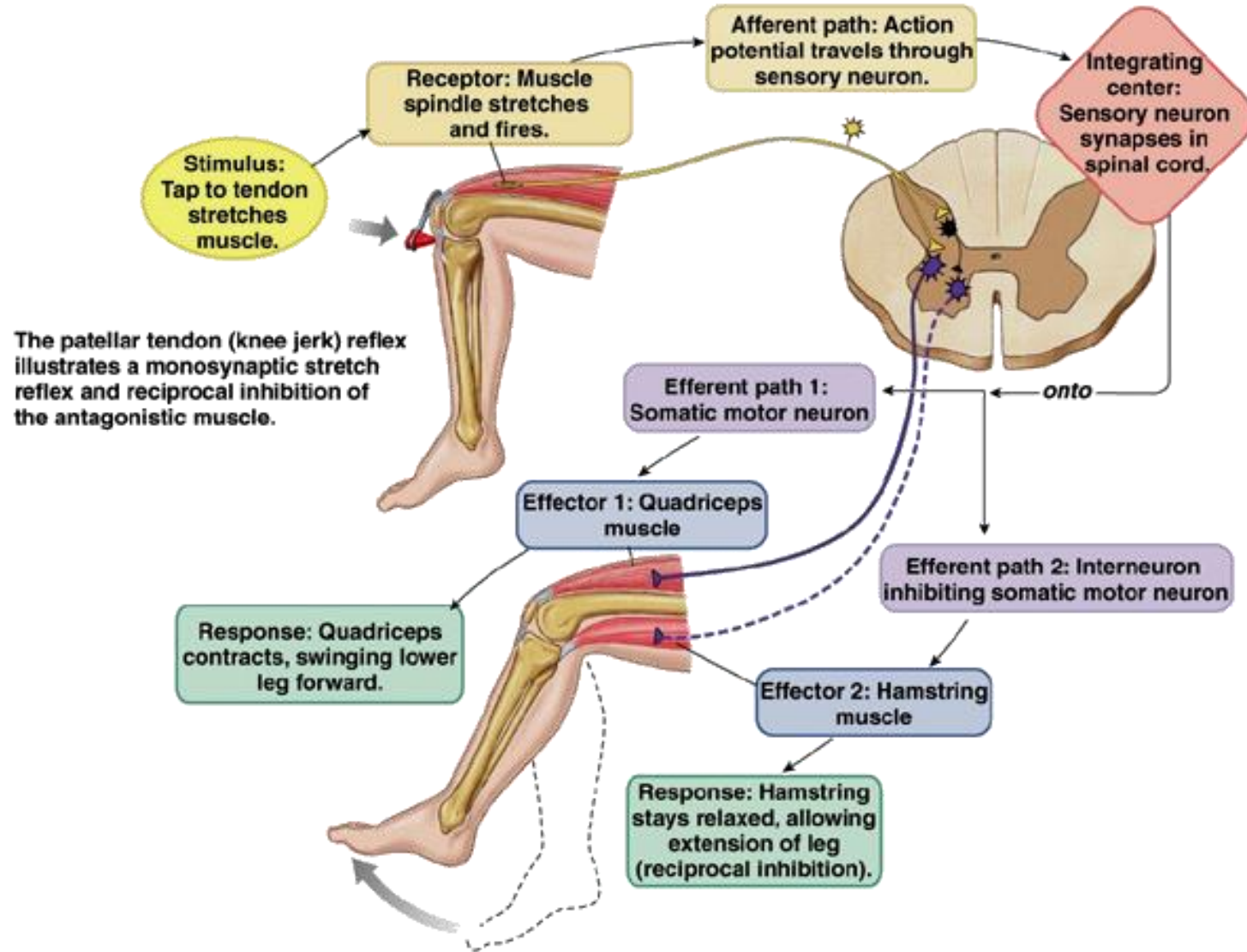
- ✓ **Fazická odpověď (Ia)**

- Ochrana před nadměrným natažením extrafuzálních vláken

- ✓ **Tonická odpověď (Ia a II)**

- Udržení svalového tonu

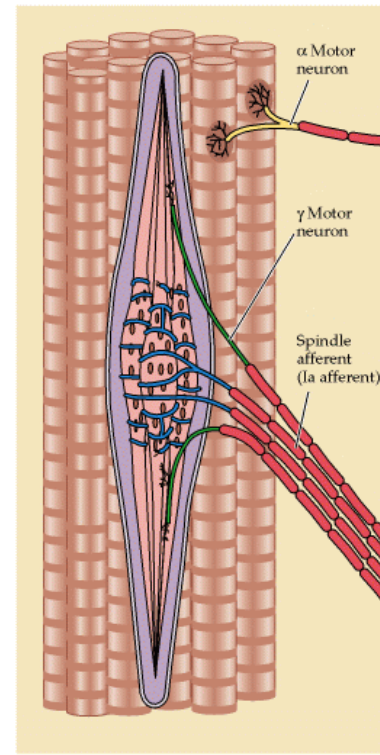




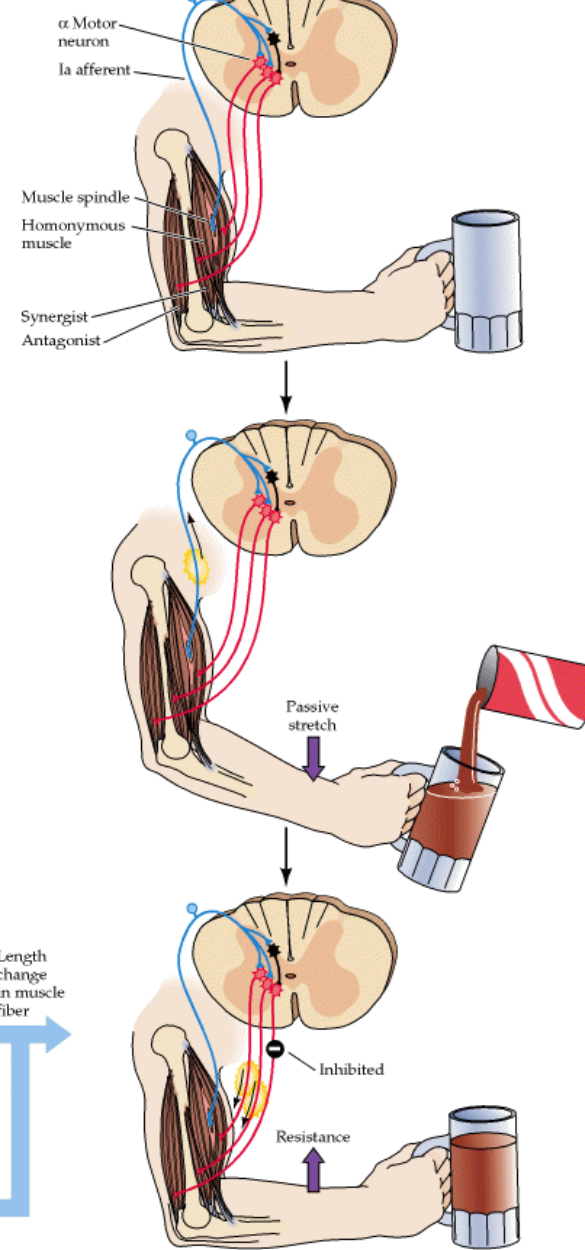
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Fig. 13-7

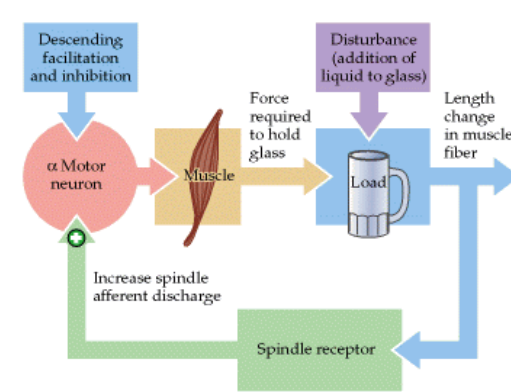
(A) Muscle spindle



(B)

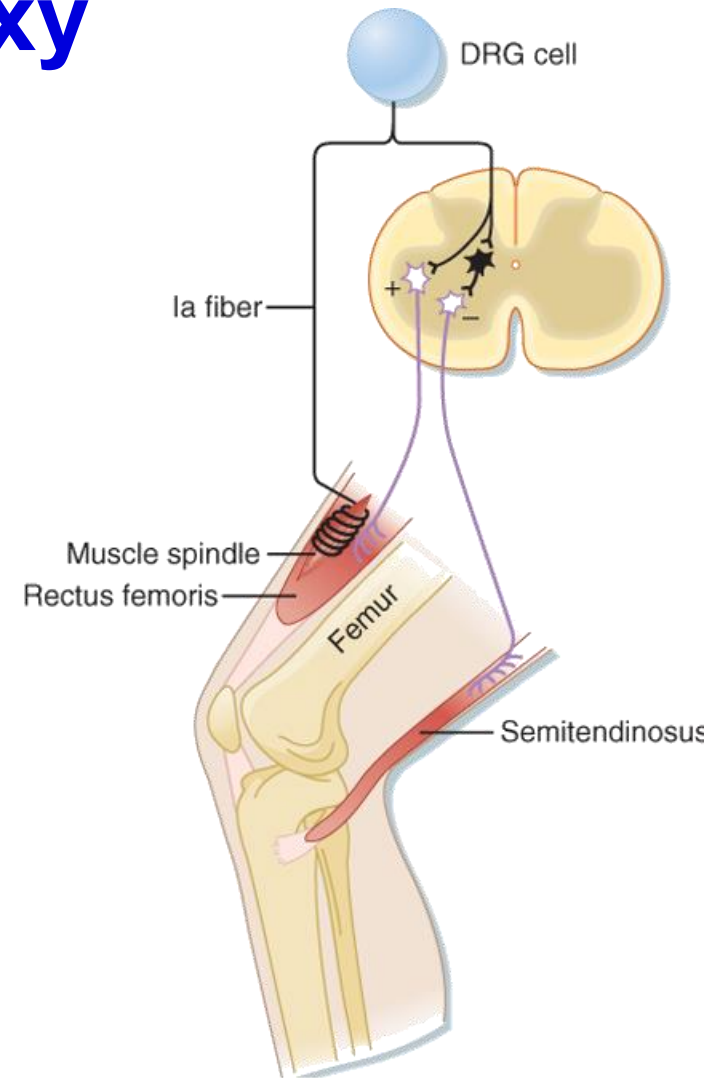


(C)



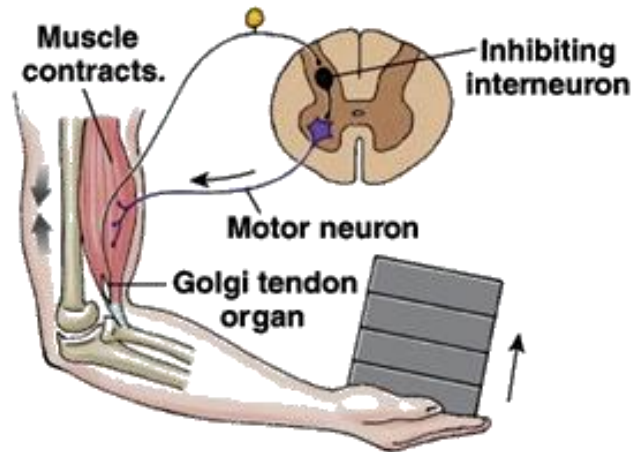
# Proprioceptivní míšní reflexy

- **Inverzní myotatický reflex**
  - Monosegmentální
  - Di-polysynaptický
  - Golgiho šlachová vřeténka
    - Homonymní sval – inhibice
    - Antagonista – aktivace
- ✓ Ochrana svalu před mechanickým poškozením při velké zátěži

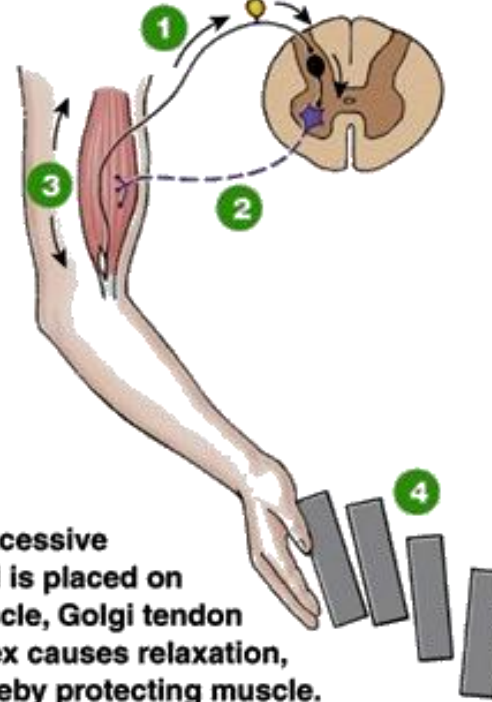




**Golgi tendon reflex protects the muscle from excessively heavy loads by causing the muscle to relax and drop the load.**



**(d)** Muscle contraction stretches Golgi tendon organ.



**(e)** If excessive load is placed on muscle, Golgi tendon reflex causes relaxation, thereby protecting muscle.

1 Neuron from Golgi tendon organ fires.

2 Motor neuron is inhibited.

3 Muscle relaxes.

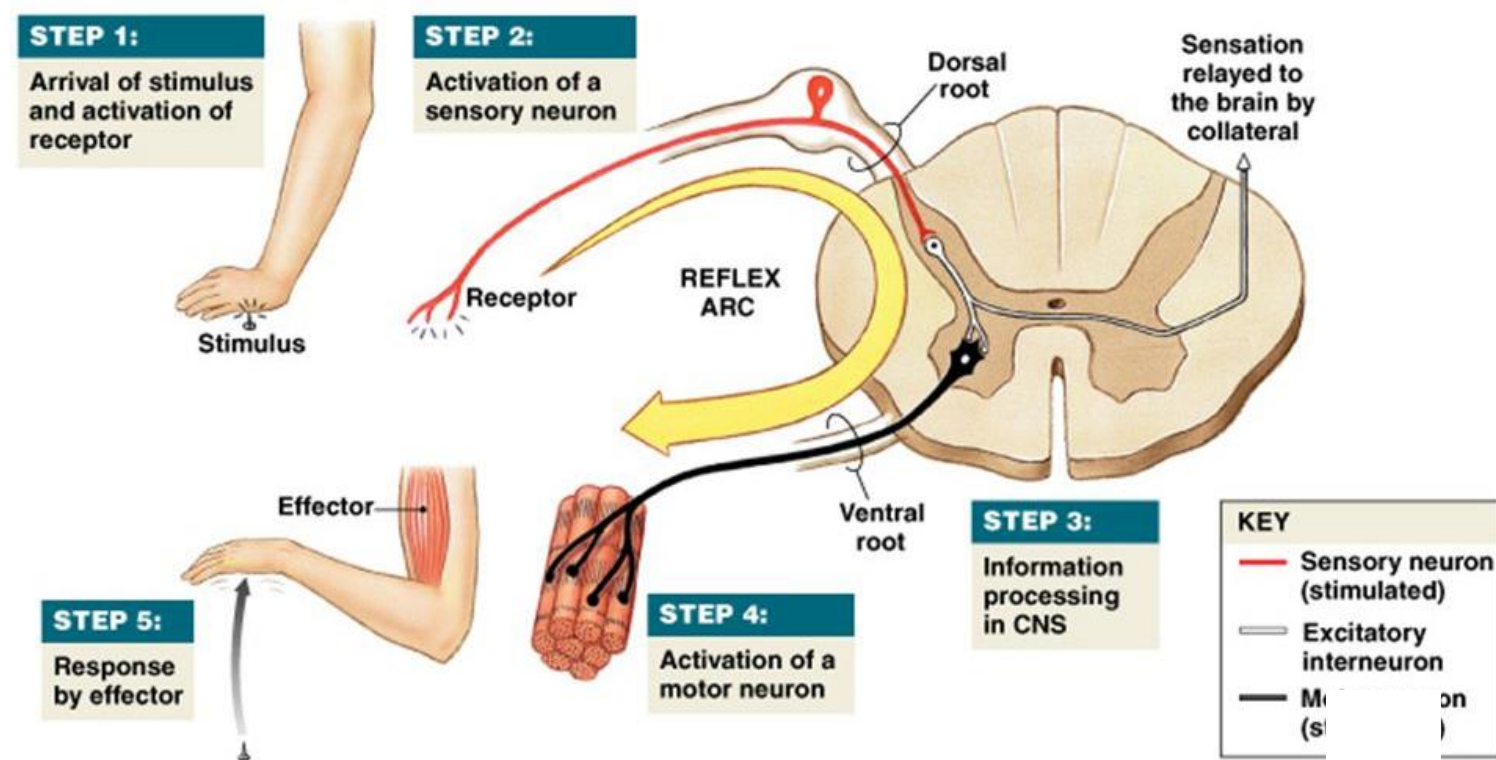
4 Load is dropped.

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Fig. 13-6b

# Exteroceptivní reflexy

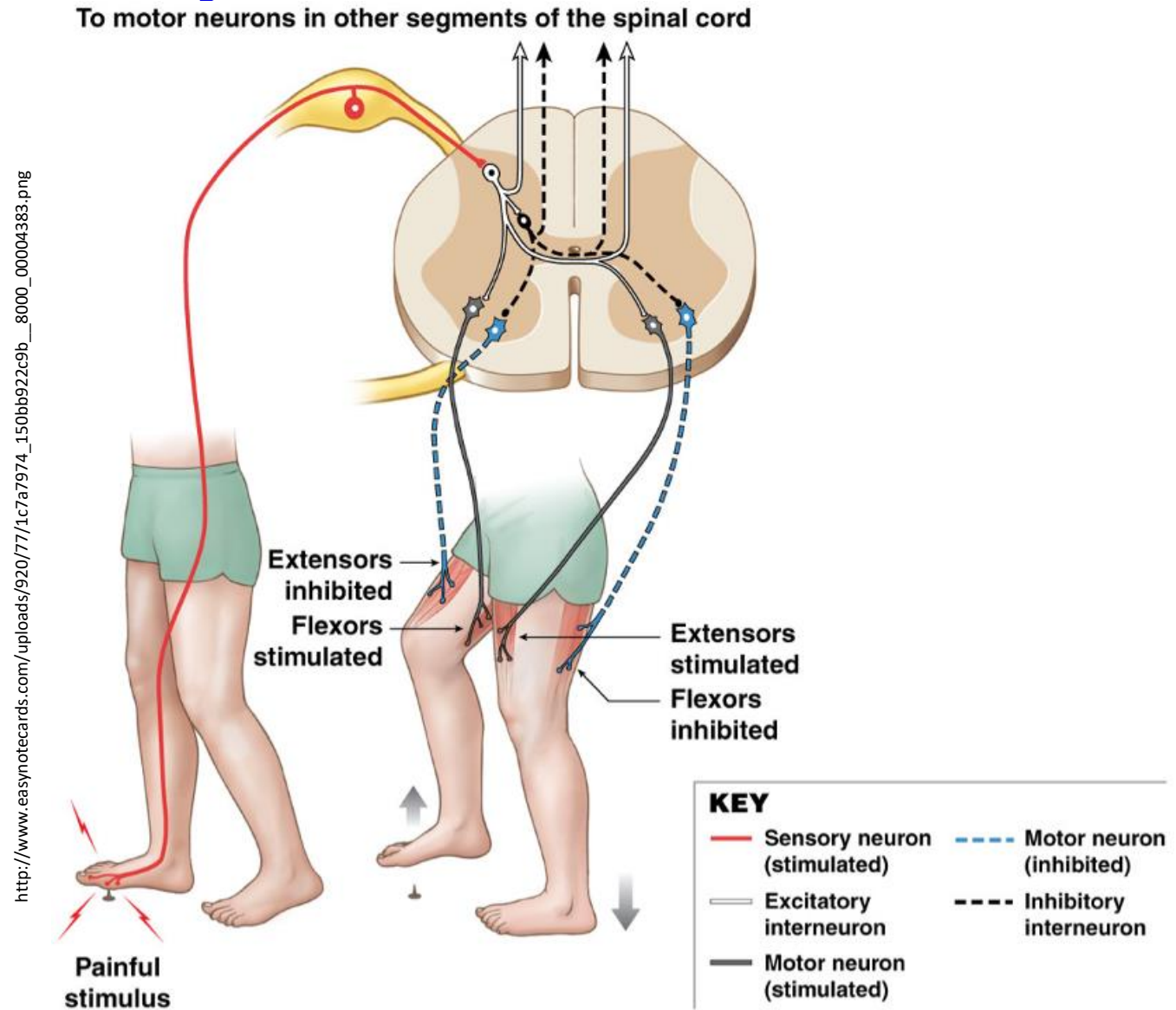
- Polysynaptické
- Polysegmentální



37

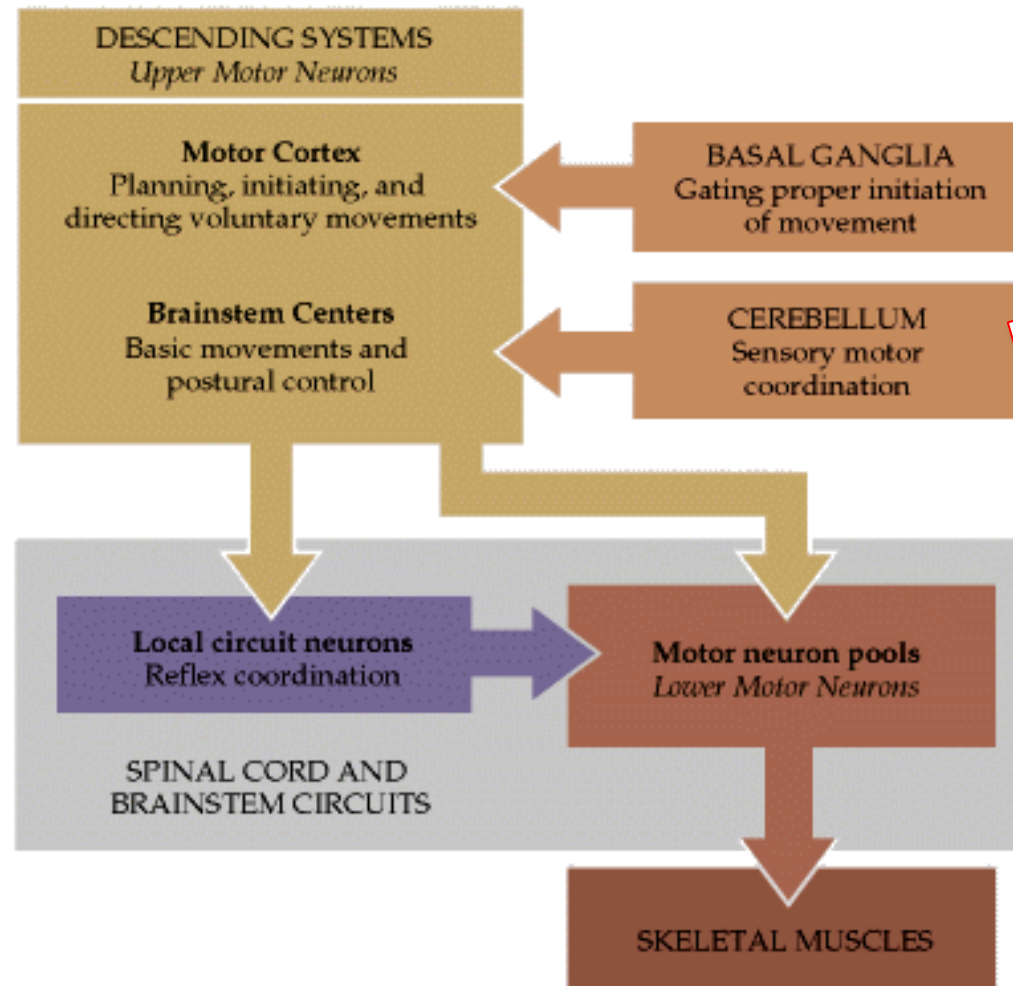
# Exteroceptivní reflexy

- Polysynaptické
- Polysegmentální





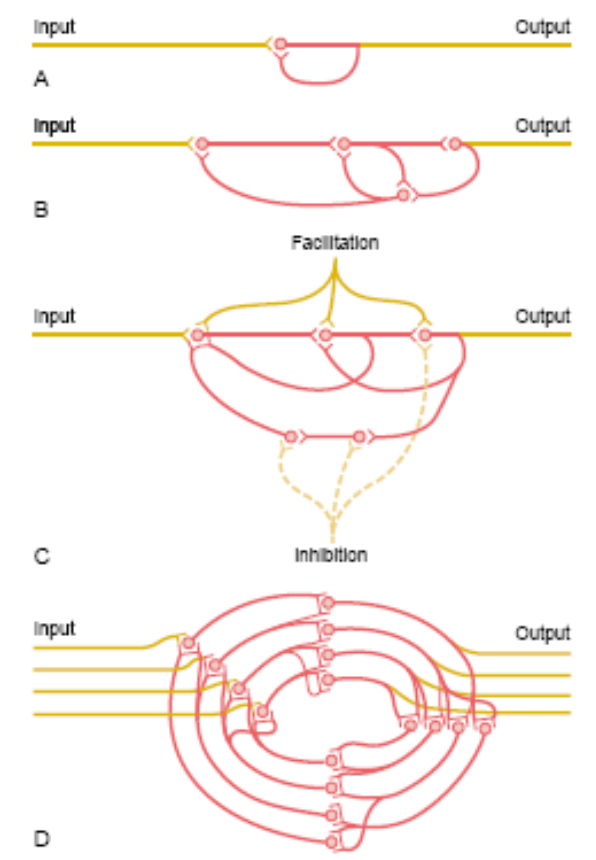
# Hierarchická organizace motorického systému



**Reflexní pohyb**  
**Rytmický pohyb**  
**Volní pohyb**

# 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)



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Pohybové vzorce a rytmické pohybové vzorce

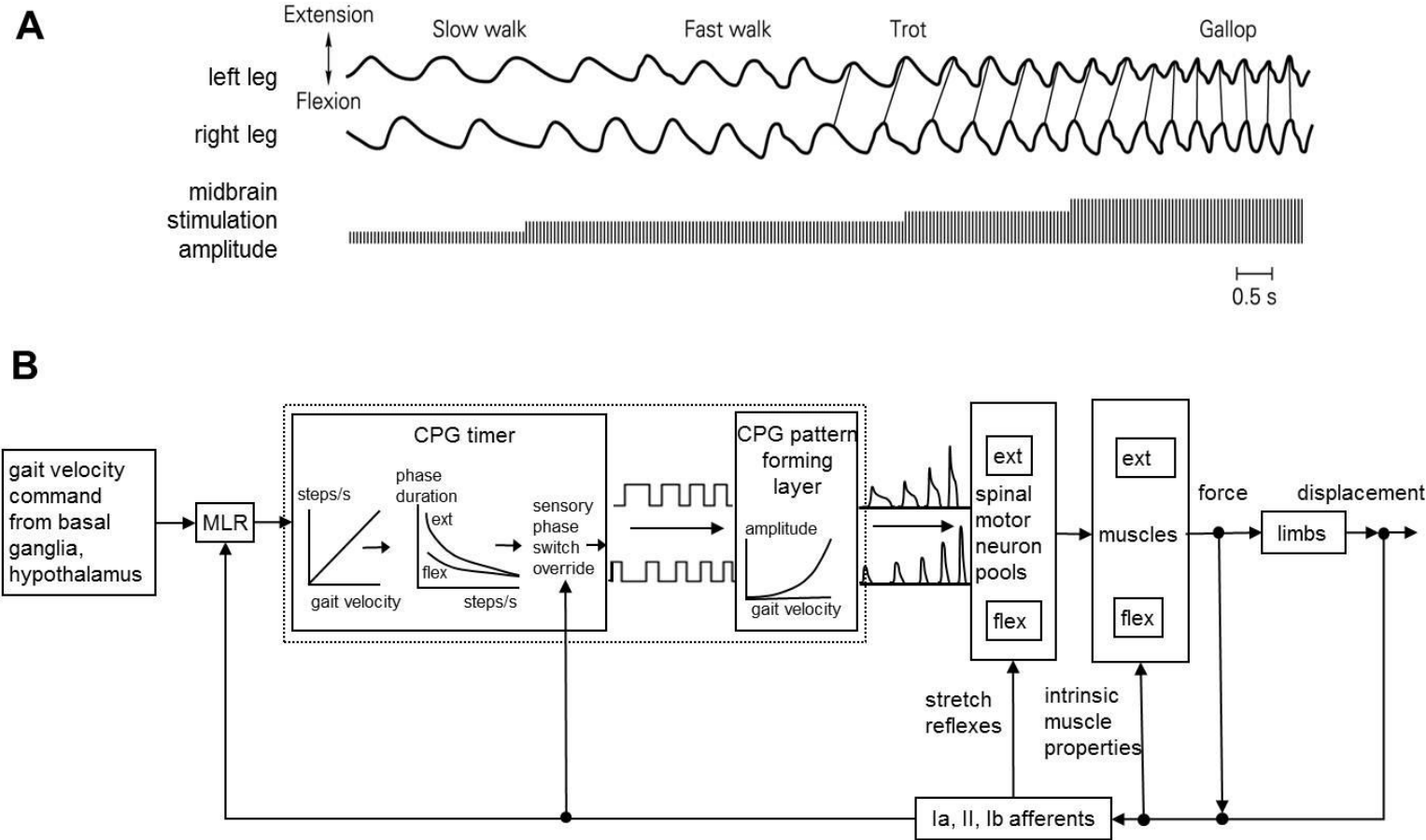
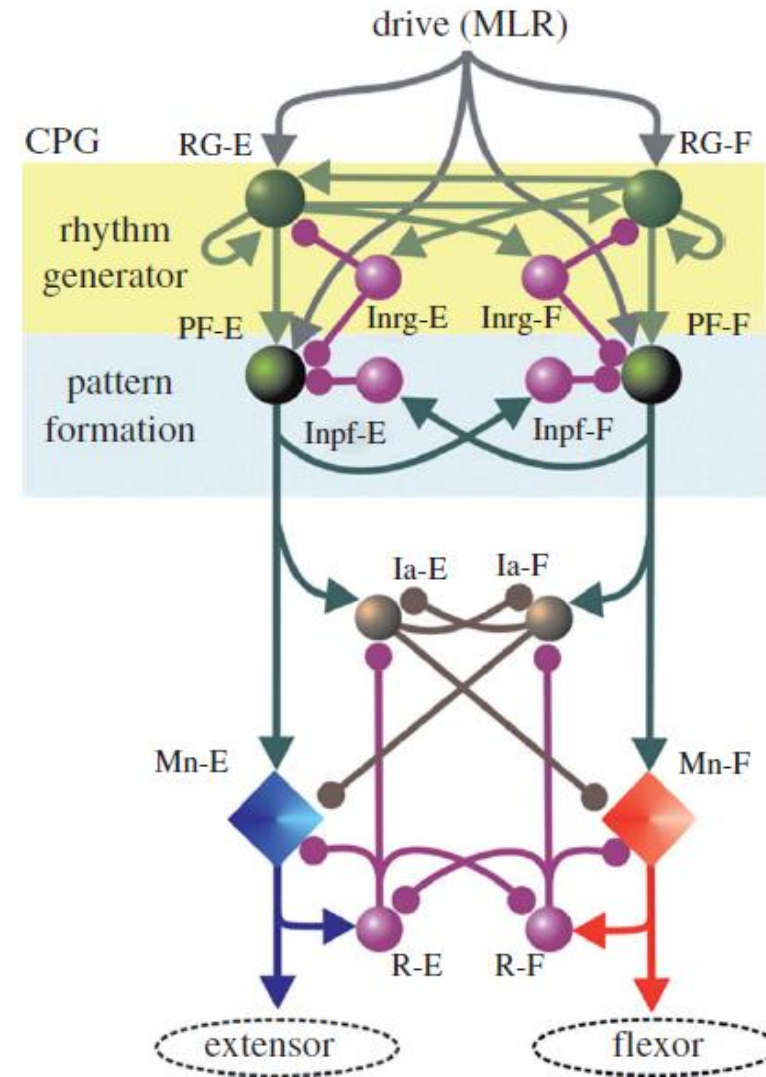


Fig. 1. Neural control of locomotion. A) Increments in the intensity of stimulation of the MLR in the high decerebrate cat increased the cadence (step cycles/sec) of locomotion. Adapted from Shik et al. 1966.<sup>[22]</sup> B) Schematic of the velocity command hypothesis: a command signal specifying 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.<sup>[23]</sup>

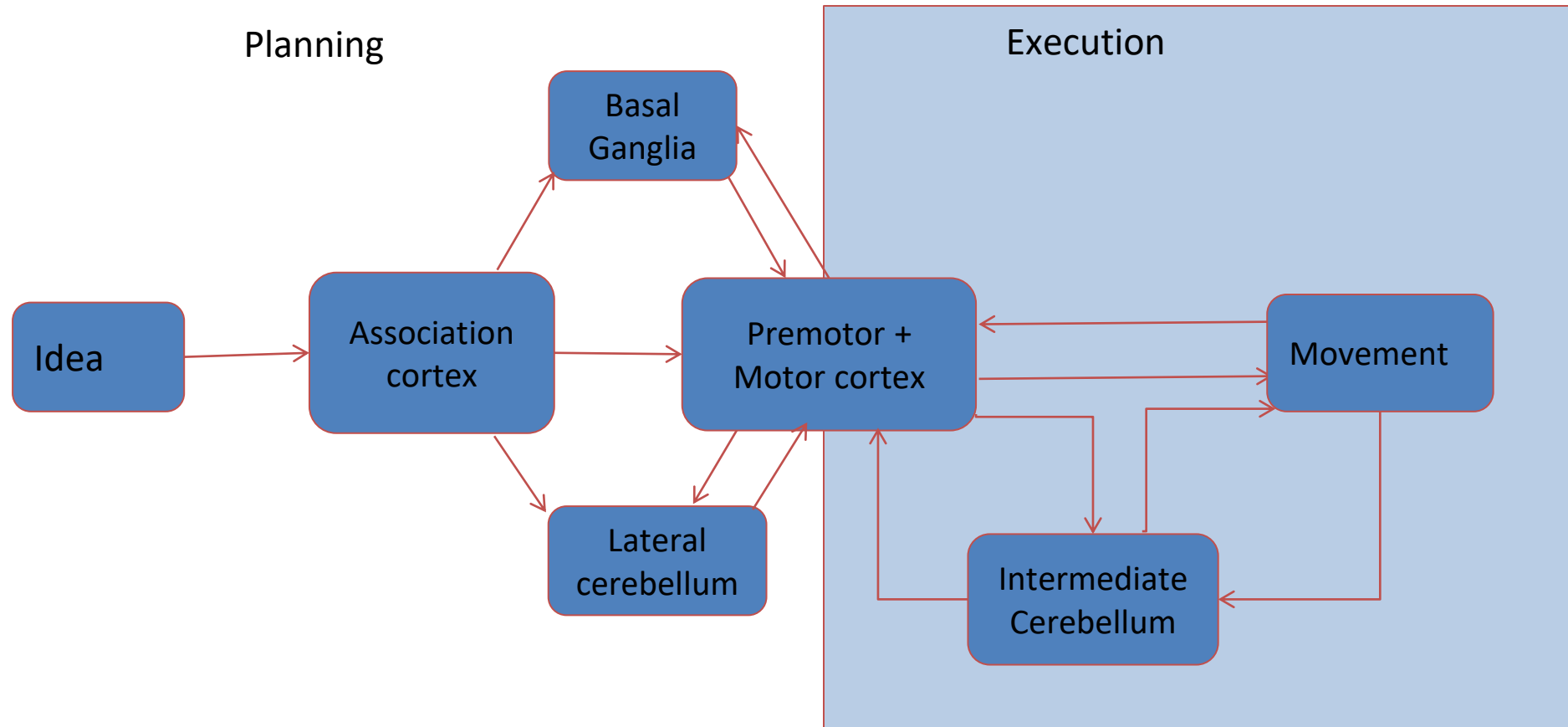
# Pohybové vzorce a rytmické pohybové vzorce

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.



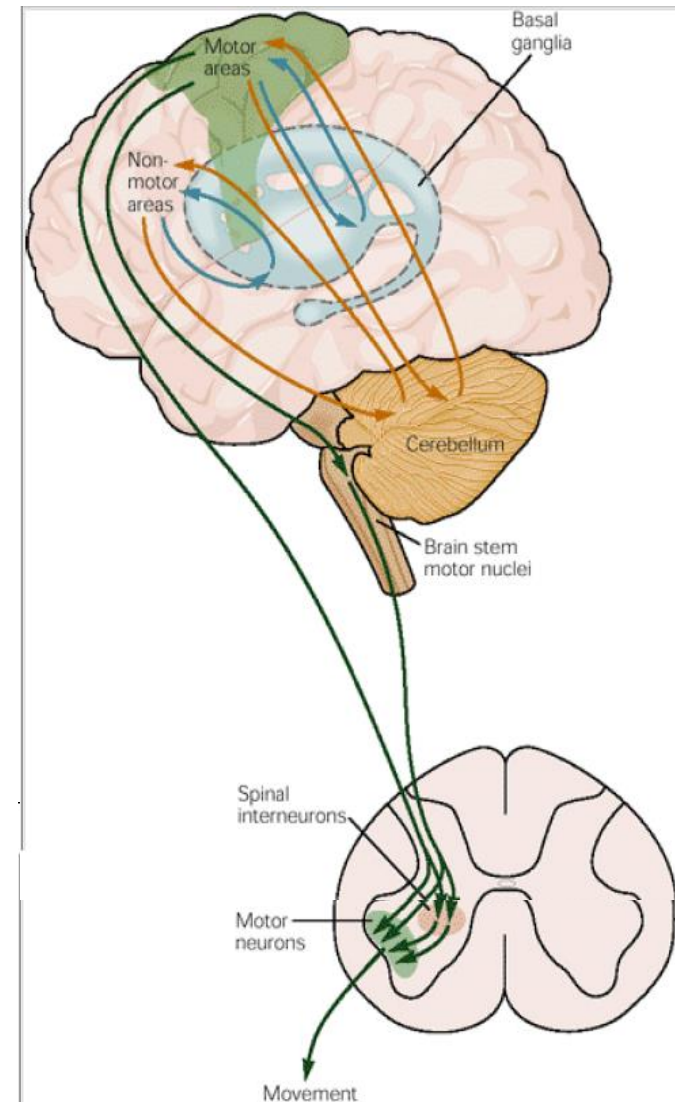
# Volní motorika



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Volní motorika

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

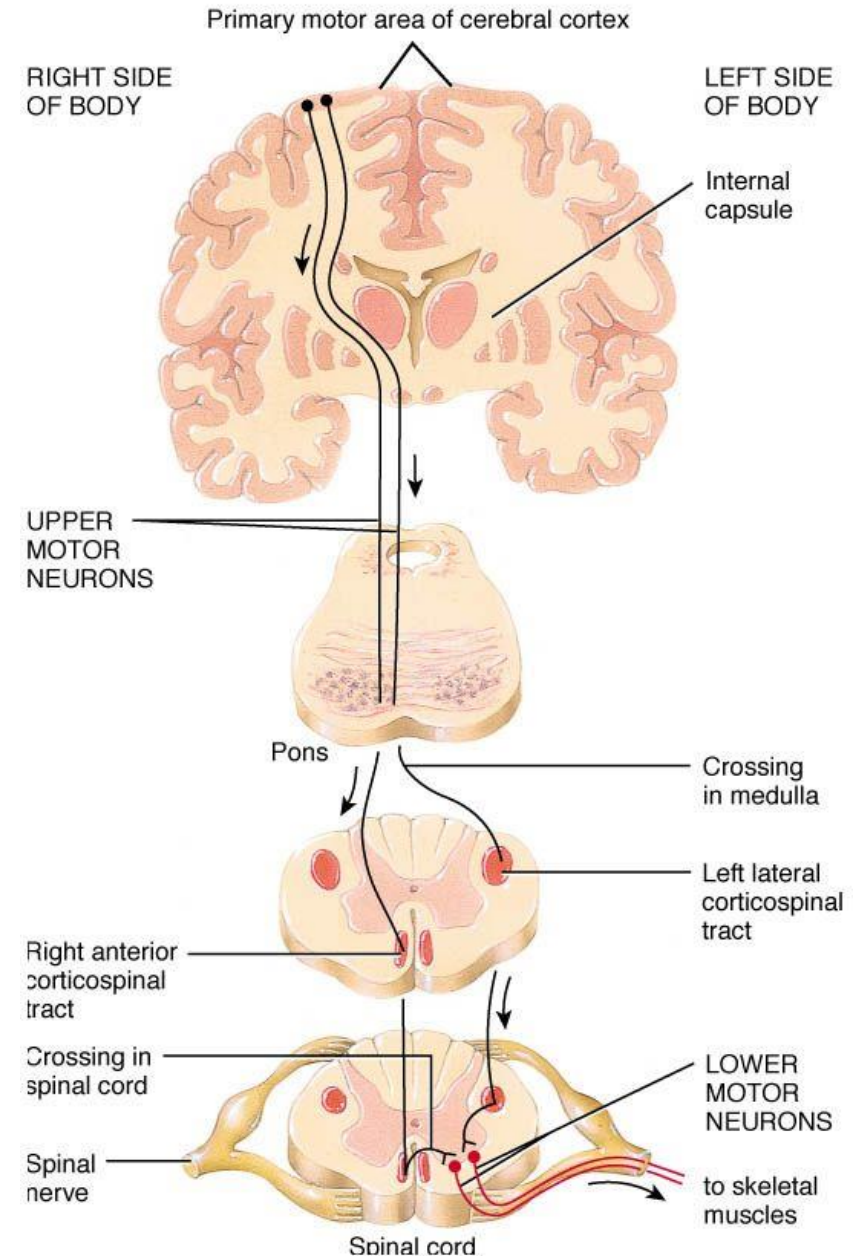


<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>



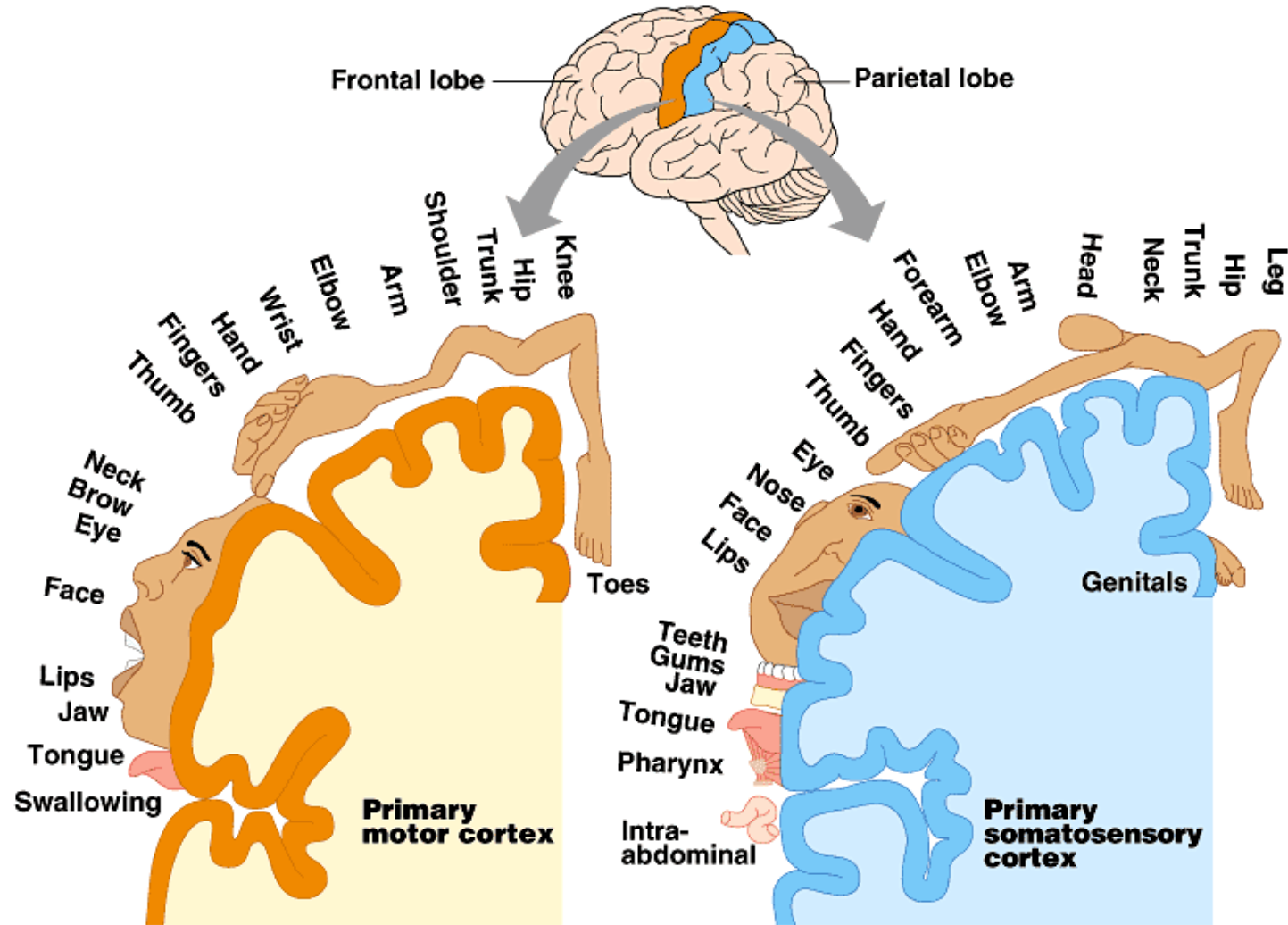
# Pyramidová dráha

- 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



[http://images.slideplayer.com/14/4330915/slides/slide\\_34.jpg](http://images.slideplayer.com/14/4330915/slides/slide_34.jpg)

# Primární motorický kortex

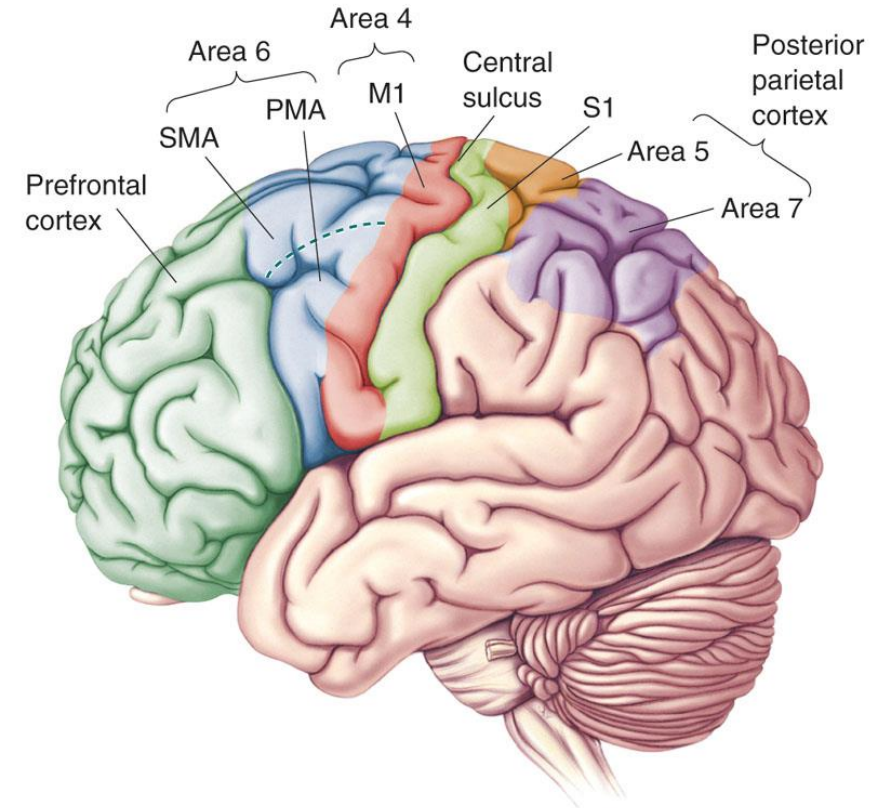


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



# Kortikální motorické oblasti

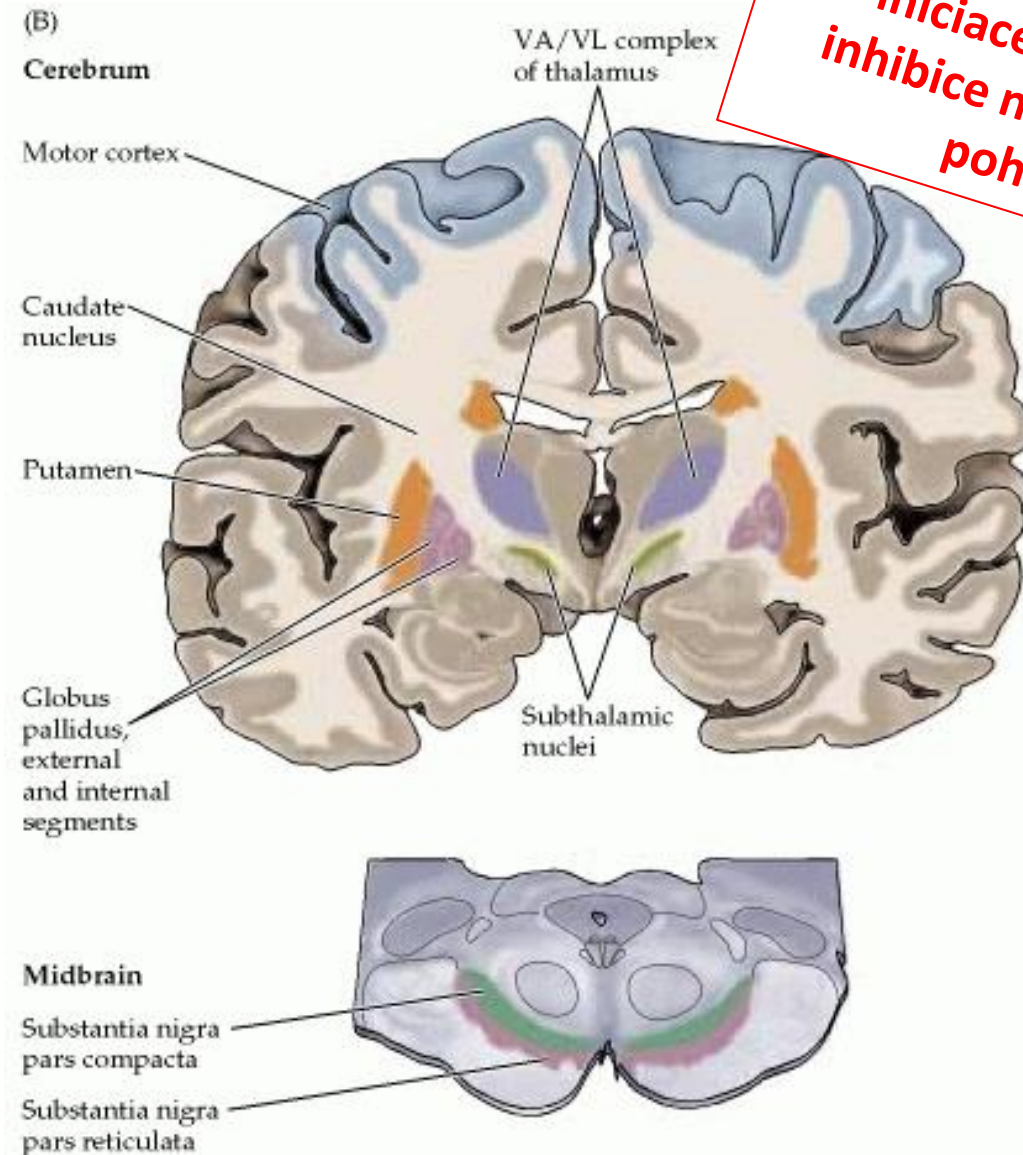
- Primární motorická oblast (area 4)
  - Somatotopické uspořádání
  - Kontrola dolních motoneuronů
- Premotorický kortex (area 6 laterálně)
  - Příprava strategie pohybu pohybu
    - Sensorimotorická transformace
    - Výběr pohybových vzorců
- Suplementární motorická oblast (area 6 mediálně)
  - Podílí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



<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

# 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

Řízení motoriky realizováno dvěma okruhy

## ✓ Přímá dráha

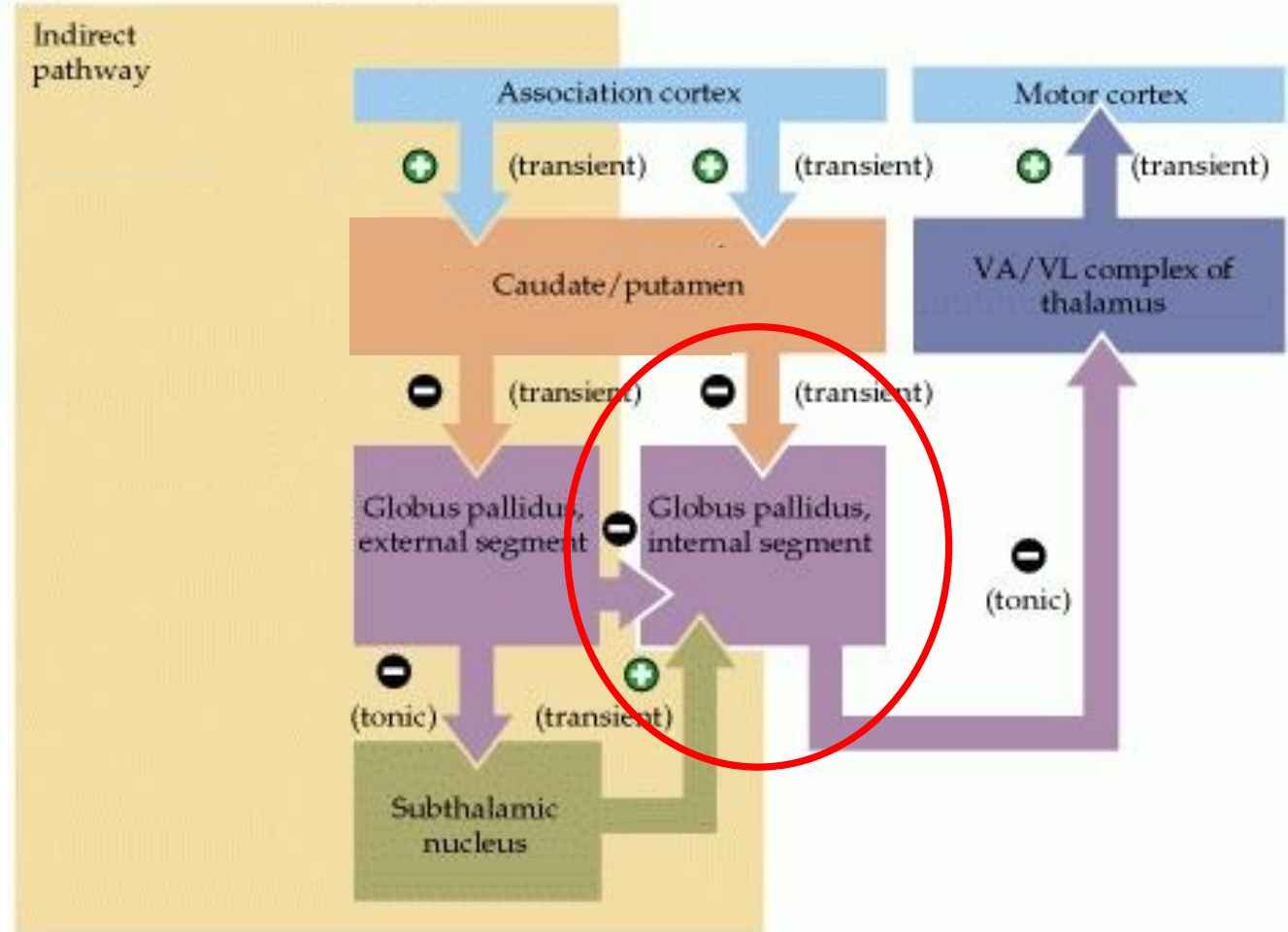
Aktivace motorického kortexu

## ✓ Nepřímá dráha

Inhibice motorického kortexu

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

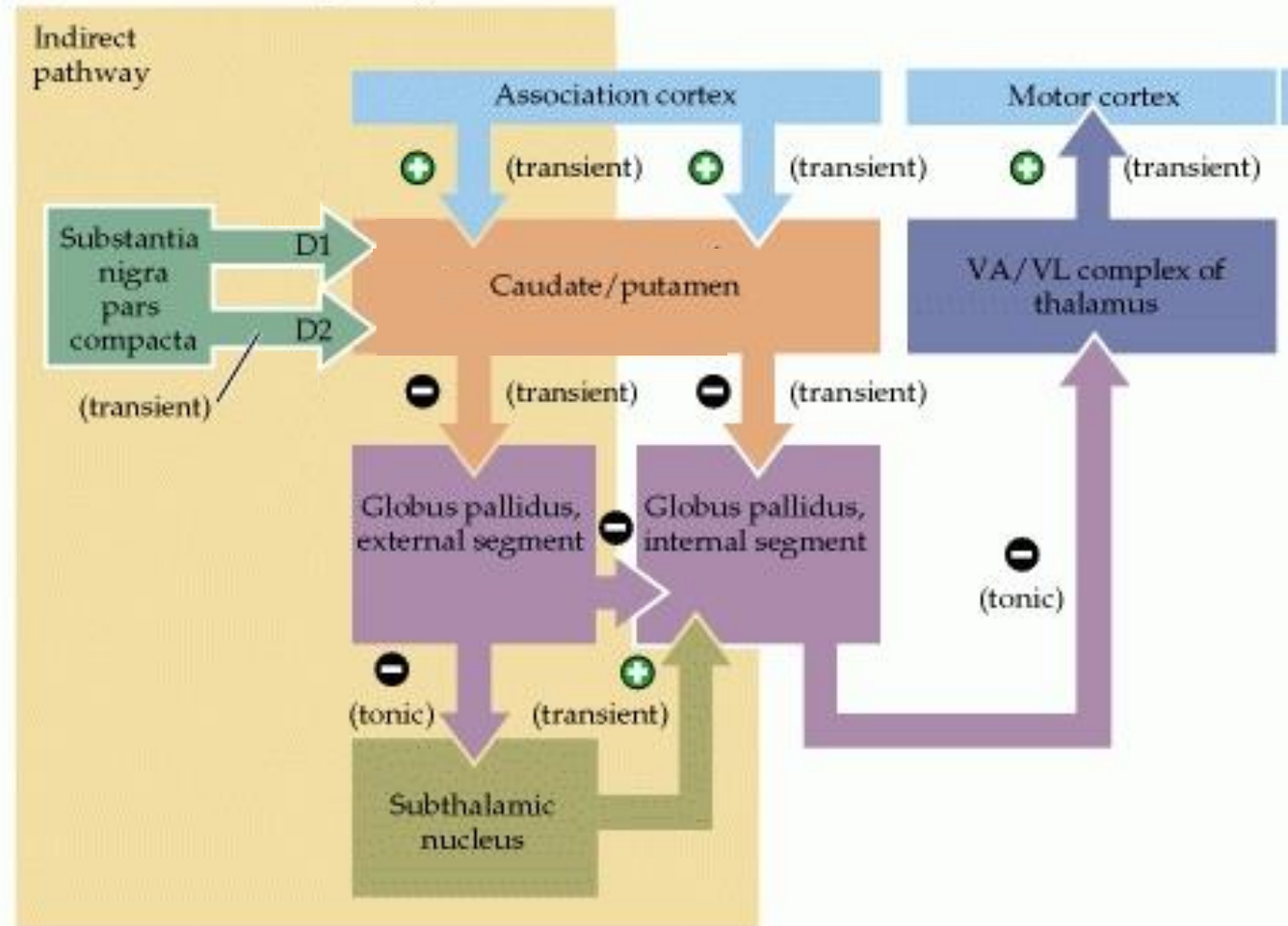
(B) Indirect and direct pathways



# Dopaminergic projections

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

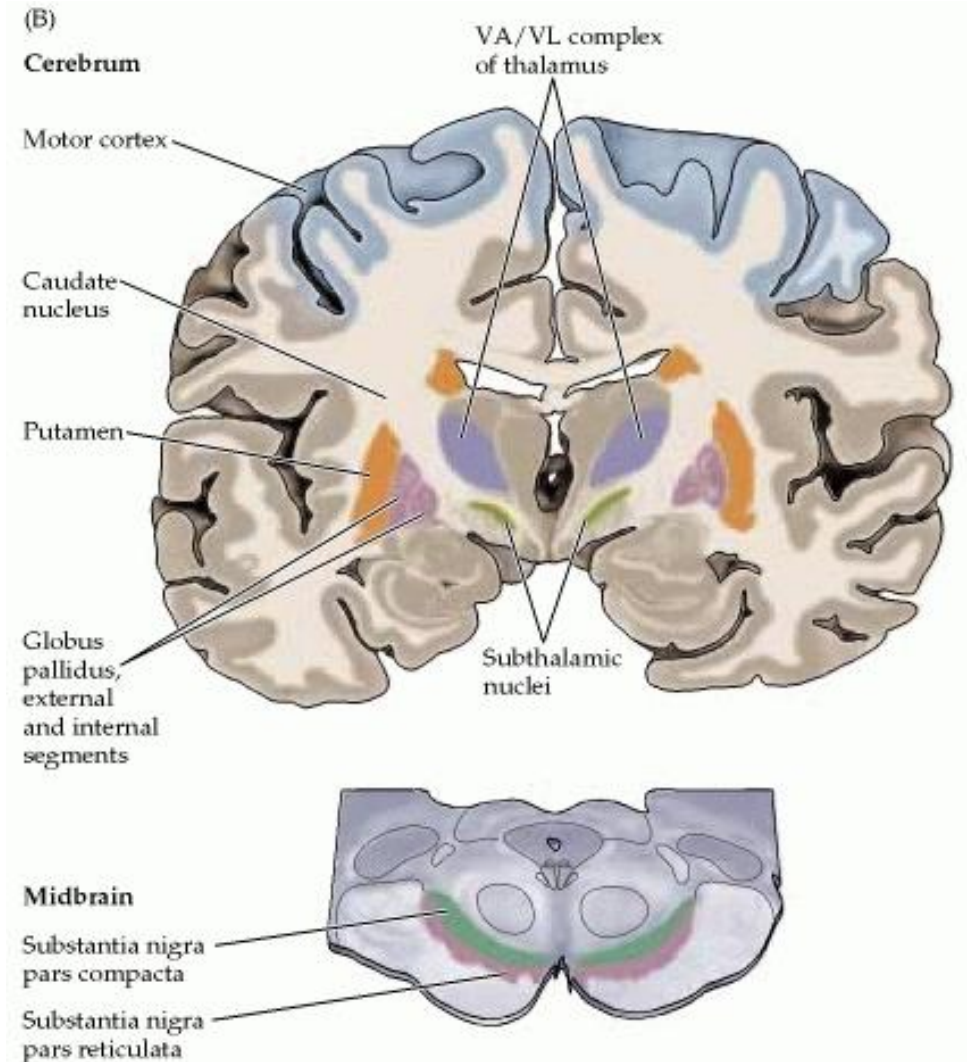
(B) Indirect and direct pathways





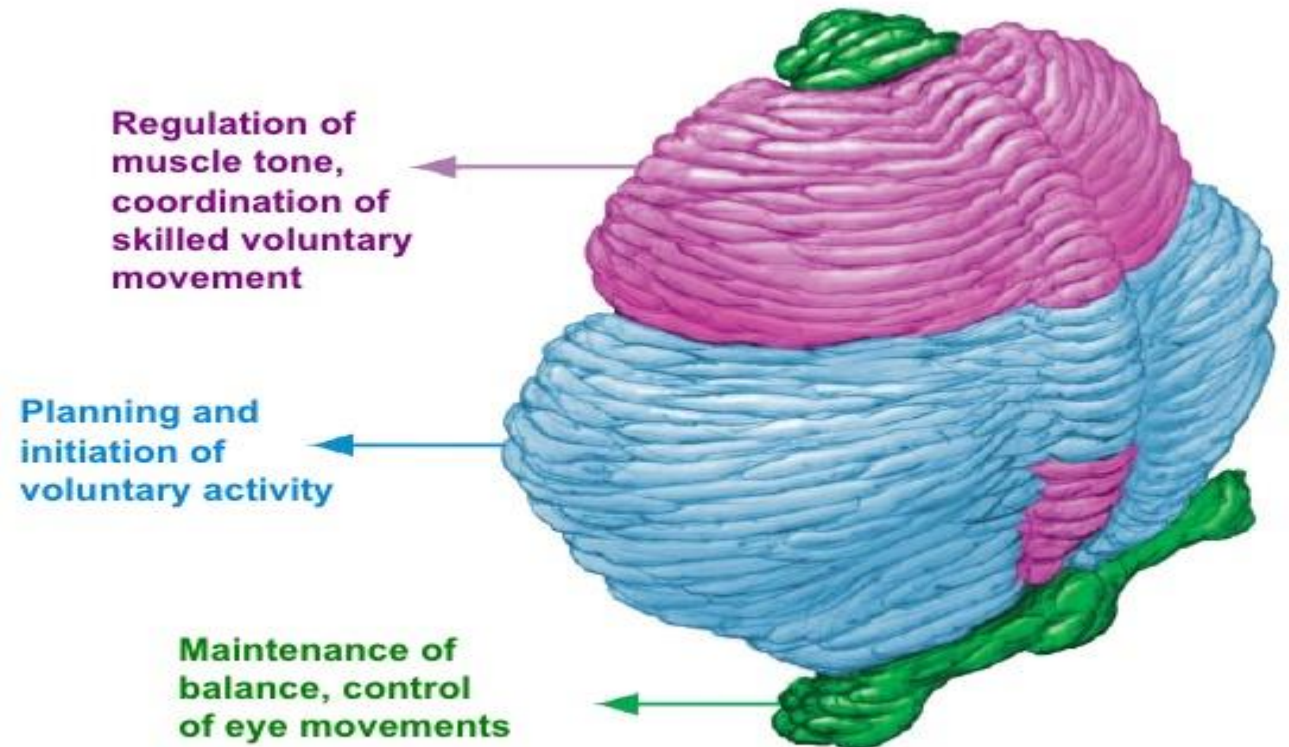
# Bazální ganglia

- 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
- Spojky corpus striatum jsou plastické, což umožňuje učení a toto mělo nesmírný evoluční význam



# Mozeček

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





M U N I

M E D