



# Řízení svalového tonu a jeho poruchy

Martina Hoskovcová

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

# Svalový tonus: **definice**

- **napětí** v relaxovaném svalu  
(nesplňuje charakteristiku definice, protože tonus = napětí)
- **odpor** vnímaný při pasivním protažení relaxovaného svalu  
(co je to odpor? definice tonu jako subjektivního fenoménu)
- **EMG DEFINICE: klidová EMG aktivita** relaxovaného svalu  
(nezohledňuje pasivní/viskoelastické vlastnosti)
- **MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ DEFINICE:**  
**změna odporu/síly na jednotku změny délky**  
(předpokládá změnu)  
celkový **odpor** = **setrvačnost** + **odpor** při protažení + **tlumení**  
(předpokládá plnou relaxaci)

# Svalový tonus: definice

- **CARPENTER 2012: konstantní svalová aktivita** potřebná jako pozadí aktuálního pohybu za účelem **udržení** základní **atitudy**, zejm. proti gravitaci
- **BERNSTEIN 2016, 2018:**  
Adaptivní **funkce nervosvalového aparátu** reagující na příkazy z vyšších úrovní řízení motoriky tím, že **ladí excitabilitu** senzorických a motorických buněk za účelem pohybové/posturální kontroly

# Svalový tonus

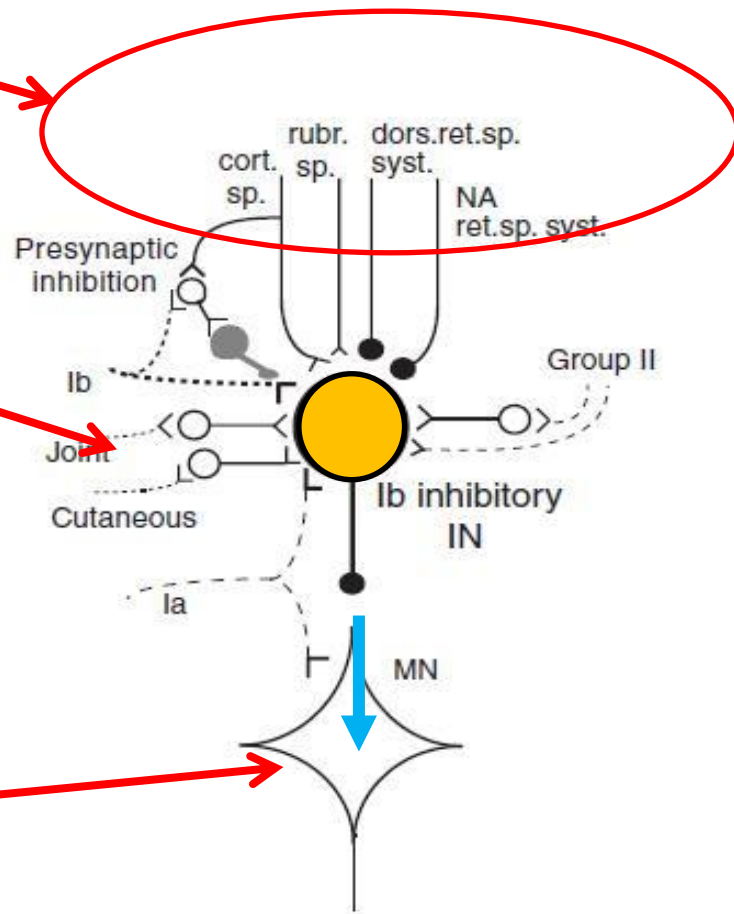
Kontinuální AP po sestupných drahách z CNS

+

Aferentní informace z periferních receptorů



nízkofrekvenční, asynchronní vzrušovací aktivita  **$\alpha$ -motoneuronů** = příčina svalového tonu

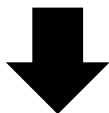


# Svalový tonus: **klasifikace**

**Posturální tonus**



- Na **axiálních** svalech  
(klíčová role gravitace)
- Podkladem **klidové  
protažení** svalů



**prolongovaná  
kontrakce**



**Fázický tonus**



- Na svalech **končetin**  
(patrný při vyšetření)
- Podkladem **rychlé  
protažení** svalů



**rychlá, krátká  
kontrakce**

# Svalový tonus: **komponenty**

- **AKTIVNÍ KOMPONENTA: tonický napínací reflex**
- **PASIVNÍ KOMPONENTA: viskoelastické vlastnosti tkání**  
můstky mezi aktinem a myozinem v sarkomeře  
viskozita, elasticita a extenzibilita kontraktilní složky  
spoje mezi nekontraktilními složkami (např. desmin a titin)  
osmotický tlak v buňkách a okolním pojivu

# Svalový tonus: řízení

## SPINÁLNÍ

1. Svalové **vřeténko** (hlavní senzor)
2. **Mícha** (reflexní řízení)

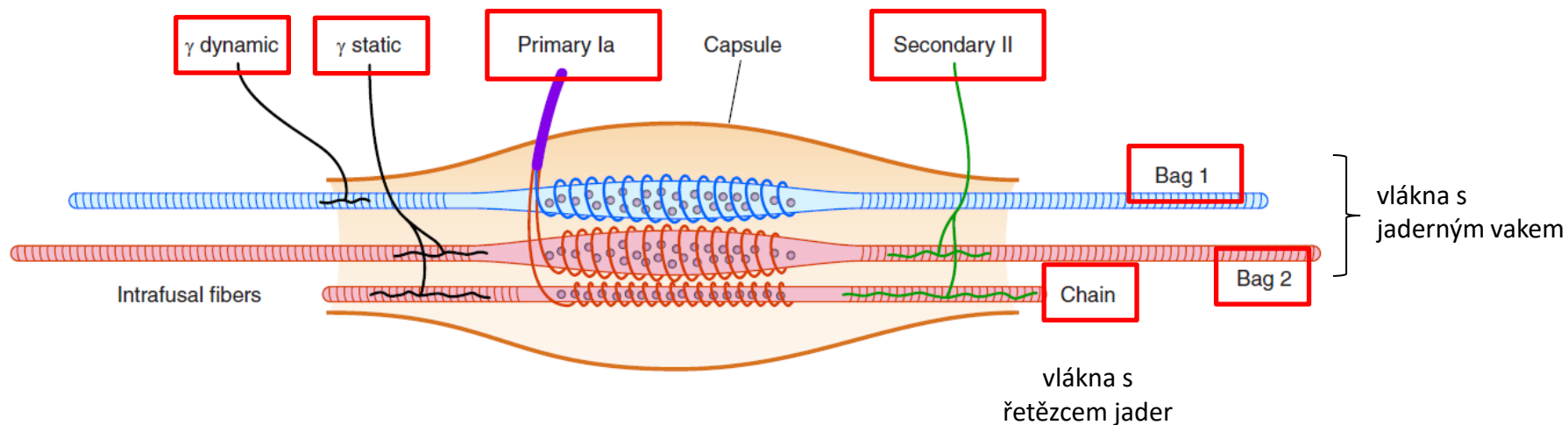
## SUPRASPINÁLNÍ

3. Kmenový **retikulární systém** (integrace a +/-)
4. **Mozeček** (ladění)
5. **Bazální ganglia** (výběr pohybových synergií)
6. **Kortex** (inhibice reflexních okruhů)

# Svalový tonus: opakování vřeténka

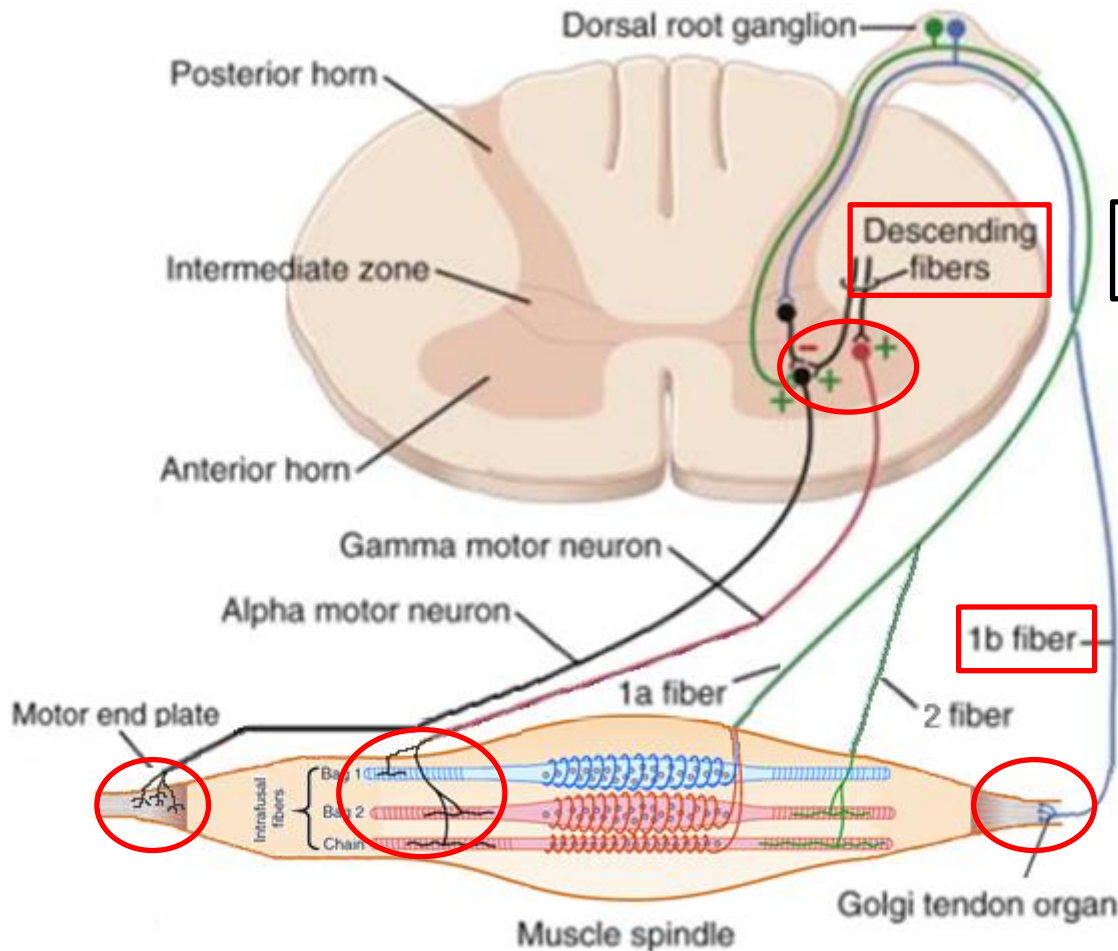
Detekce rychlosti **změny délky** svalu  
(fázické, rychle se adaptující receptory)

Detekce **absolutní délky** svalu  
(tonické, pomalu se adaptující receptory)





# Svalový tonus: **spinální řízení**

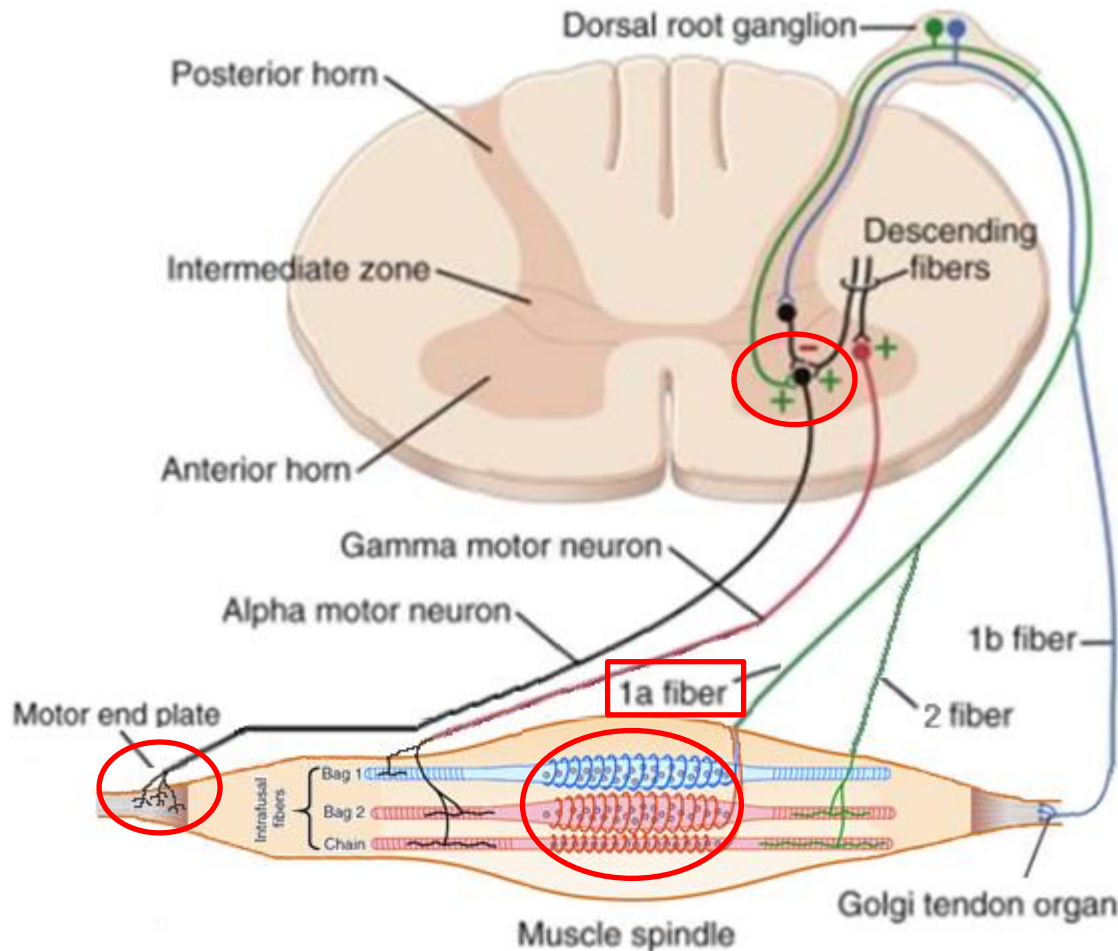


Volní podnět k pohybu

Detekce (změny) **napětí šlachy**  
(velmi rychle se adaptující receptory)

Kontrakce intrafuzálních i extrafuzálních vláken

# Svalový tonus: **spinální řízení**



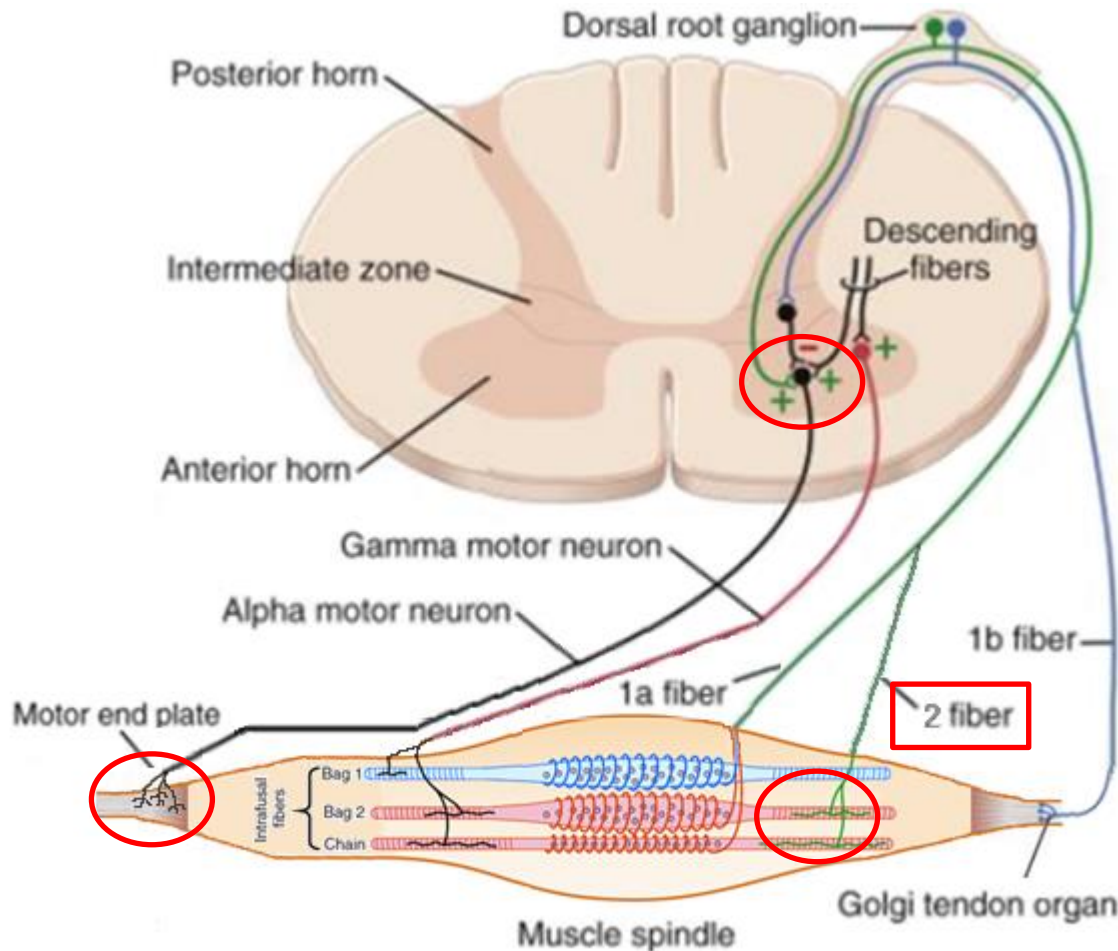
Reflexní aktivace

Dynamický myotatický reflex



Rychlé protažení

# Svalový tonus: **spinální řízení**



Reflexní aktivace  
části  $\alpha$ -motoneuronů



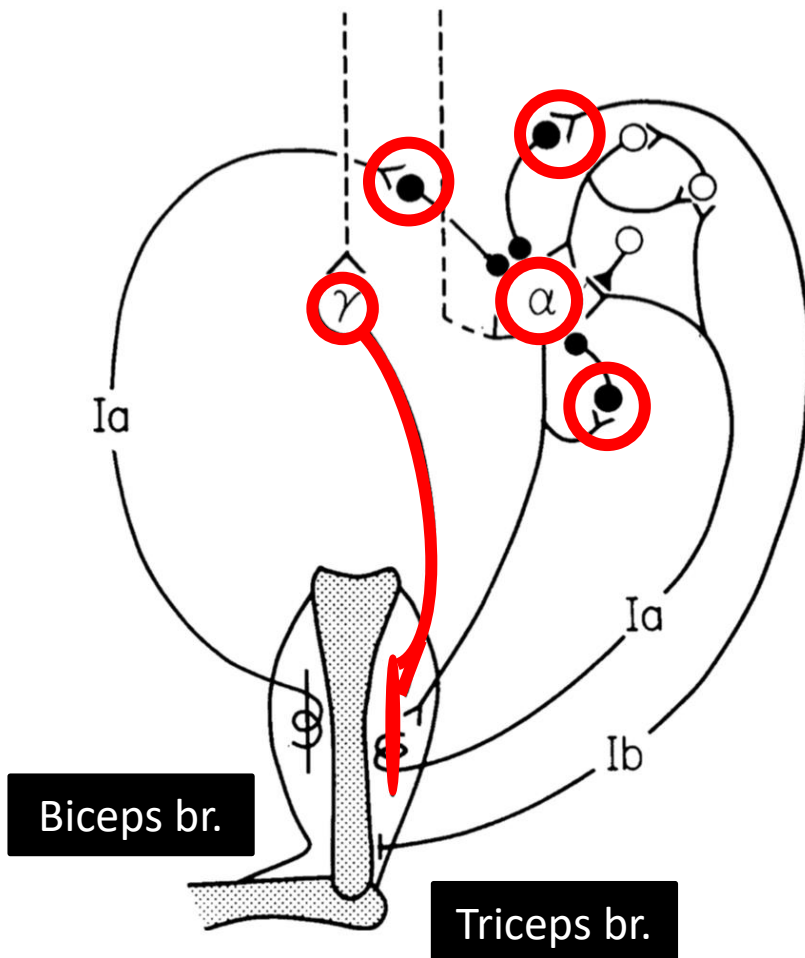
Tonická asynchronní kontrakce

= **TONUS**

Prolongované protažení

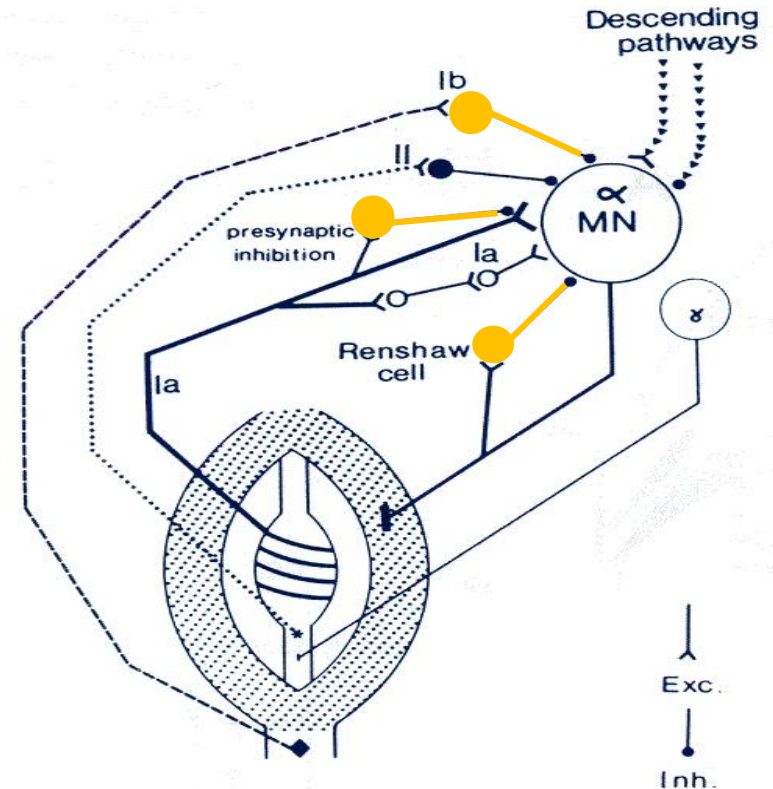
# Svalový tonus: **spinální řízení**

## Role interneuronů

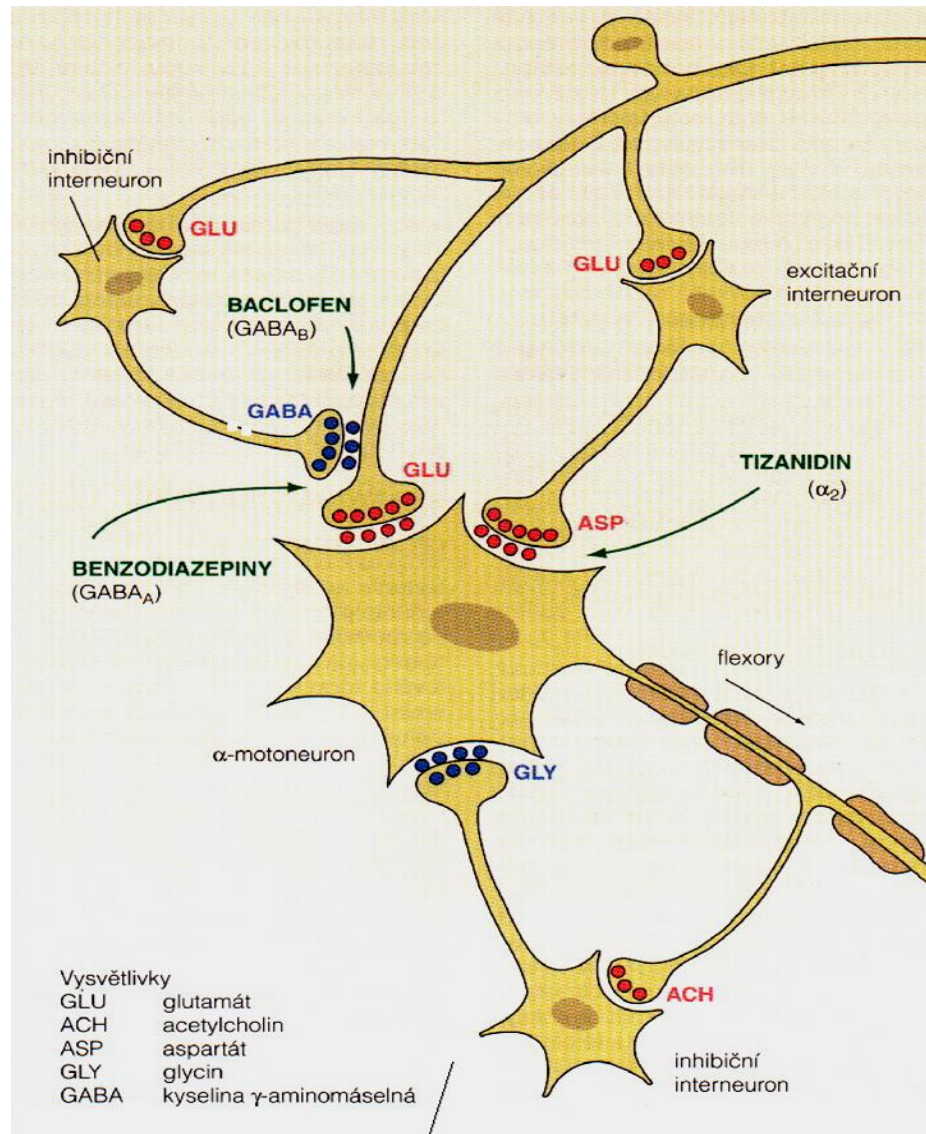


(Nielsen et al. 2007)

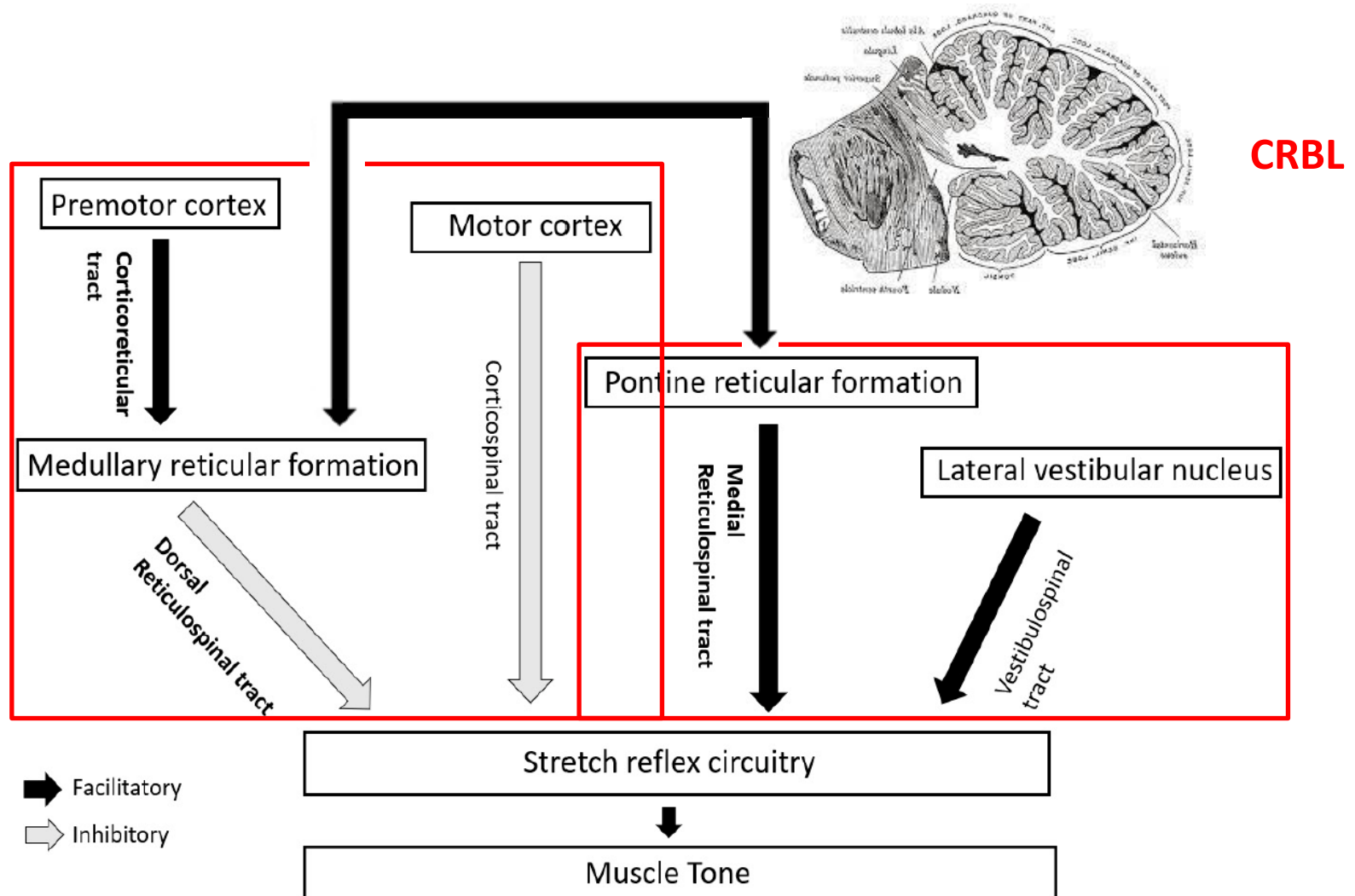
- Reciproční inhibice
- Presynaptická inhibice
- Zpětná (Renshaw) inhibice
- Inhibice z Golgiho tělísek



# Neurotransmittery



# Svalový tonus: **supraspinální řízení**



# Svalový tonus: **poruchy**

**SNÍŽENÝ TONUS**



**ZVÝŠENÝ TONUS**



- hluboké kóma
- spinální šok
- neocerebelární syndrom
- hyperkineticko-hypotonické syndromy
- onemocnění předního rohu
- neuropatie



- **Rigidita**
- **Dystonie** / Atetóza
- **Paratonie**
- **Svalová hyperaktivita**  
(spasticita, spastická dystonie, sp. ko-kontrakce, sp. synkinéza, spasmy)
- Stiff-person syndrom
- (Neuro)myotonie
- Katatonie

# Spasticita

- Mot. porucha s rychlostně vázaným nárůstem tonu na podkladě ↑ dráždivosti napínacích rr.; NEní vidět (klonus!); NEmusí ovlivňovat funkci

Main features of spastic paresis, with their deforming and disabling properties and their clinical measurability. FRA, flexor reflex afferents.

	Symptom name	Condition of detection	Trigger	Deforming capacity	Disabling level	Measurability at bed side
Muscle disorder	Spastic Myopathy	Rest	N/A	High	High	Estimation possible
Neurological disorder	Stretch-sensitive paresis	Effort	N/A	None	Moderate	No
Paresis	Spasticity	Rest	Phasic stretch	None	Low	Yes
Muscle overactivity types	Spastic Dystonia	Rest	None	High	High	No
	Spastic Cocontraction	Effort	Effort directed to agonist	None	High	No
	Extrasegmental cocontraction (synkinesis)	Effort	Effort	Moderate	Moderate	No
	Nociceptive (FRA) spasms	Rest or effort	FRA stimulation	Moderate	High	No



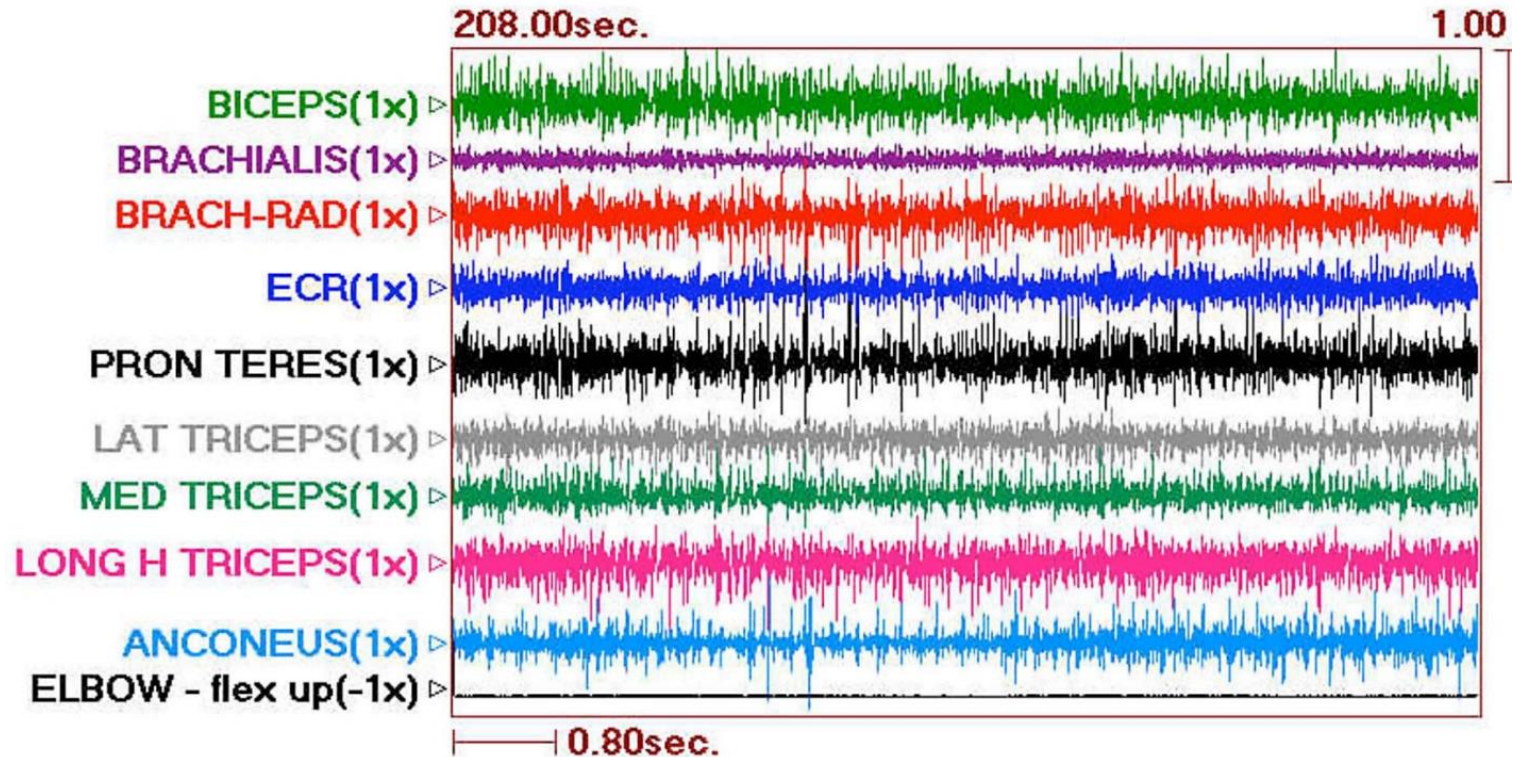
# Spastická dystonie

- zvýšené svalové napětí vedoucí k až fixní postuře (bez vazby na protažení nebo volní aktivitu); ↑ riziko kontraktur; ruší pohyb

Main features of spastic paresis, with their deforming and disabling properties and their clinical measurability. FRA, flexor reflex afferents.

	Symptom name	Condition of detection	Trigger	Deforming capacity	Disabling level	Measurability at bed side
Muscle disorder	Spastic Myopathy	Rest	N/A	High	High	Estimation possible
Neurological disorder	Stretch-sensitive paresis	Effort	N/A	None	Moderate	No
Paresis	Spasticity	Rest	Phasic stretch	None	Low	Yes
Muscle overactivity types	<b>Spastic Dystonia</b>	Rest	None	High	High	No
	Spastic Cocontraction	Effort	Effort directed to agonist	None	High	No
	Extrasegmental cocontraction (synkinesis)	Effort	Effort	Moderate	Moderate	No
	Nociceptive (FRA) spasms	Rest or effort	FRA stimulation	Moderate	High	No

# Spastická dystonie



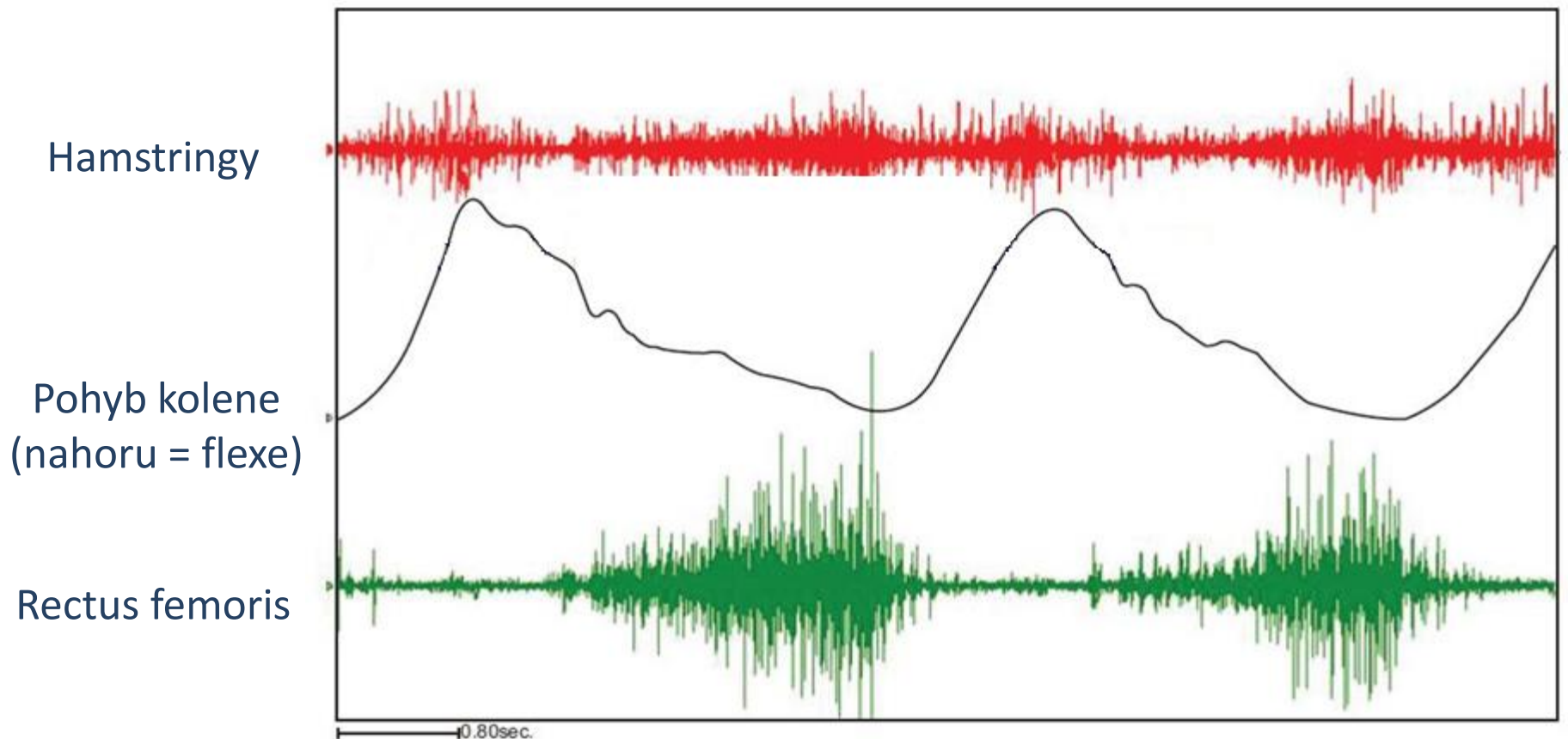
# Spastická ko-kontrakce

- mimovolní kontrakce (antagonistů) při volní kontrakci (agonistů), tj. „přesměrování“ pokynů k jiným svalům; ruší pohyb

Main features of spastic paresis, with their deforming and disabling properties and their clinical measurability. FRA, flexor reflex afferents.

	Symptom name	Condition of detection	Trigger	Deforming capacity	Disabling level	Measurability at bed side
Muscle disorder	Spastic Myopathy	Rest	N/A	High	High	Estimation possible
Neurological disorder	Stretch-sensitive paresis	Effort	N/A	None	Moderate	No
Paresis	Spasticity	Rest	Phasic stretch	None	Low	Yes
Muscle overactivity types	Spastic Dystonia	Rest	None	High	High	No
	<b>Spastic Cocontraction</b>	<b>Effort</b>	<b>Effort directed to agonist</b>	<b>None</b>	<b>High</b>	<b>No</b>
	Extrasegmental cocontraction (synkinesis)	Effort	Effort	Moderate	Moderate	No
	Nociceptive (FRA) spasms	Rest or effort	FRA stimulation	Moderate	High	No

# Spastická ko-kontrakce



# Spastická synkinéza (asociované reakce)

- mimovolní kontrakce vzdálených svalových skupin při volní kontrakci, tj. „přetečení“ aktivity do jiných svalových segmentů

Main features of spastic paresis, with their deforming and disabling properties and their clinical measurability. FRA, flexor reflex afferents.

	Symptom name	Condition of detection	Trigger	Deforming capacity	Disabling level	Measurability at bed side
Muscle disorder	Spastic Myopathy	Rest	N/A	High	High	Estimation possible
Neurological disorder	Stretch-sensitive paresis	Effort	N/A	None	Moderate	No
Paresis	Spasticity	Rest	Phasic stretch	None	Low	Yes
Muscle overactivity types	Spastic Dystonia	Rest	None	High	High	No
	Spastic Cocontraction	Effort	Effort directed to agonist	None	High	No
	Extrasegmental cocontraction (synkinesis)	Effort	Effort	Moderate	Moderate	No
	Nociceptive (FRA) spasms	Rest or effort	FRA stimulation	Moderate	High	No

# Co je to spastická paréza?

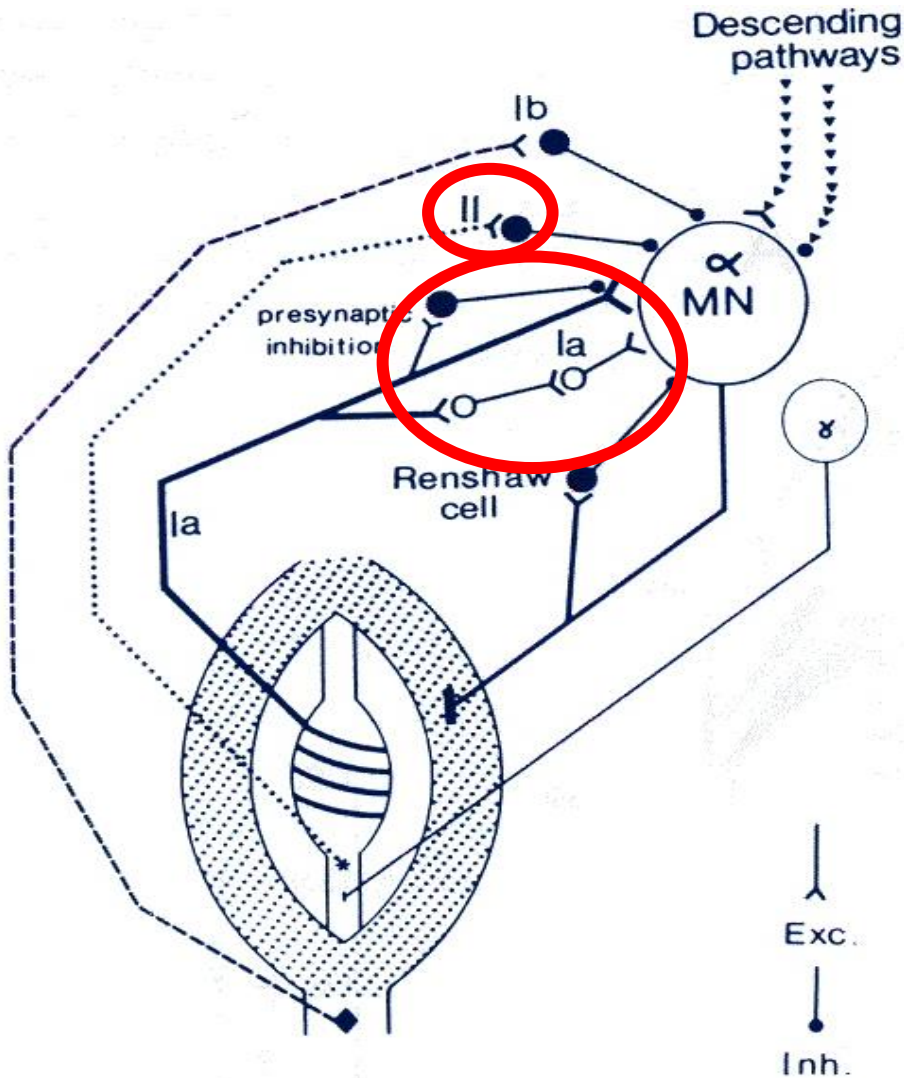
Main features of spastic paresis, with their deforming and disabling properties and their clinical measurability. FRA, flexor reflex afferents.

	Symptom name	Condition of detection	Trigger	Deforming capacity	Disabling level	Measurability at bed side
Muscle disorder	Spastic Myopathy	Rest	N/A	High	High	Estimation possible
Neurological disorder	Stretch-sensitive paresis	Effort	N/A	None	Moderate	No
Paresis	Spasticity	Rest	Phasic stretch	None	Low	Yes
Muscle overactivity types	Spastic Dystonia	Rest	None	High	High	No
	Spastic Cocontraction	Effort	Effort directed to agonist	None	High	No
	Extrasegmental cocontraction (synkinesis)	Effort	Effort	Moderate	Moderate	No
	Nociceptive (FRA) spasms	Rest or effort	FRA stimulation	Moderate	High	No

# Zkrácení svalu a kontraktury

- atrofie (hypotrofie a ztráta svalových vláken)
- zkrácení délky svalu (ztráta sarkomér v sérii)
- ↓ extenzibility (akumulace pojiva)

# Patofyziologie: **spinální úroveň**



## léze dráhy?

– kortiko- a retikulospinální

## hypersenzitivita?

– alfa-M neuronů

– gama-M neuronů

## ↑ citlivost NS-vřetének?

↓ **Ia reciproční inhibice** (ko-kontrakce)

↓ **Renshawova inhibice** (ko-kontrakce)

↓ **Ib inhibice z Golgiho tělísek**

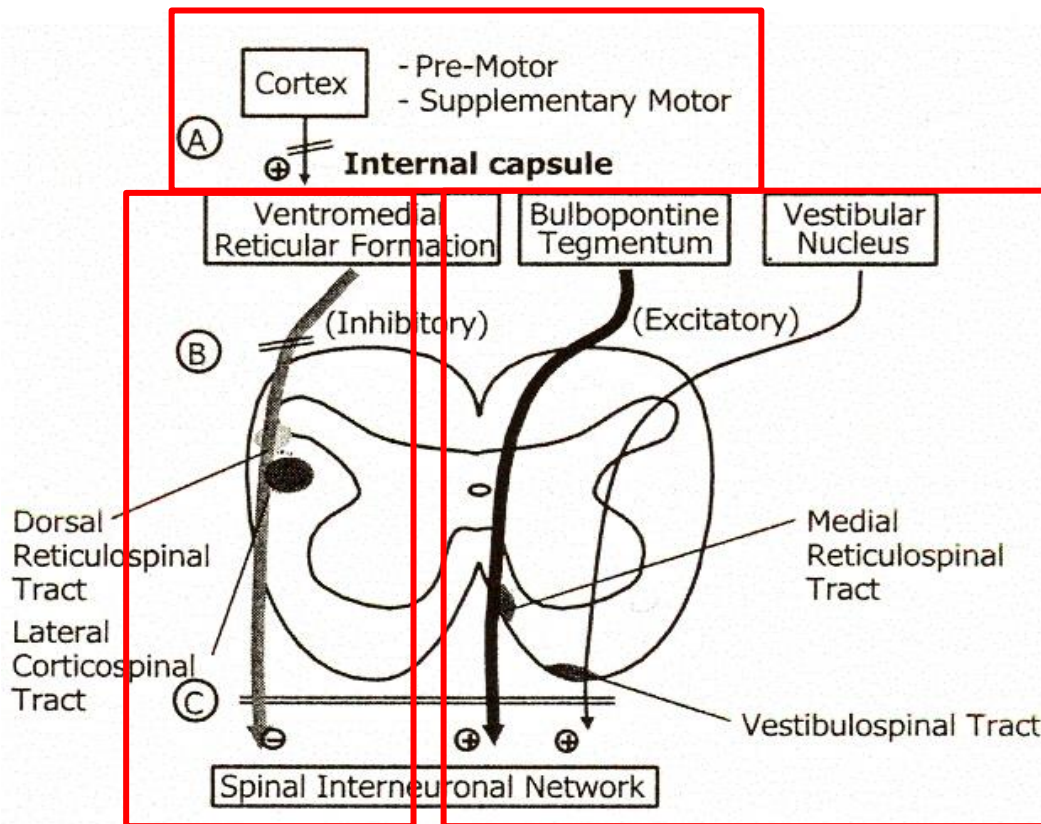
↑ **facilitace vláknů typu II**

↓ **presyn. inhibice Ia afferentů**



# Patofyziologie: **kmenová úroveň**

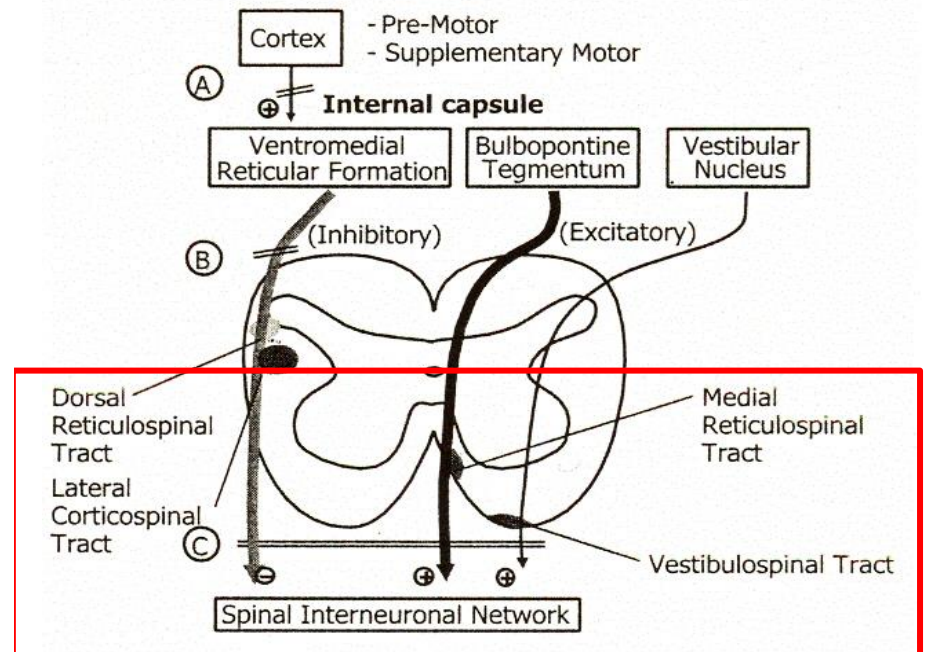
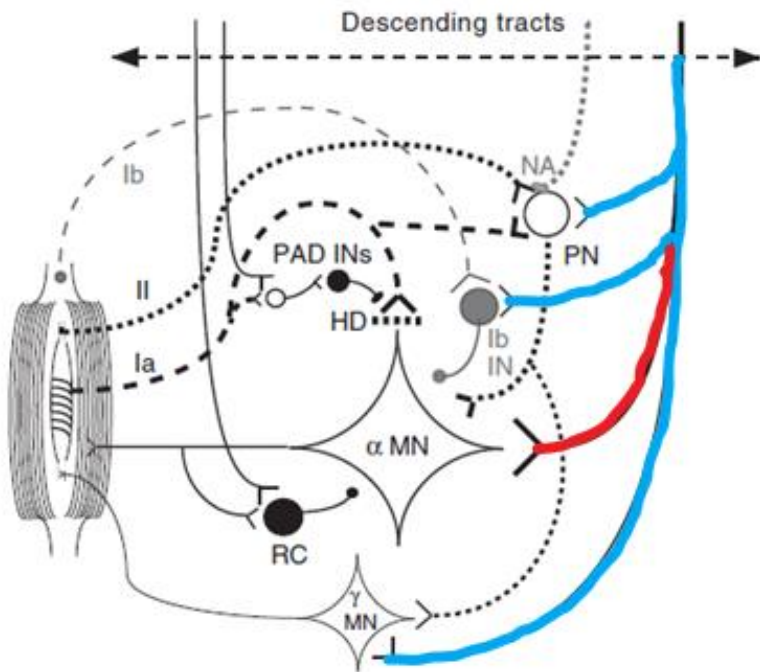
- dysbalance mezi motorickými obl. RF (-/+ antigravitačních sv.)
- dysbalance mezi RF a ncl. vestibularis lat. (+ antigravitačních sv.)



- Porušená aktivace inhibičních center kmene z kortexu
- Nedostatečná aktivita inhibičních drah z VM RF
- Zvýšená aktivita excitačních drah z BP tegmenta a VJ

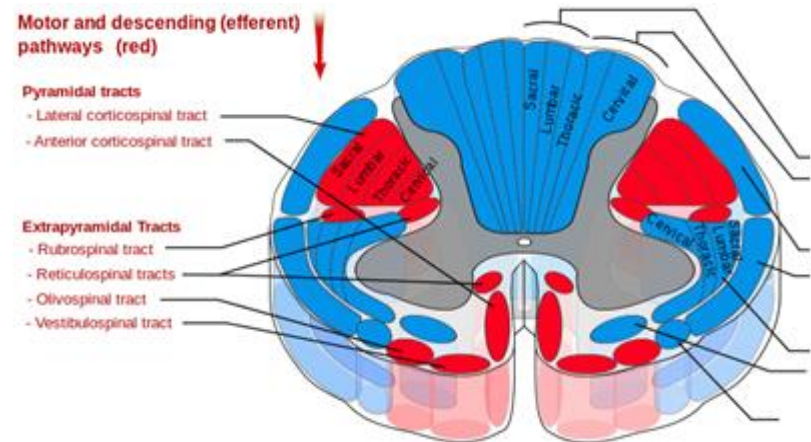
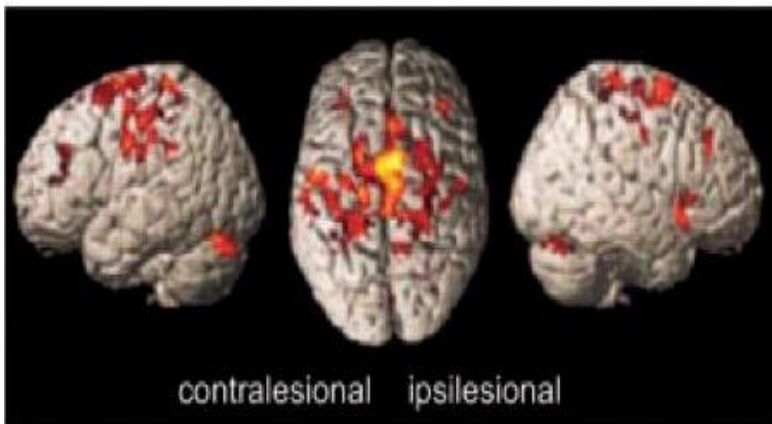
# Souhrnný pohled: **kmenová úroveň**

- větší zapojení a nové spoje descendentních drah (rubro-, vestibulo-, tecto- a retikulospinálních) s IN sítí a MN
- **↑ aktivace mimo-pyramidových drah** → tendence ke konstantní aktivitě (obojí spastická dystonie)

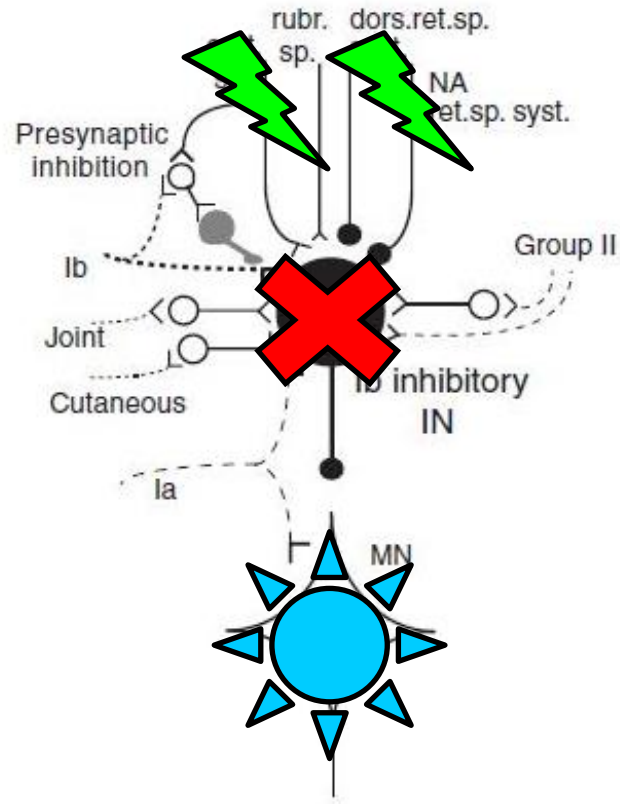


# Souhrnný pohled: **korová úroveň**

- kortikální reorganizace: intaktní motorické oblasti přebírají funkci poškozených → **překrytí kortikálních polí** (sp. dystonie)
- **setření hranic** mezi korovými motorickými poli; podmínky pro mimovolní „asociaci“ pohybů s volnými pohyby (sp. synkinéza)
- převedení **řízení** pohybu na **mimopyram. dráhy** (sp. synkinéza)



# Patofyziologie sv. hyperaktivity: **souhrn**



abnormální aktivace **hyperexcitabilních motoneuronů zesílenými reflexními mechanismy** (porušená inhibice na úrovni interneuronální sítě) a **descendentními drahami** (nové spoje rubro-, vestibulo-, tecto- a retikulospinálních drah s interneuronální sítí a motoneurony; ↑ aktivita mimopyramidových drah, protože není řízení z kortikospinální dráhy-chybí selektivní pohyb)

# Vyšetření: proč ne AS/MAS ?

- 0:** svalový tonus nezvýšen
- 1:** mírné zvýšení svalového tonu zachytitelné na konci rozsahu pohybu vyšetřované části končetiny
- 1+:** mírné zvýšení svalového tonu patrné po přibližně polovinu doby rozsahu pohybu vyšetřované části končetiny
- 2:** výraznější zvýšení svalového tonu patrné v celém rozsahu pohybu, pasivní pohyb je však snadný
- 3:** zřetelné zvýšení svalového tonu, pasivní pohyb obtížný
- 4:** postižená část je v trvalém abnormální postavení (flexi či extenzi), pasivní pohyby obtížné do všech směrů

# Vyšetření: proč ne AS/MAS ?

**Nepoužívat: MAS**

Neměří spasticitu!  
Nerozliší spasticitu, zkrácení/  
dystonii

**Používat: Modifikovanou  
Tardieho škálu**

# Další škály a testy

- 3-item hypertonus measure
- Adductor Tone Rating Scale
- Ankle plantarflexors tone scale
- Spastic Paraplegia Rating Scale
- Australian Spasticity Assessment Scale
- Composite Spasticity Scale/Index
- Duncan-Ely Test/Root-Ely Test
- Fugl-Meyer Assessment
- Hypertonia Assessment Tool
- Motor Assessment Scale
- Spasticity Test
- Spinal Cord Assessment Tool for Spastic Reflexes
- Tendon Reflex Scale/NINDS Myotatic Reflex Scale/Mayo Clinic Scale
- Tone Assessment Scale
- Triple Spasticity Scale
- Wartenberg Pendulum Test

# Léčba svalové hyperaktivity

## FARMAKOLOGICKÁ:

- perorální (baclofen, tizanidin, tetrazepam, klonazepam, gabapentin)
- lokální (BTX, fenol/alkohol)
- intrathekální (ITB)



# Léčba svalové hyperaktivity

## CHIRURGICKÁ:

- Neurochirurgická
  - hyperselektivní neurektomie
  - DREZotomie, dorzální rhizotomie
- Ortopedická
  - tenotomie
  - aponeurotomie/fasciotomie
  - prolongace
  - transfery šlach

## FYZIOTERAPIE A FYZIKÁLNÍ LÉČBA