

MUNI
SPORT

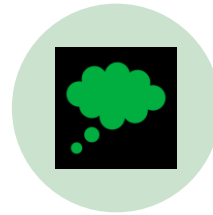
Kineziologie

Řízení pohybu

Motorický systém – řízení hybnosti



Cílená volní
motorika

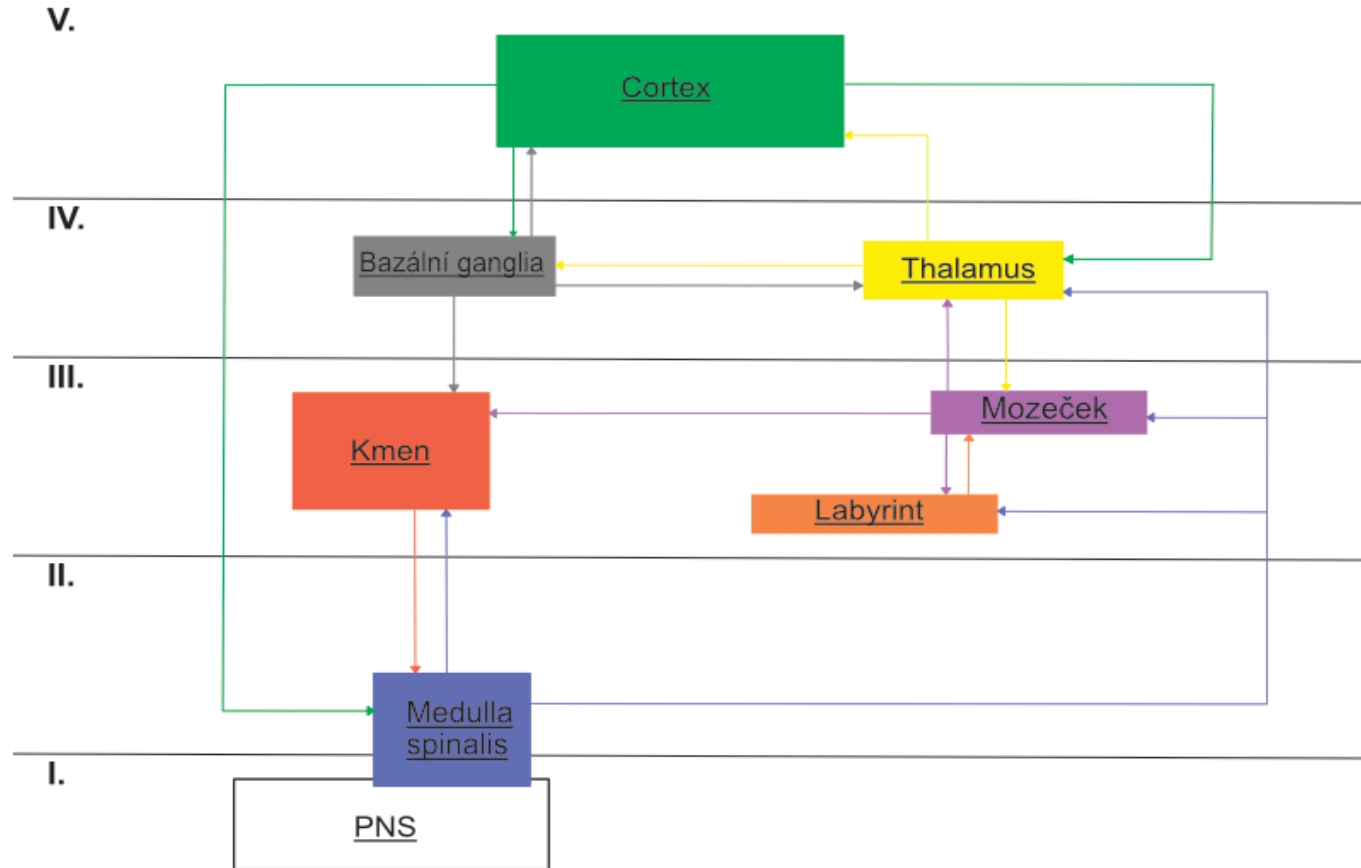


Reflexní
mimovolní hybnost

Základní principy:

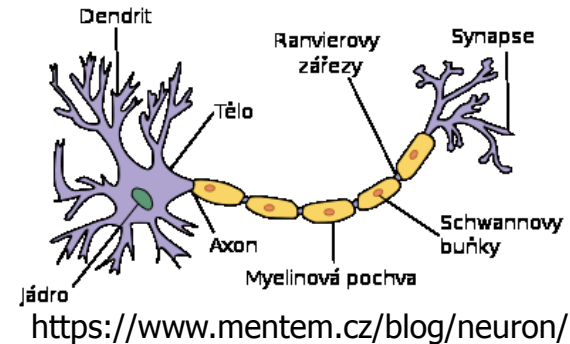
- Koordinace agonistů, antagonistů, synergistů
- Zpětná vazba
- Předpokladem je svalový tonus = napětí svalů!

Hierarchie řízení



https://www.wikiskripta.eu/w/Motorick%C3%BD_syst%C3%A9m#/media/Soubor:Hierarchie_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_motoriky.png

Neurony – přehled



- **Senzitivní neurony** – aferentní -> informace z periferie do CNS (exterocepce, propiocepce, interocepce) + zpětná vazba (těla leží ve spinálních gangliích -> PNS)
(**Nocicepce** -> bolestivý vjem)
- **Senzorické neurony** – aferentní -> informace ze smyslových orgánů (receptorových buněk) -> CNS (zrak, sluch, čich, chuť)
- **Motorické neurony** – eferentní - somatomotorika a visceromotorika

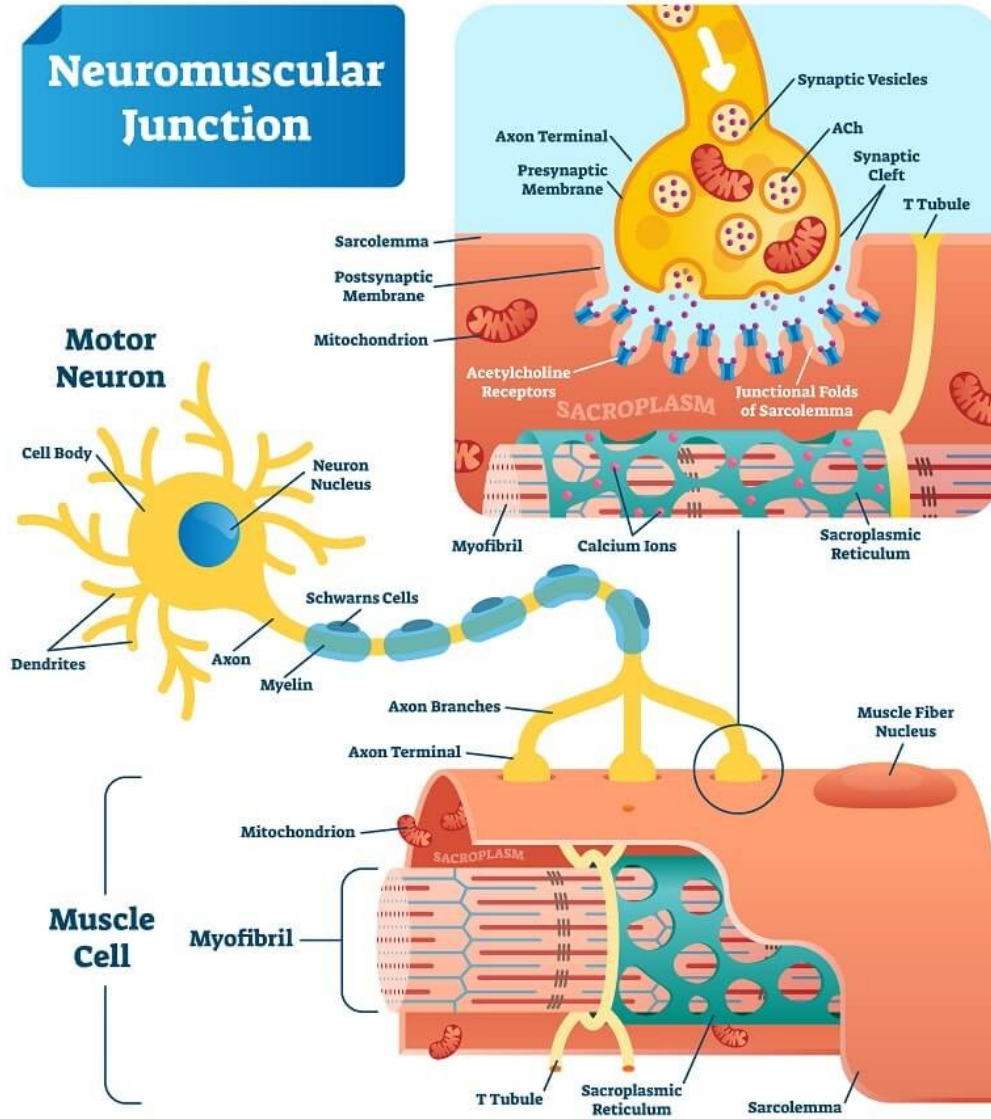
Motoneurony

eferentní = vedou informace z CNS na periferii (anatomicky náleží do CNS -> těla leží v míše)

ALFA-MOTONEURONY

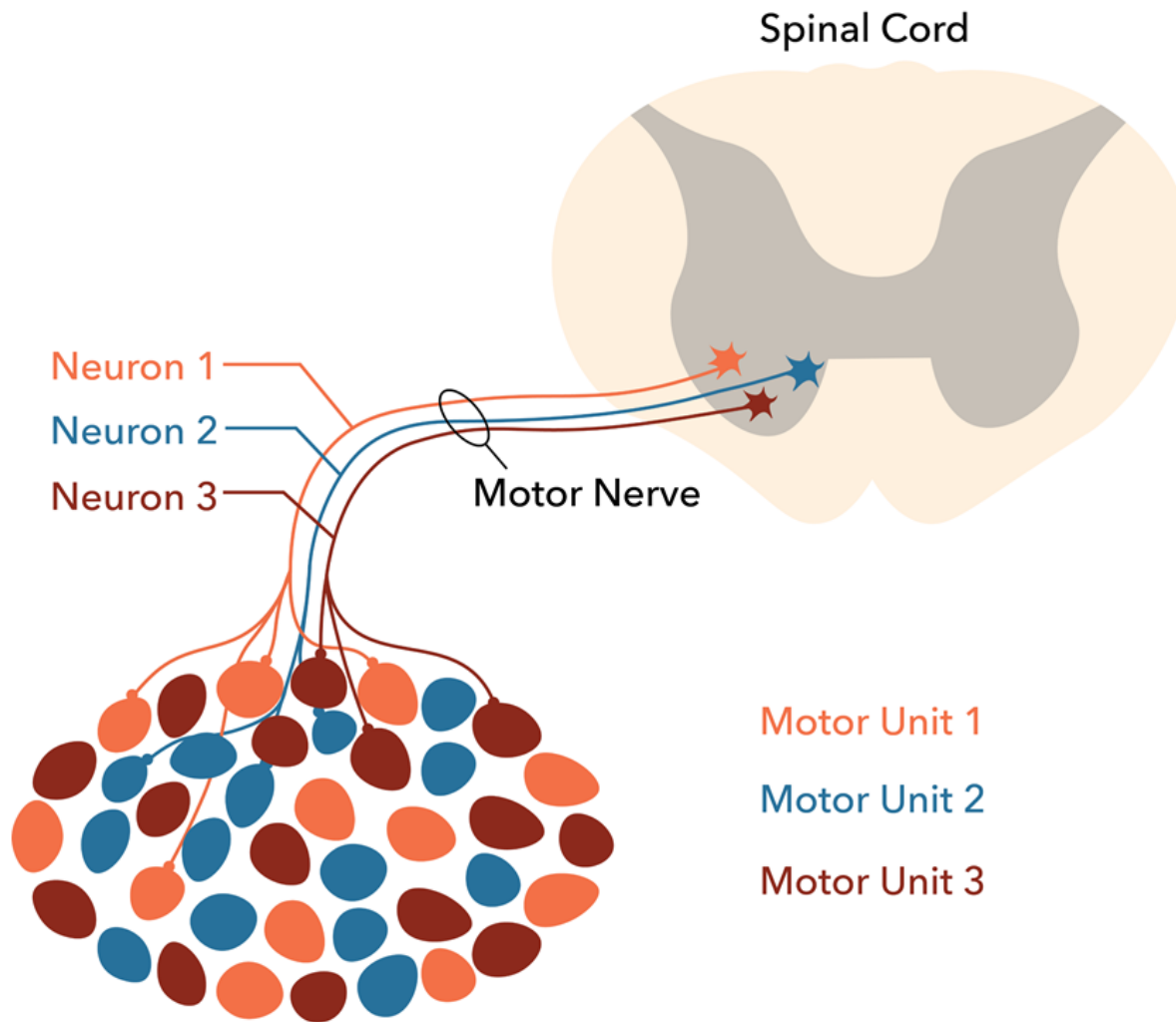
- Přední rohy míšní -> extrafuzální vlákna
- NS ploténka
- **Motorická jednotka** = jedná se o soubor svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem. Axon motoneuronu se po vstupu do svalu větví, jeho terminální vlákno inervuje vždy jedno svalové vlákno. Vzniká synapse – nervosvalová ploténka. Motorické jednotky představují periferní motoneuron.

Neuromuscular Junction



<https://biologydictionary.net/neuromuscular-junction/>

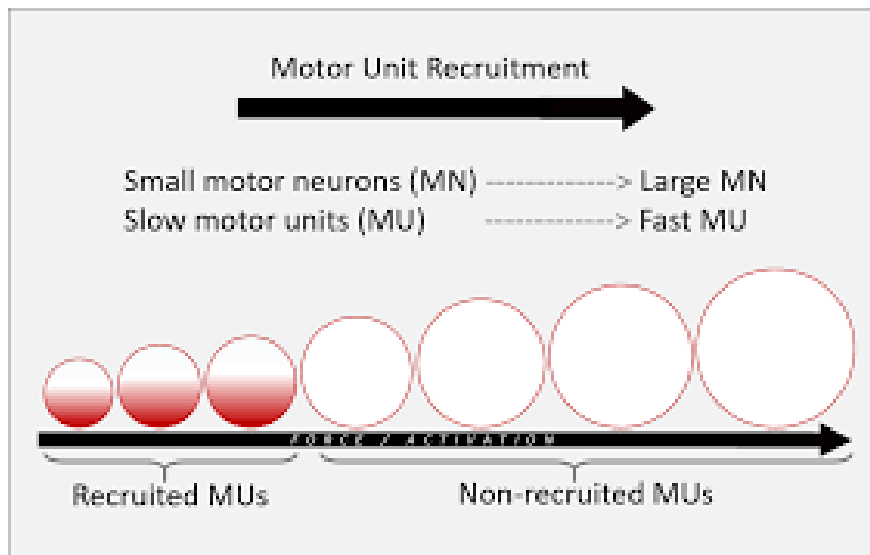
MOTORICKÁ JEDNOTKA



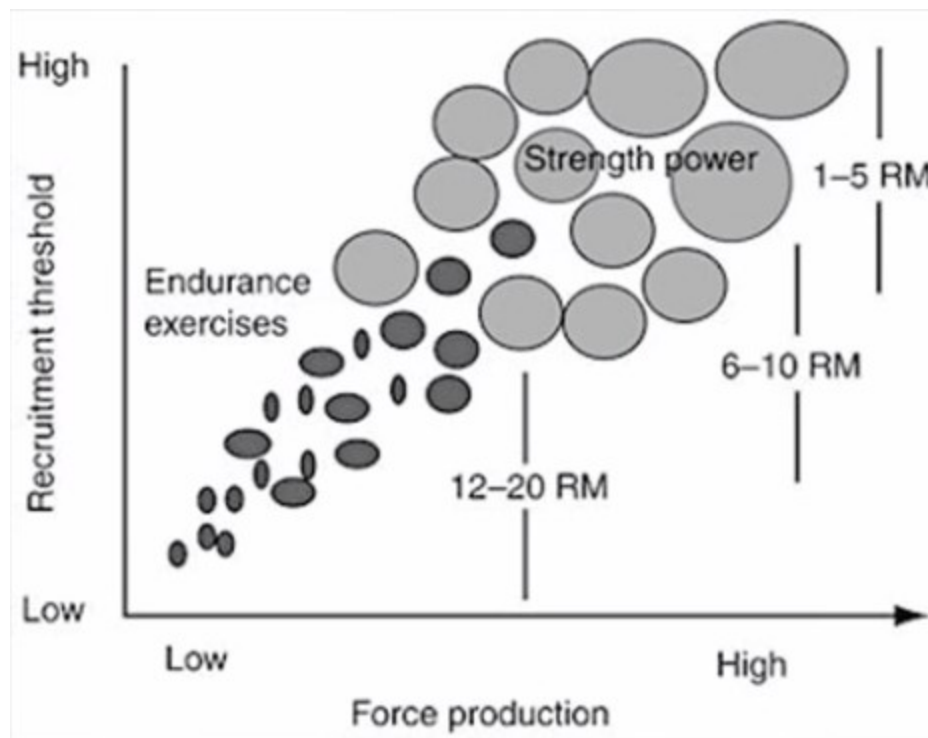
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Motor_unit.png

Motorická jednotka

- Nejmenší jednotky jsou zřejmě v okohybných svalech (kolem deseti), největší v zádočných svalech (až dva tisíce).
- Svalová vlákna jedné motorické jednotky jsou uspořádána difusně ve větší části svalu. (střídání MJ)
- **Henemannovo pravidlo (Heneman's law)** říká, že při zvyšování síly svalu se motorické jednotky nabírají postupně od nejmenších k největším.
- **Síla svalu (muscle power)** – závisí na počtu MJ, frekvence zapojování MJ (frekvence výbojů), je přímoúměrná průřezu svalového bříška



<https://www.allegiategym.com/blog/burning-fat-through-program-design-behind-the-block>



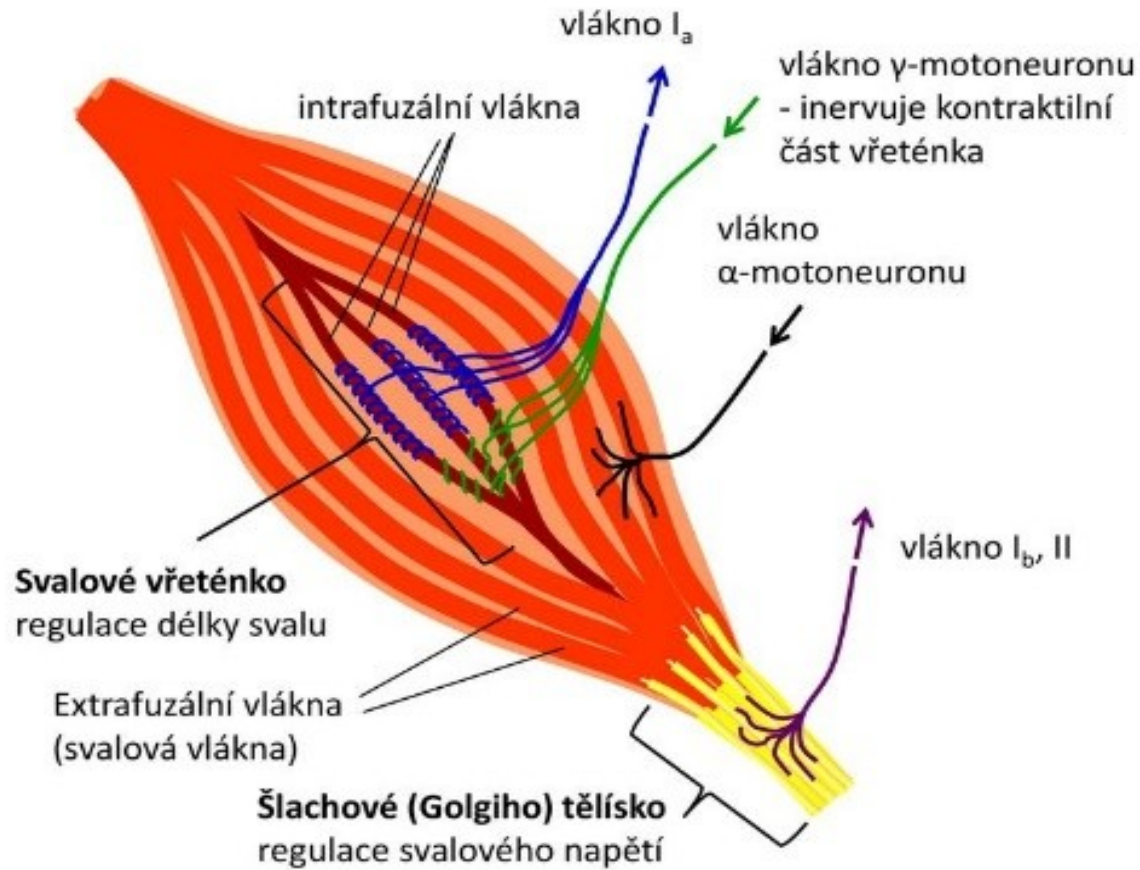
<https://www.mtrigger.com/motor-unit-recruitment-biofeedback-in-rehabilitation/>

Gama-motoneuron

Gama-motoneurony dostávají informace z CNS, na jejichž základě upravují **citlivost vřeténka** (zachovávají jeho dráždivost). Toto spojení je velmi významné pro regulaci svalového tonu a označuje se jako **γ -klička**.

Ta začíná převodem signálu z mozku (retikulární formace) na γ -motoneurony předního míšního rohu. Gama-motoneuron následně odesílá informaci na vřeténko, které se kontrahuje. Kontrakce vlastního receptoru, vyvolá opět aktivaci reflexní dráhy do příslušného míšního segmentu. Svalová vřeténka vnímají jak statické, tak dynamické změny uvnitř svalů.

Proprioreceptory - Svalové vřeténko a Golgiho tělísko



svalové vřeténko (zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/12720931/>)

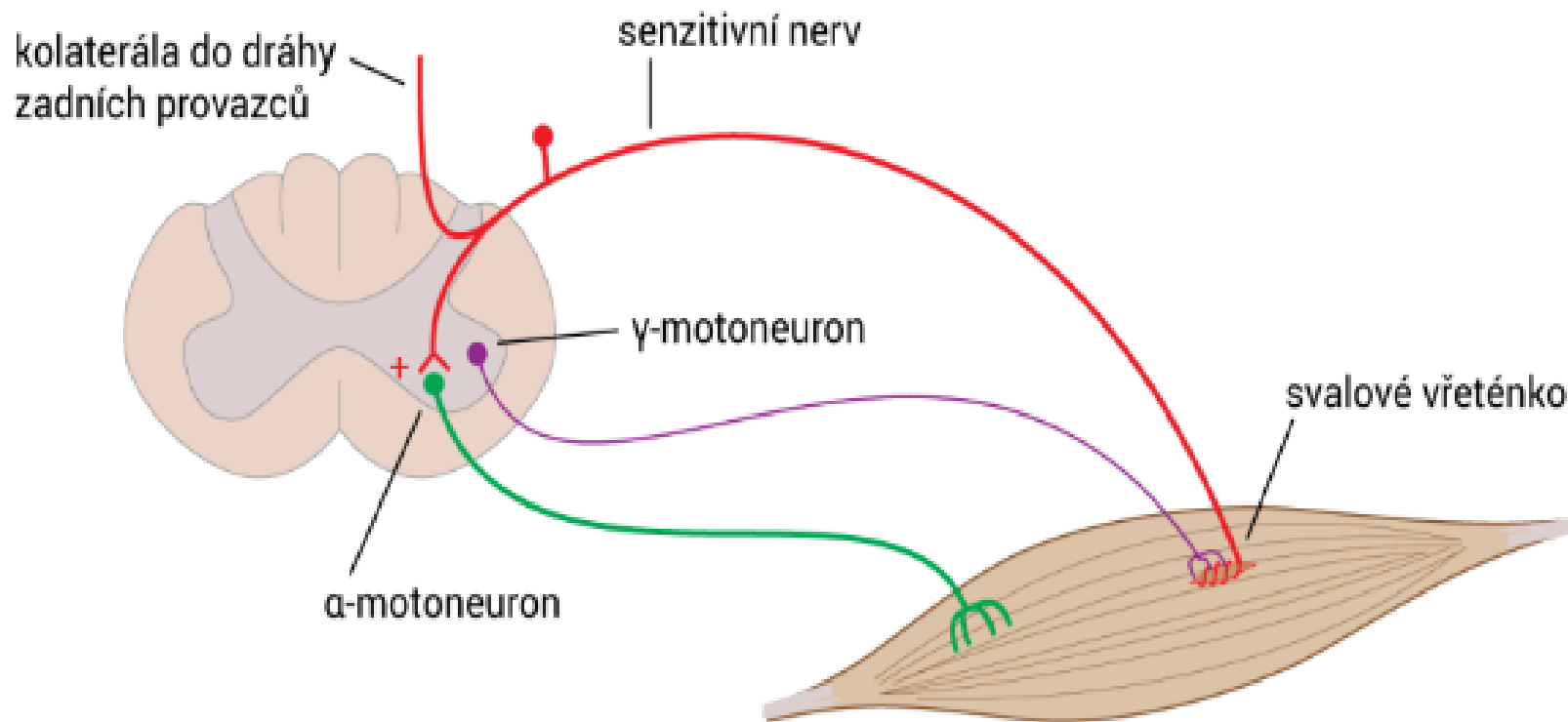
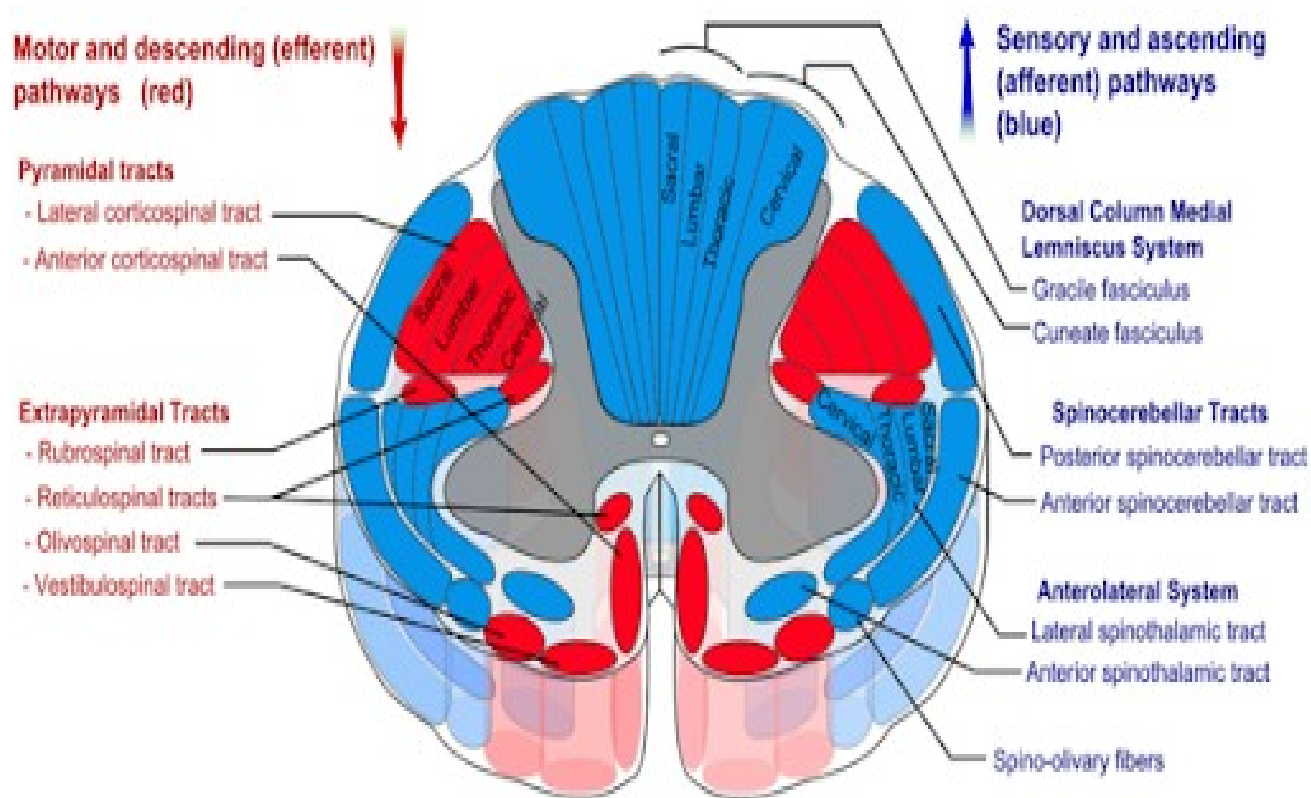


Schéma gama klíčky (zdroj: <http://www.cnsonline.cz/?p=311>)

MÍCHA

- Tvořena jednotlivými míšními segmenty (většinou 31) -> míšní nervy -> pleteně -> periferní nervy (31 párů)
- **Šedá hmota** -> tvořená nakupením těl neuronů, vytváří přední a zadní rohy míšní. (přední obsahují motoneurony, postranní vegetativní neurony, zadní spojovací neurony). Středem vede míšní kanálek – canalis centralis.
- **Bílá hmota** -> sestupné a vzestupné dráhy -> motorické dráhy, senzitivní dráhy a dráhy bolesti

MÍCHA



Mícha - uspořádání drah (<http://sestra.org/M%C3%ADcha>)

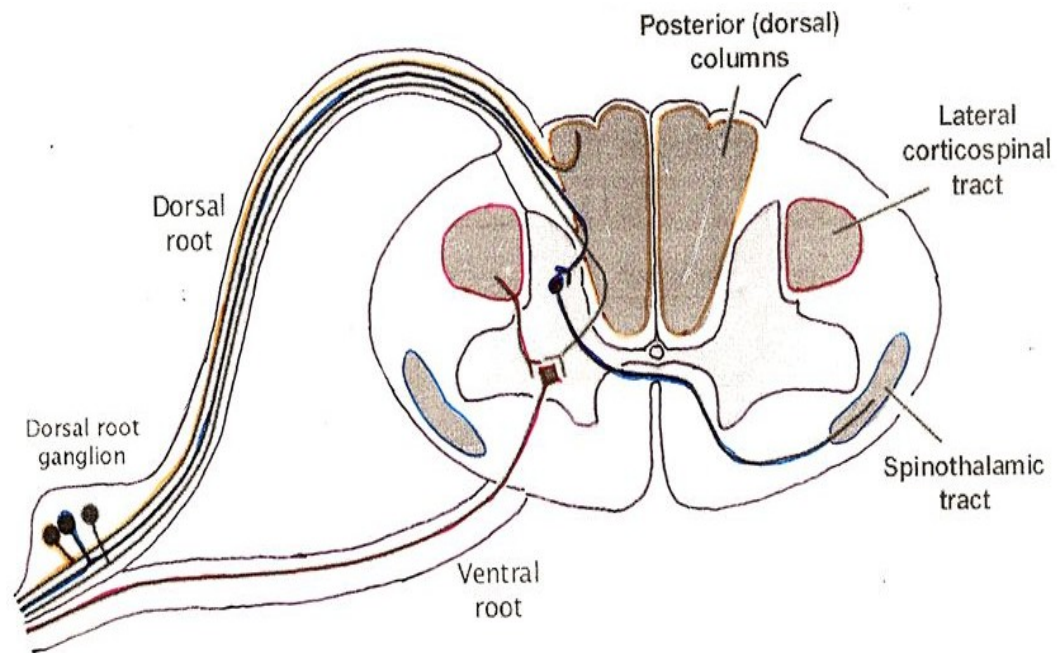
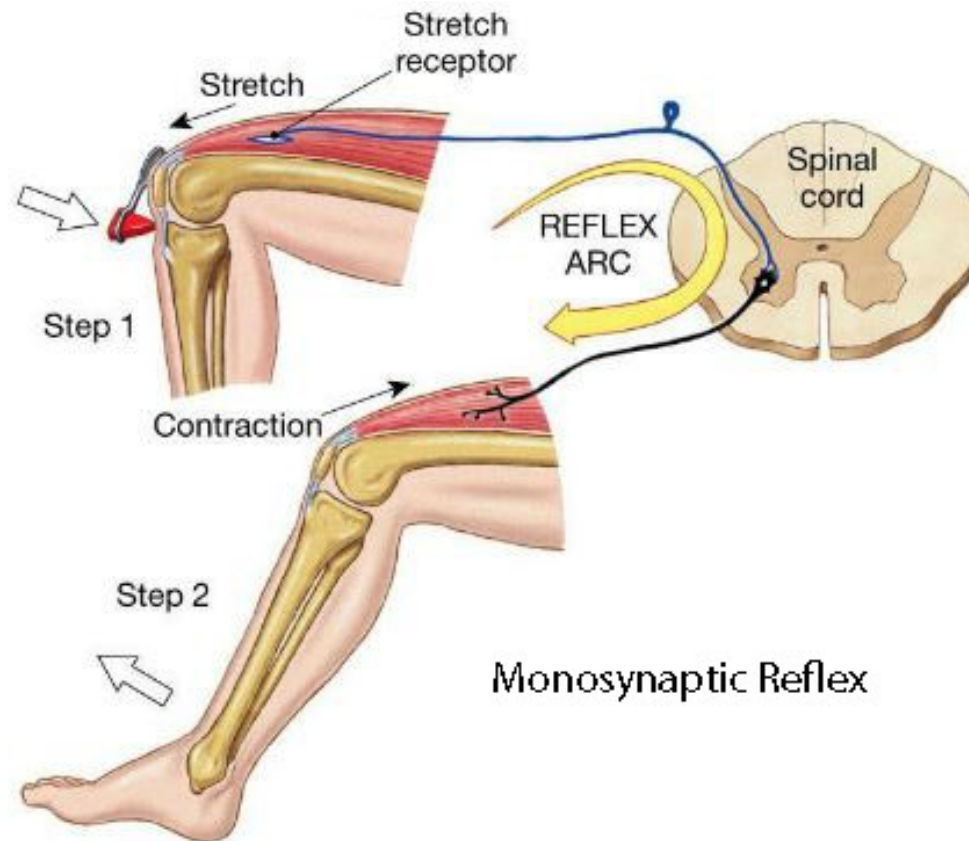


schéma (zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/4160037/>)

Mícha – míšní reflexy - propioceptivní

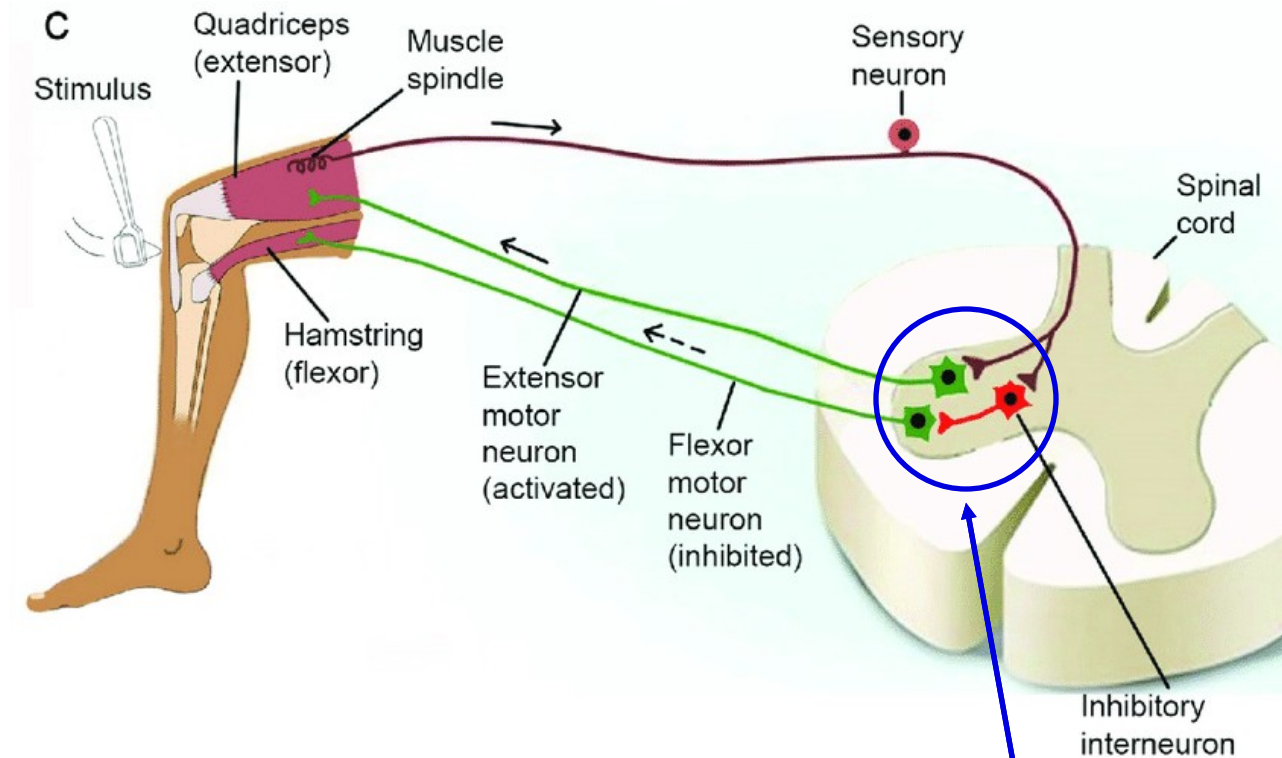
- **Receptor = svalová vřeténka a šlachová tělíka** -> aferentní nervové vlákno -> buňka ve spinálním gangliu -> alfa-motoneuron -> efektor (kosterní sval)
- **Svalové vřeténko** – viz gama MN (gama smyčka) -> aktivuje se při protažení svalu -> aktivace alfa MN příslušného svalu (svalová kontrakce) a inhibice alfa motoneuronu antagonisty – **Napínací reflex** (Často monosynaptický (např. bicipitový, patelární atd.))
(Řídí a zajišťuje svalový tonus!)
- **Šlachové (Golgiho) tělísko** – chrání sval před přetažením -> aktivuje se protažením svalu (později než svalové vřeténko) nebo při svalové kontrakci (obojí tahem za šlachu) -> napojení na interneurony -> inhibice alfa MN daného svalu

Napínací reflex – svalové vřeténko (myotatický reflex)



<http://humanphysiology.academy/Neurosciences%202015/Chapter%202/P.2.2%20Spinal%20Reflexes.html>

Napínací reflex – svalové vřeténko

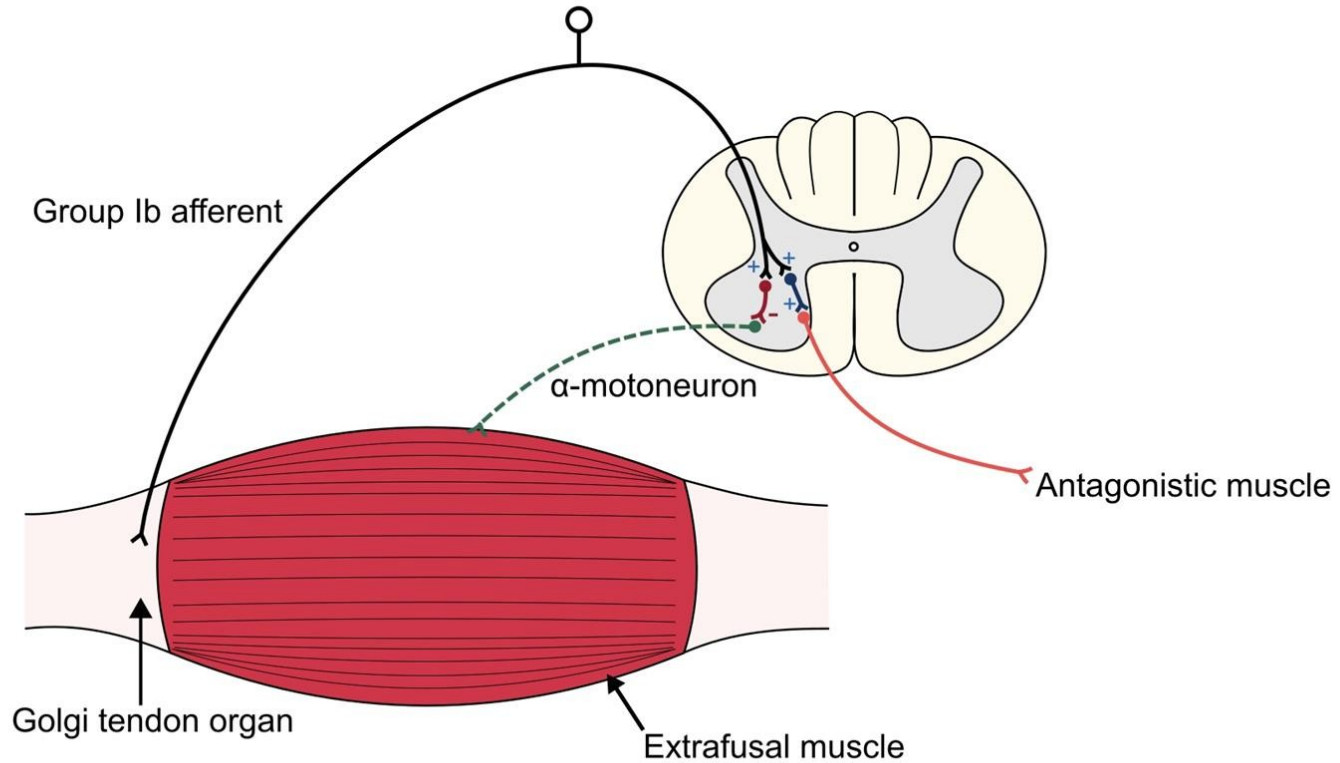


https://www.researchgate.net/publication/357236438_Identifying_knowledge_important_to_teach_about_the_nervous_system_in_the_context_of_secondary_biology_and_science_education-A_Delphi_study/figures?lo=1

Reciproční inervace / inhibice

Část aferentních vláken přicházejících ze svalových vřetének, je zapojena i na alfa motoneurony antagonistních svalů. Pomocí tohoto zapojení dochází při kontrakci agonistů a synergistů ke ztlumení napětí antagonistů. Bez jejich " vypojení" by totiž nebylo možné uskutečnit žádný koordinovaný pohyb. Vypojení antagonistů pomocí této, tzv. reciproční inervace, zajišťují především míšní interneurony. Utlumení antagonistů pomocí reciproční inervace není ale nikdy úplné. "Zbytková", neutlumená aktivita je pro funkci pohybového aparátu dokonce výhodná - chrání kloubní pouzdra a vazy před prudkými, "bičovými" pohyby, a dovoluje rozsah pohybu plynule dávkovat.

Golgi Tendon Reflex



© Lineage

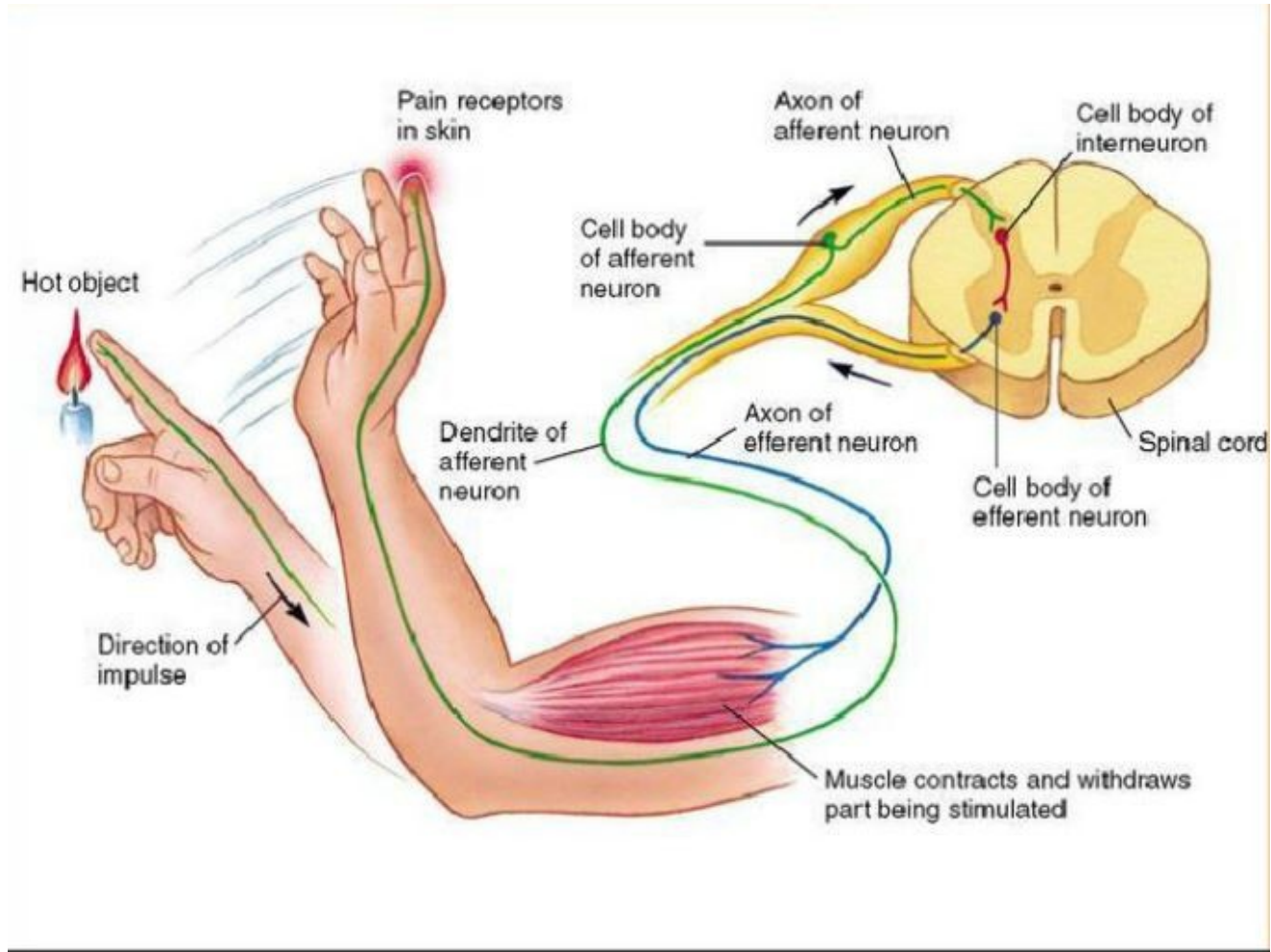
Moises Dominguez

<https://step1.medbullets.com/neurology/113039/muscle-spindles--golgi-tendon-organs>

Mícha – míšní reflexy

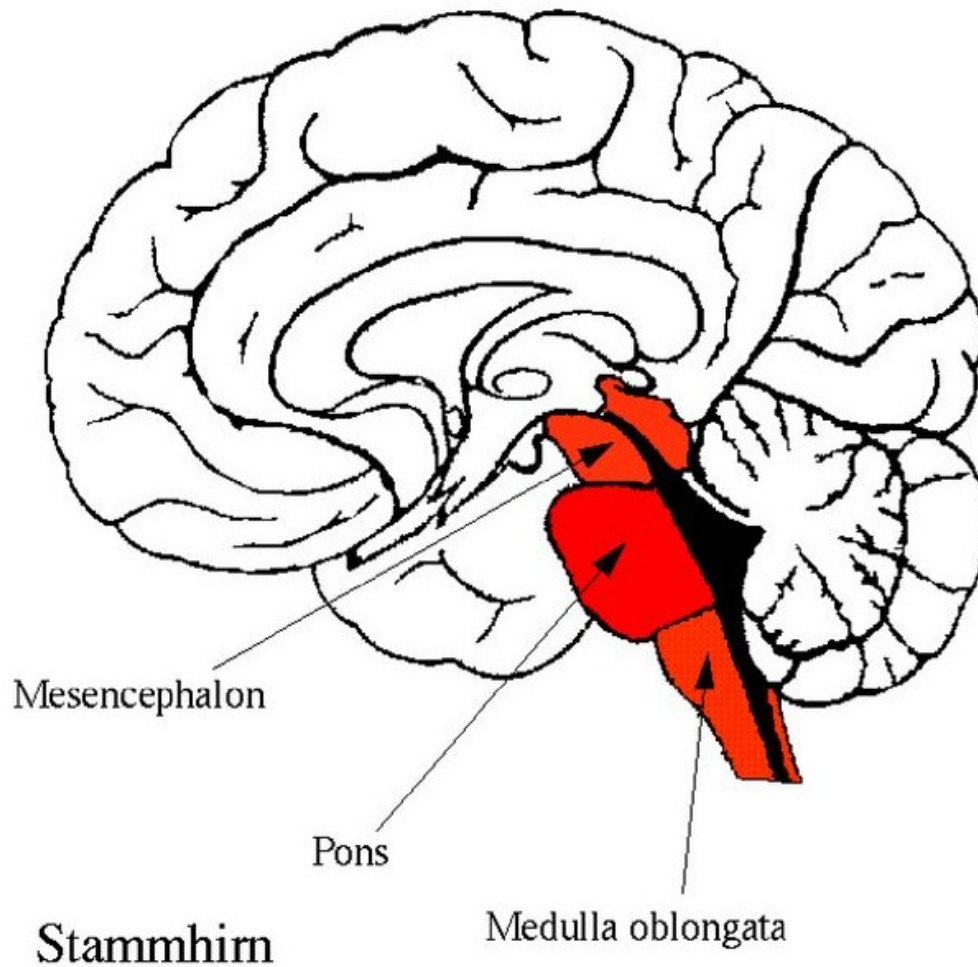
- **Exteroceptivní míšní reflex**
 - Receptory v kůži, sliznici – exteroceptory – dotyk, bolest
 - **Extenzorový reflex** – vzniká podrážděním dotekových receptorů -> kontrakce extenzorů (podstata postojových reakcí)
 - **Flexorové reflexy** – bolestivý podnět -> flexorová reakce (tj. snaha oddálit část těla od zdroje bolesti)

Flexorový reflex



<http://humanphysiology.academy/Neurosciences%202015/Chapter%202/P.2.2%20Spinal%20Reflexes.html>

Mozkový kmen



- Jádra hlavových nervů -> III. – XII.
- Dráhy
- Retikulární formace
- Speciální jádra



(mimo řízení motoriky – dýchací centra, vazomotorická centra,
podíl na řízení ANS, regulace bolesti, podíl na produkci
neurotransmiterů)

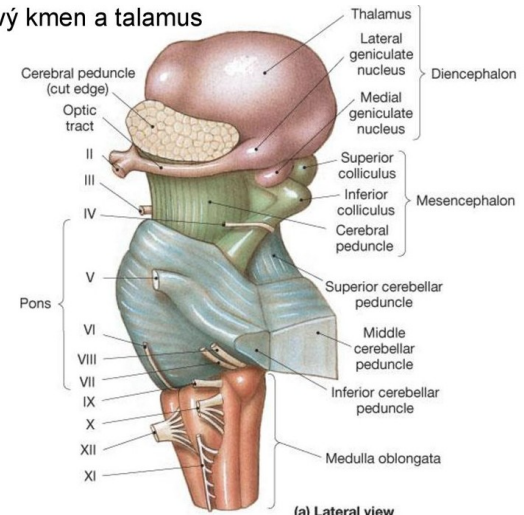
Mozkový kmen

JÁDRA HLAVOVÝCH NERVŮ -> III. – XII.



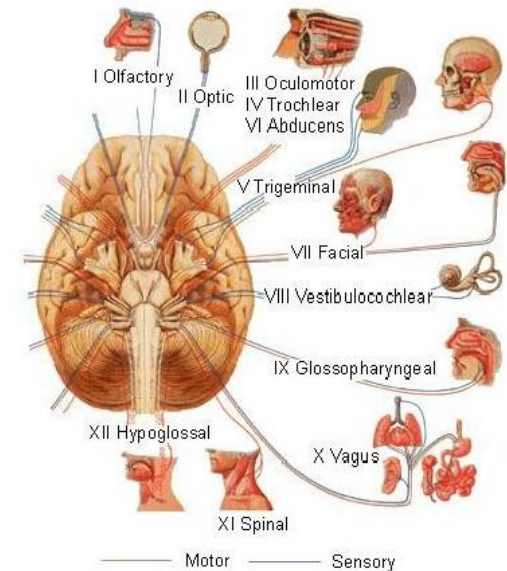
- **N. III (oculomotorius) – okohybné svaly**
- **N. IV (trochlearis) – m. obliquus superior**
- **N. V (trigeminus) – žvýkácí svaly, m. digastricus**
- **N. VI (abducens) – m. rectus lateralis**
- **N. VII (facialis) – mimické svalstvo, m. digastricus, m. stapedius, m. stylohyoideus**
- **N. IX (glossopharyngeus) – svaly měkkého patra**
- **N. X (vagus) – svaly hltanu a hrtanu, orgány**
- **N. XI (accessorius) – m. sternocleidomastoideus, m. trapezius**
- **N. XII (hypoglossus) – svaly jazyka**

Mozkový kmen a thalamus



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc. :

<https://slideplayer.cz/slide/15405550/>



Mozkový kmen

Dráhy

- Sestupné (eferentní) -> pyramidová a extrapyramidové dráhy
- Vzestupné (aferentní) -> dráha zadních provazců
- Střední mozek – zraková a sluchová dráha (tectum = čtverhrbolí)

Speciální jádra

- **Ncl. Ruber** -> rubrospinalní dráha -> hrubá motorika
- **Substantia nigra** -> produkce dopaminu, jádro spojené s BG a extrapyramidovým systémem (morbus Parkinson = Parkinsonova choroba)

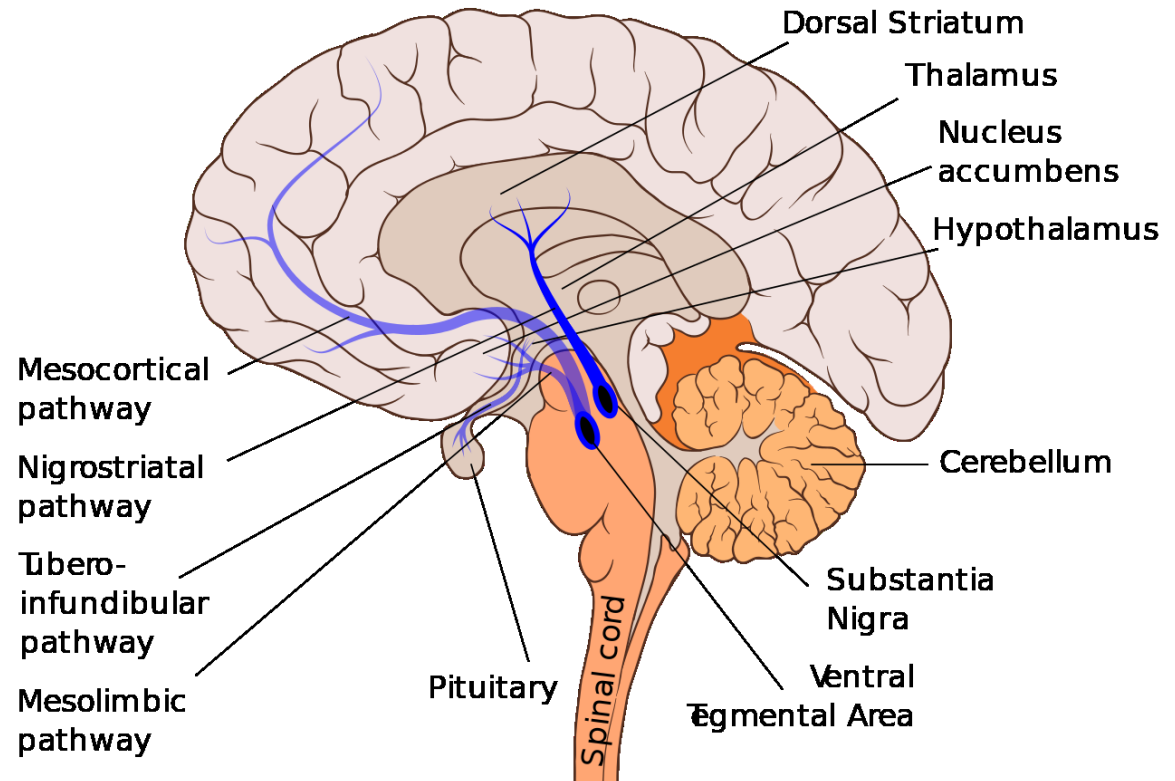
Mozkový kmen

Retikulární formace

- Jedná se skupinu/ systém jader, jejichž buňky mají velké množství výběžků a spojů -> na základě směru se rozděluje -> **ascendentní retikulární (aktivační) systém + descendentní retikulární systém**
- AR(A)S = probuzení a udržování vědomí (cirkadiální rytmus)
- Motoriku kosterních svalů ovlivňuje RF pomocí svých některých jader v pontu, v prodloužené míše a ve středním mozku. Jde především o působení na antigravitační svaly (posturální motoriku) a ovlivnění svalového tonu. **Neurony RF těmito spoji regulují míšní alfa i gama motoneurony (gama smyčka)**. Informace pro regulační působení získávají jádra RF z proprioreceptorů šíjových svalů, z vestibulárních jader, z mozečku, bazálních ganglií a mozkové kůry.

Mezimozek = diencephalon

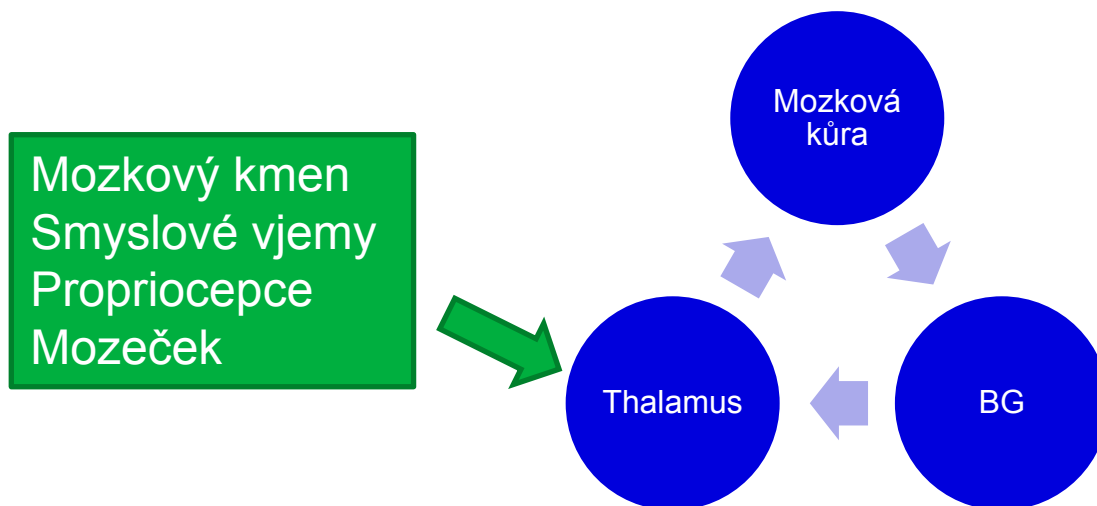
- Thalamus
- Hypothalamus
- Subthalamus
- Metathalamus
- Epithalamus



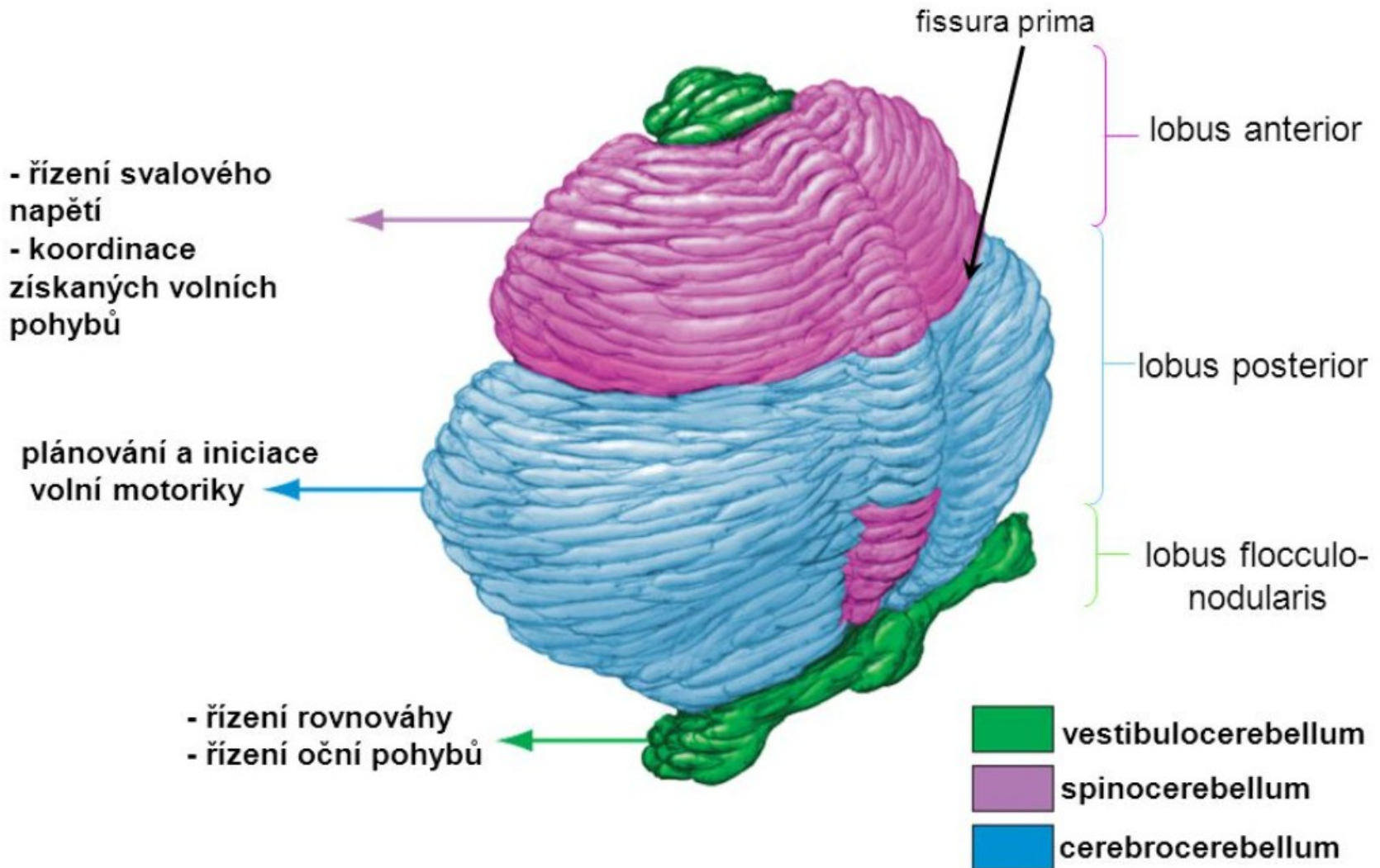
<https://www.wikiskripta.eu/w/Diencephalon>

Mezimozek - Thalamus

- „přepojovací stanice“ -> míří sem senzitivní dráhy, dráhy ze smyslových orgánů, dráhy z center CNS (BG), spojení s limbickým systémem
- Skládá se z jader:
 - **nespecifická jádra** (převádějí především aktivační vzruchy z RF do mozkové kůry)
 - **specifická senzorická jádra** (součást zrakové, sluchové, hmatové a propriorecepční dráhy)
 - **motorická jádra thalamu** -> propojení BG a kmene s mozkovou kůrou



Mozeček



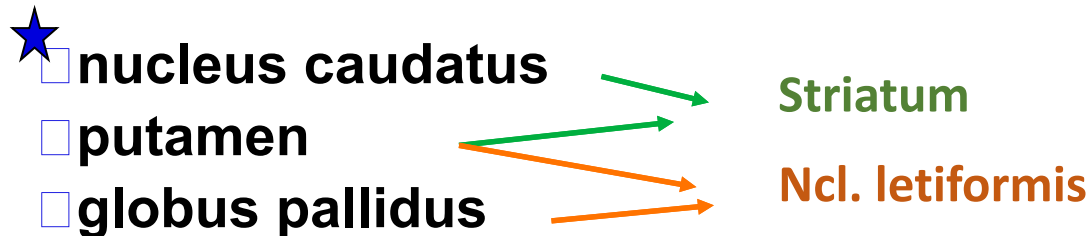
Mozeček

Pro řízení hybnosti a popisu jednotlivých funkcí je stěžejní **funkční dělení mozečku**

- **Vestibulární mozeček (Vestibulocerebellum)** – informace ze statokinetického čidla -> vzpřímená pozice těla, rovnováha
- **Spinální mozeček (Spinocerebellum)** – informace především z proprioreceptorů a exteroceptorů -> regulace svalového tonu (působí tlumivě na okruhy antigravitačních svalů)
- **Cerebrální mozeček (cerebrocerebellum)** – informace z mozkové kůry, podíl na plánování pohybu -> koordinace volní motoriky

Bazální ganglia

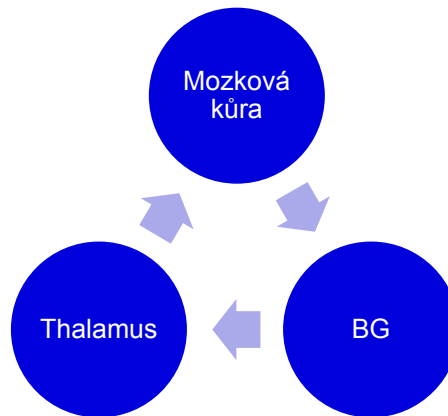
- Bazální ganglia jsou **velká jádra**, která jsou součástí šedé hmoty koncového mozku zevně od thalamu, zanořené do bílé mozkové hmoty. Jedná se o vývojově staré struktury. **Uplatňují se při vytváření a řízení pohybu, podílejí se také na kognitivních funkcích a funkcích limbického systému.**



funkčně k nim dále řadíme: substantia nigra, ncl. Subthalamicus

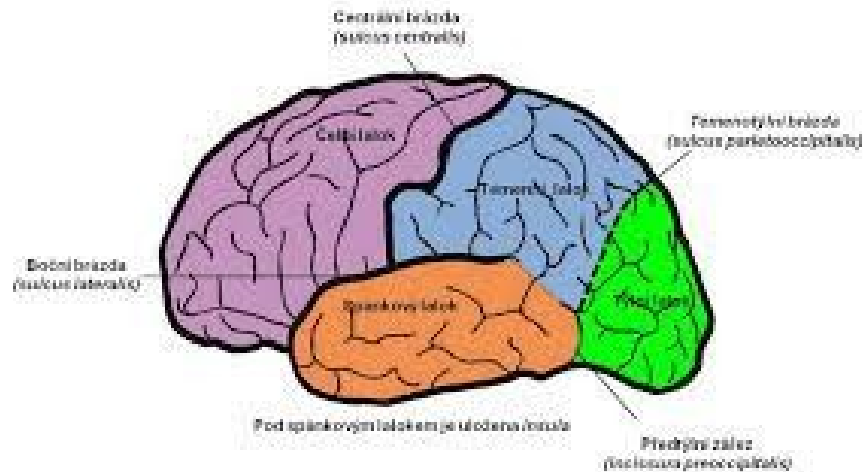
Bazální ganglia

- **Okruh bazálních ganglií** – okruh, kde jsou BG spojena s mozkovou kůrou -> výběr pohybu, regulace aktivity mozkové kůry, aby byl pohyb plynulý (podíl na motorickém učení)



- **BG zajišťují přechod plánu do programu** -> Neurony ganglií vysílají časoprostorově uspořádané impulzy, které určují parametry pohybu -> tj.: sílu, směr, rychlost a amplitudu pohybu.

Mozková kůra



<https://www.brainmarket.cz/nase-novinky/vse--co-jeste-chteli-vedet-o-mozku-a-bali-jste-se-zeptat/>

Mozková kůra – nejvyšší řídicí a integrační centrum

řízení: motorika, autonomní funkce, senzitivní funkce

integrace: emoce, paměť, řeč, myšlení, spánek a bdění, motivace...

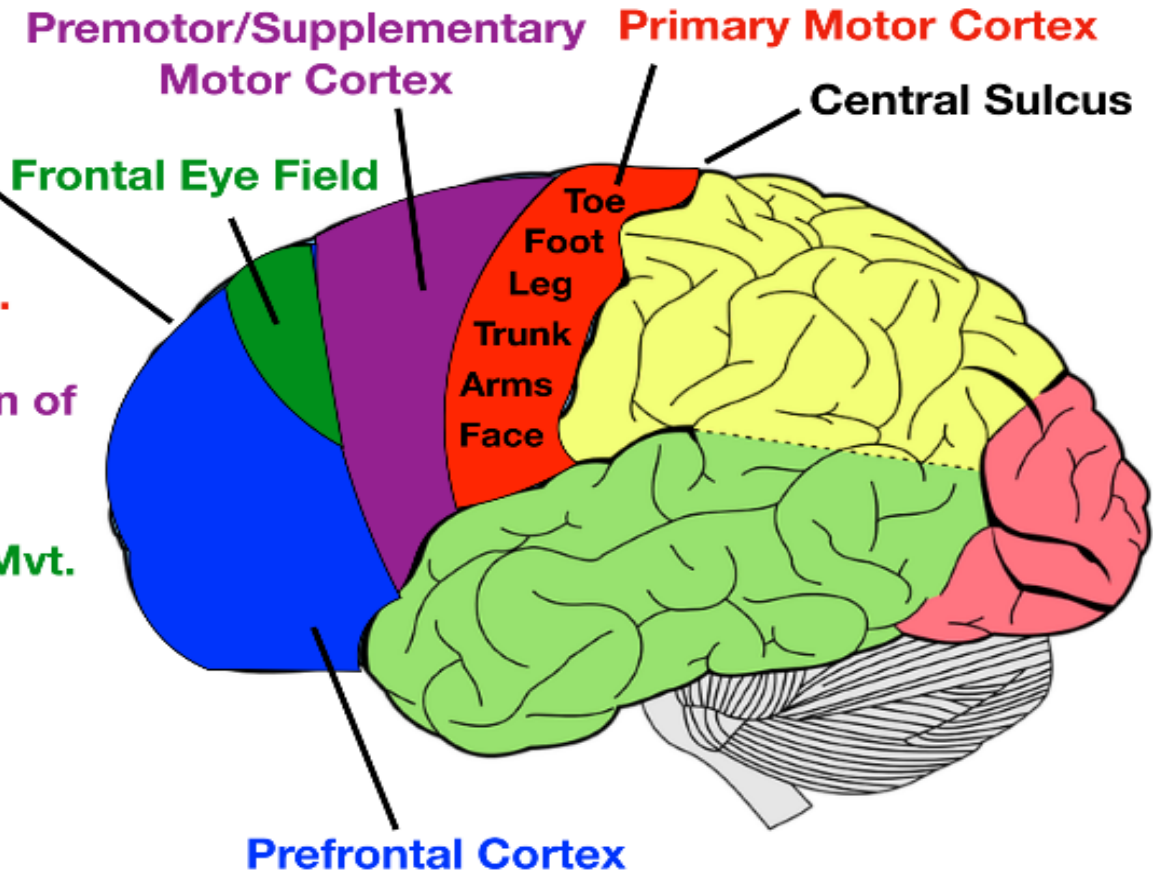
Mozková kůra

- **Primární motorická oblast** -> gyrus precentralis (motorický homonculus)
- **Sekundární motorická oblast** -> gyrus frontalis superior (spolupráce s primární kůrou, přezpracování informací -> složitější pohyby hlavy, končetin a iniciaci pohybů)
- **Premotorická a suplementární motorická oblast** -cíleně připravuje a mění pohyby, spolupracuje s frontálním okohybným polem (FEF) při zrakové kontrole okolí (poškození – ideomotorická apraxie)
- **Frontální okohybné pole** (FEF se účastní na konjugovaných pohybech očí, zároveň je zapojeno do okulomotorického okruhu bazálních ganglií.)
- **Asociační oblast** -> integrační fce -> prefrontální kůra (vyšší funkce)

Frontal

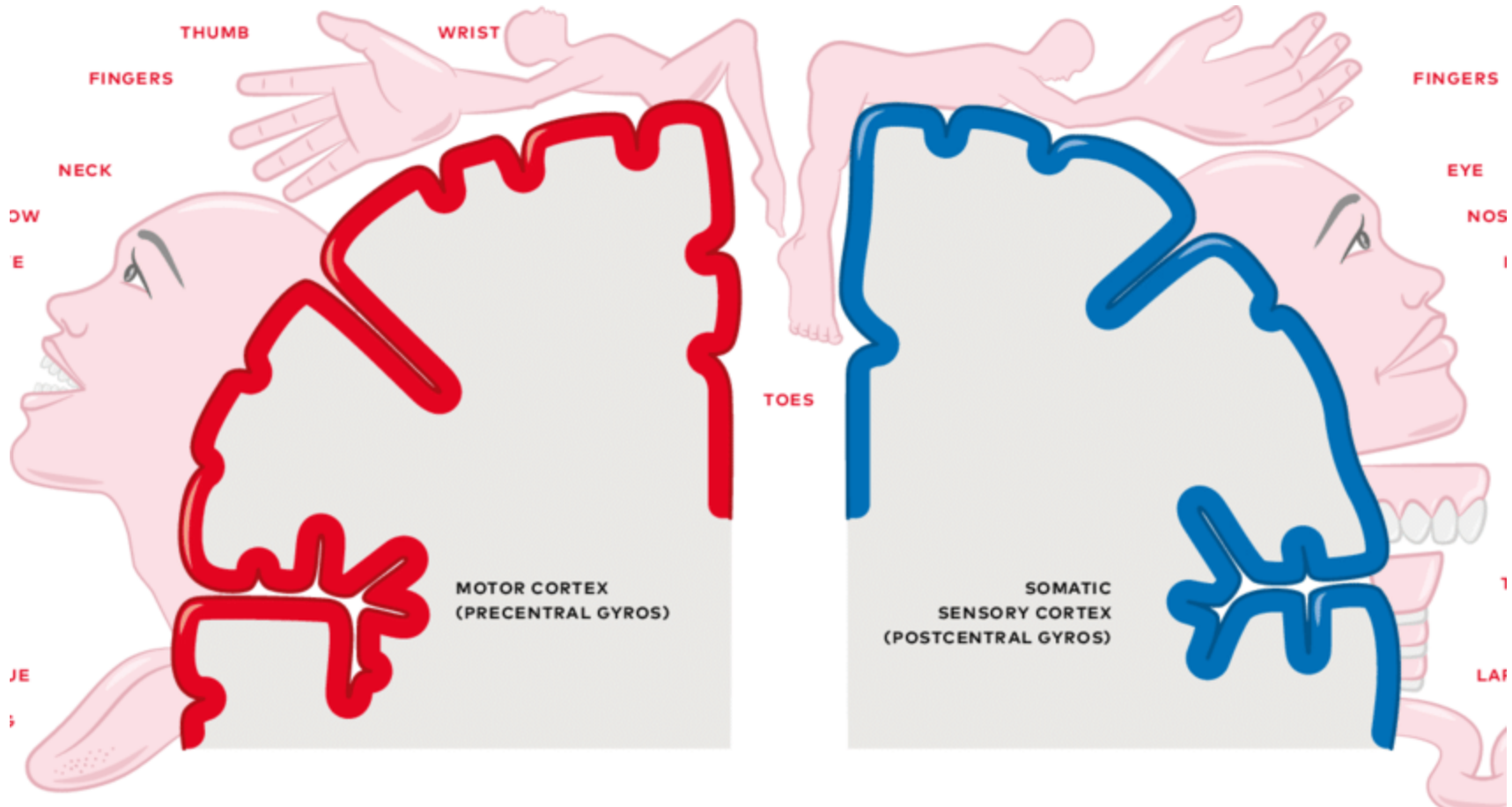
Functional Areas

- **Primary Motor Cortex**
 - **Voluntary Muscle Mvt.**
- **Premotor/S.M.C (MAC)**
 - **Planning/Coordination of Movement**
- **Frontal Eye Field**
 - **Voluntary Rapid Eye Mvt.**
- **Prefrontal Cortex**
 - **Executive Functions, Behavior, Personality**



<https://www.ezmedlearning.com/blog/cerebral-cortex-lobe-anatomy>

Motorický a citlivý homunkulus



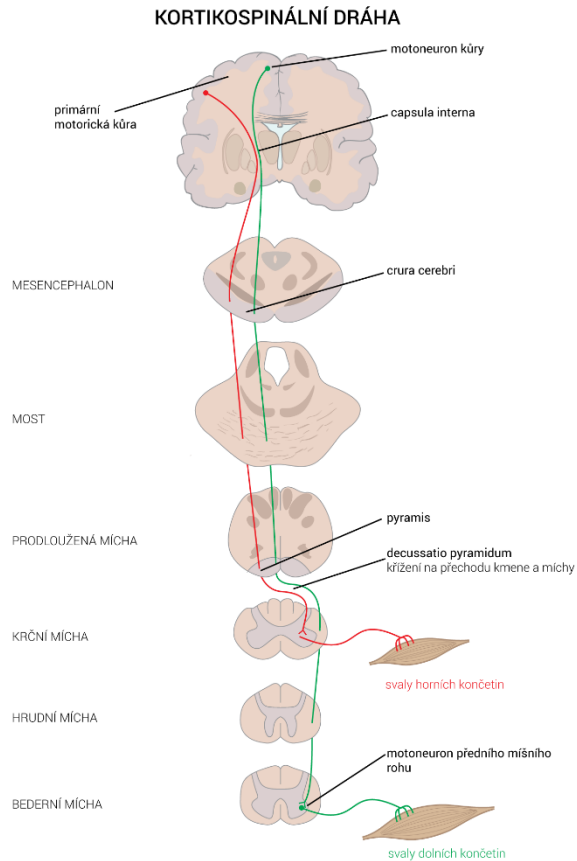
https://www.researchgate.net/publication/339140683_Tactile_Working_Memory_Scale_a_Professional_Manual_by_Tactile_Working_Memory_Scale/figures?lo=1

Motorické dráhy

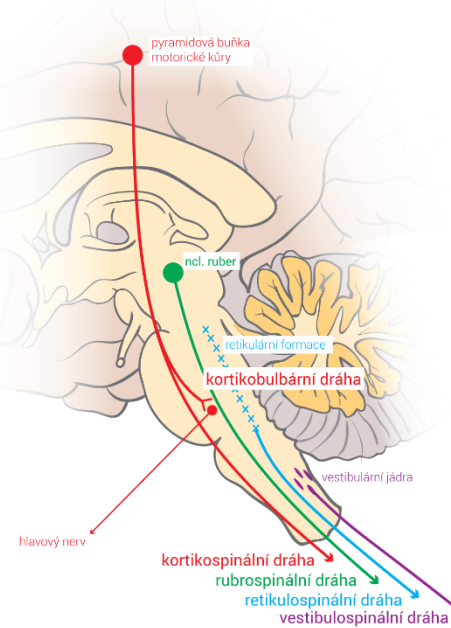
- **Pyramidová dráha** – volní motorika (=kortikospinální dráha)

- **Extrapiramidové dráhy**
 - regulace reflexních oblouků (retikulospinální dráha)
 - udržování rovnováhy a postoje (mimovolní motorika) (vestibulospinální dráha)
 - provádění hrubých pohybů velký svalů pletenců (volní motorika) (rubrospinální dráha)

Motorické dráhy



PYRAMIDOVÉ A EXTRAPYRAMIDOVÉ DRÁHY



<http://www.cnsonline.cz/?p=112>

Řízení volního pohybu

1) Plánování

- Podnět k provedení pohybu
- Asociační kůra, LS

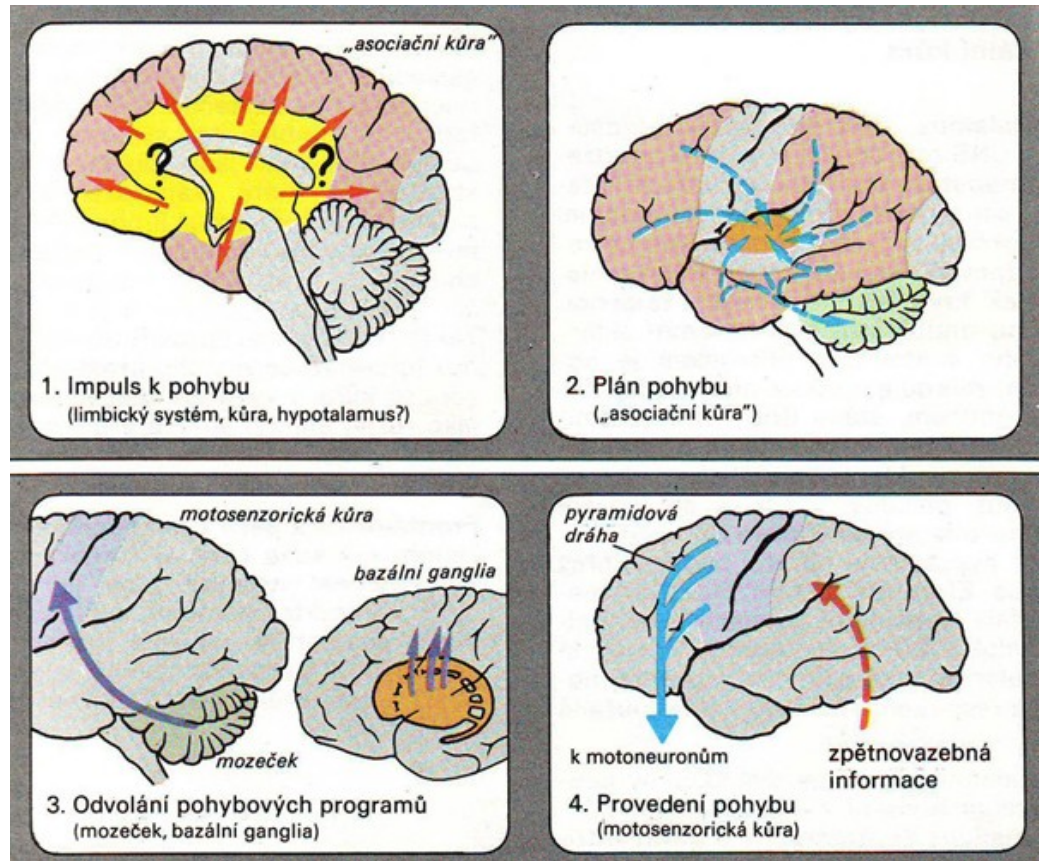
2) Iniciac

- Motorická korová oblast

3) Provedení

- Kmen, mícha

Kontrola a modulace – BG,
mozeček

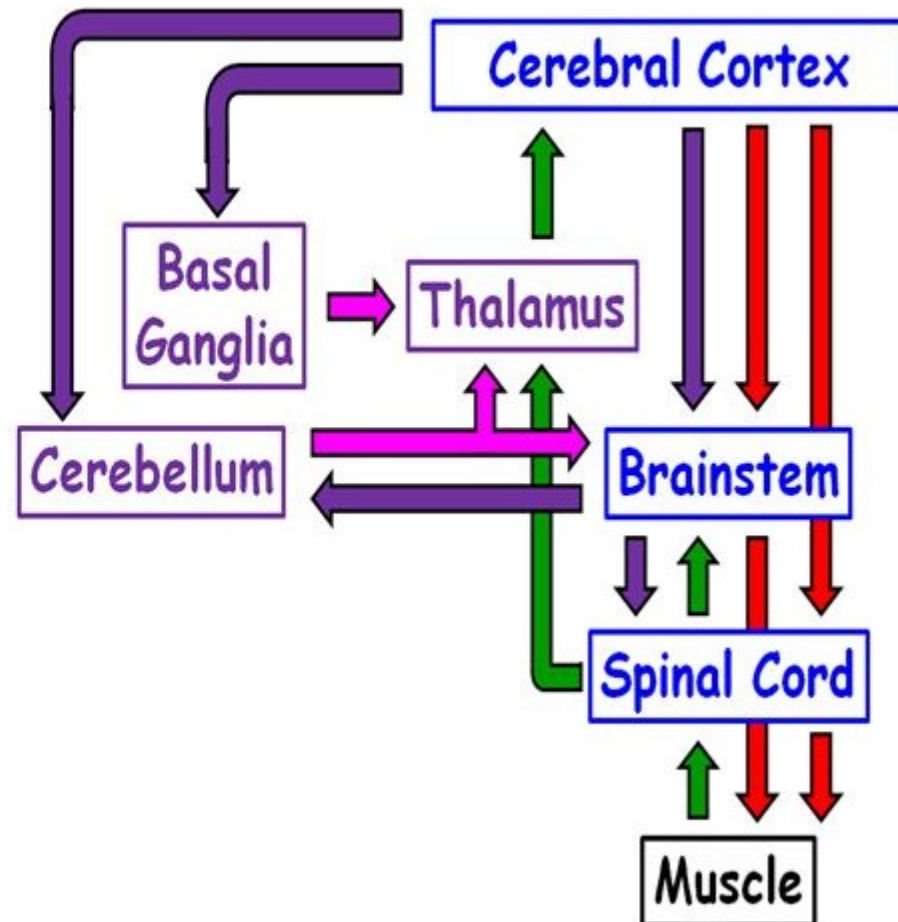


https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/rizeni_hyb_systemu.html

Řízení pohybu - shrnutí

- **Motorická kůra F laloku** - programování, plánování a iniciace cílených pohybů - odpovídá za volní hybnost
- **Kmen** – regulace svalového napětí a kontrola pohybu
- **Mícha** – základní postojové a pohybové reakce, reflexní oblouk
- **Motorická jednotka** – motorický nerv spojení míchy se svalovým vláknem –

- **Bazální ganglia** – modulace informací z kůry, vypracování pohybových programů
- **Mozeček** – udržování stoje a polohy a kontrola pohybů
- **Thalamus** – registrace pohybů, koordinace senzitivity a motoriky



MUNI
SPORT

Děkuji za pozornost!

Zdroje:

- <https://is.muni.cz/el/1451/podzim2016/bp1807/um/gama-smycka.pdf>
- <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1513.html>
- https://neurologie.lf1.cuni.cz/1LFNK-294-version1-principy_rizeni_motoriky.pdf
- https://www.wikiskripta.eu/w/Motorick%C3%BD_syst%C3%A9m
- Přednášky: Neurofyzologie a neuropatofyzologie – MUDr. Kapounková Ph.D.
- Přednášky: Kineziologie – doc. MUDr. Müller Ivan, CSc.
- Základy neurologie – Ambler Zdeněk (2012)
- Kineziologie – František Velé (2006) – ISBN: 80-7254-837-9

Zdroje:

- <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1515.html>
- http://old.ftk.upol.cz/fileadmin/user_upload/FTK-dokumenty/Katedra_fyziologie/FYO_13_bonus_rizeni_motoriky.pdf
- https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/zakladni_slozky.html#svaly
- <http://www.cnsonline.cz/?p=311>
- Mysliveček a Rijiak – Fyziologie – repetitorium
- https://www.wikiskripta.eu/w/Motorick%C3%BD_syst%C3%A9m#/media/Soubor:Hierarchie_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_motoriky.png