

Kineziologie, algeziologie a odvozené techniky diagnostiky a terapie 2

Řízení pohybu – úvod

Motorický systém – řízení hybnosti



Cílená volní motorika



Reflexní mimovolní hybnost

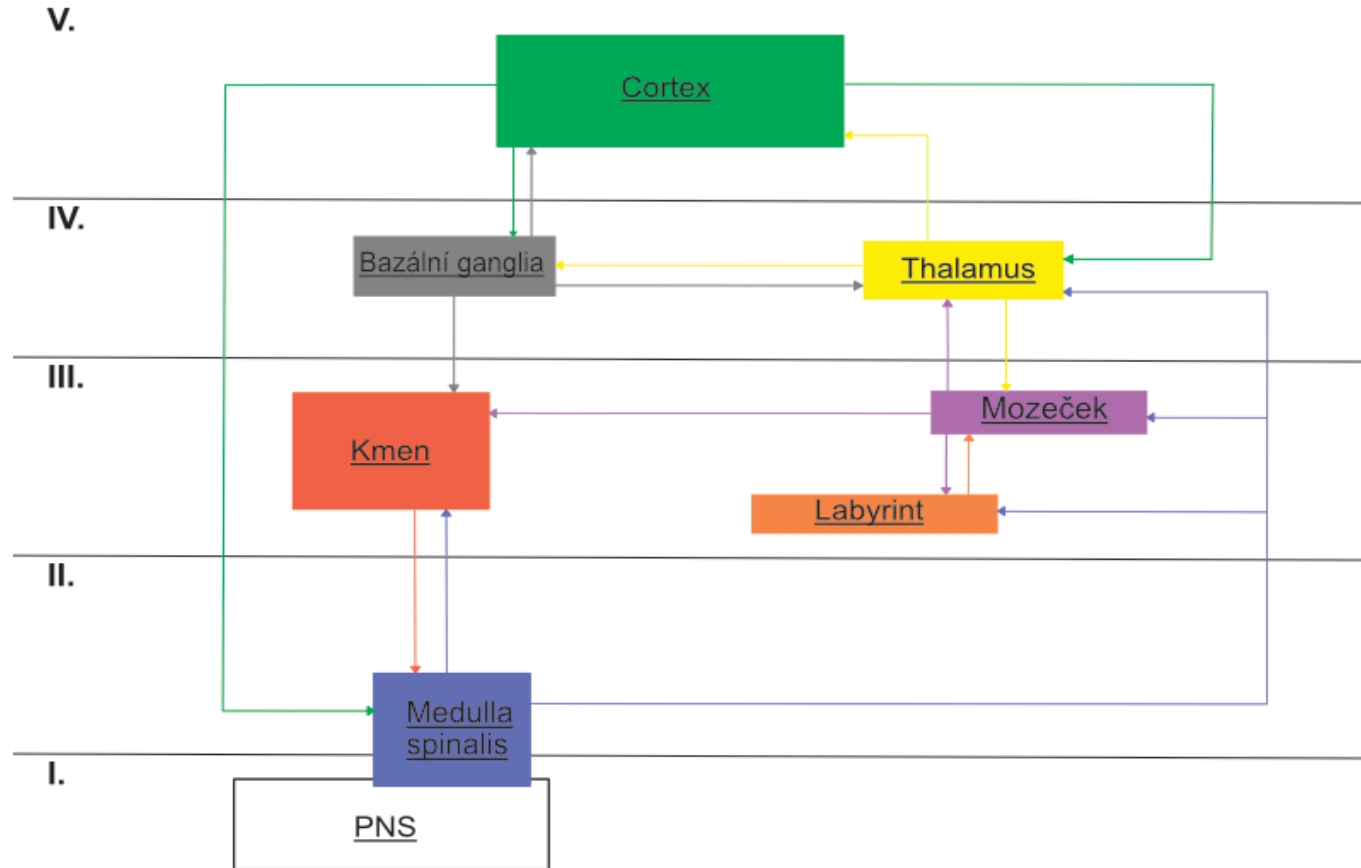


Rytmické pohyby

Základní principy:

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

Hierarchie řízení



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

Hierarchie řízení pohybu

Spinální =
míšní úroveň

Supraspinální
= subkortikální
úroveň

Kortikální
úroveň

+ mozeček, bazální ganglia

V průběhu fylogeneze roste úloha korových center = encefalizace řízení

Dělení řídicích center dle realizované funkce

- Rovnováha a postoj = posturální aktivita
- Přemístění těla = lokomoční aktivita
- Pohyby očí = okulomotorická aktivita
- Dýchání = respirační aktivita
- Příjem potravy = nutriční motorika
- Komunikace = verbální i neverbální aktivita
- Záměrná pozornost = orientační aktivita
- Čelení agresi = obranné nebo agresivní aktivity
- Reprodukce = reprodukční aktivity
- Manipulace objekty = jemná (i hrubá) motorika

Řízení volního pohybu

1) Plánování

- Podnět k provedení pohybu
- Asociační kůra, LS

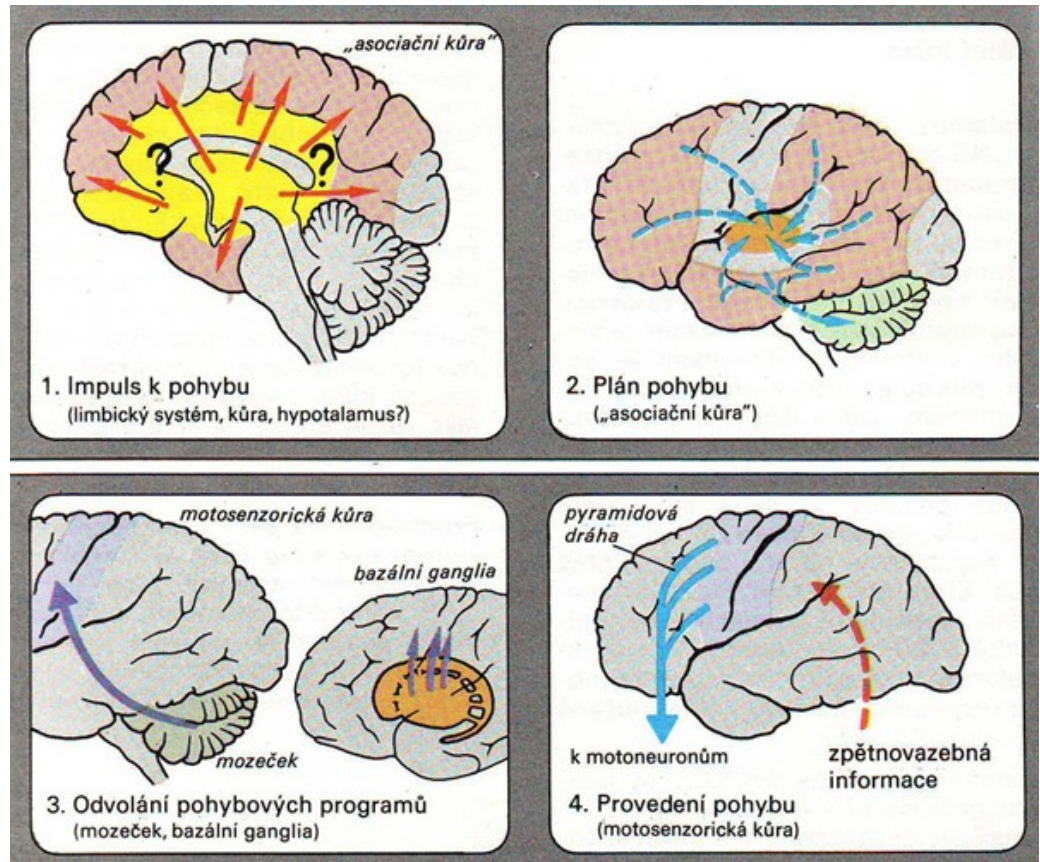
2) Iniciac

- Motorická korová oblast

3) Provedení

- Kmen, mícha

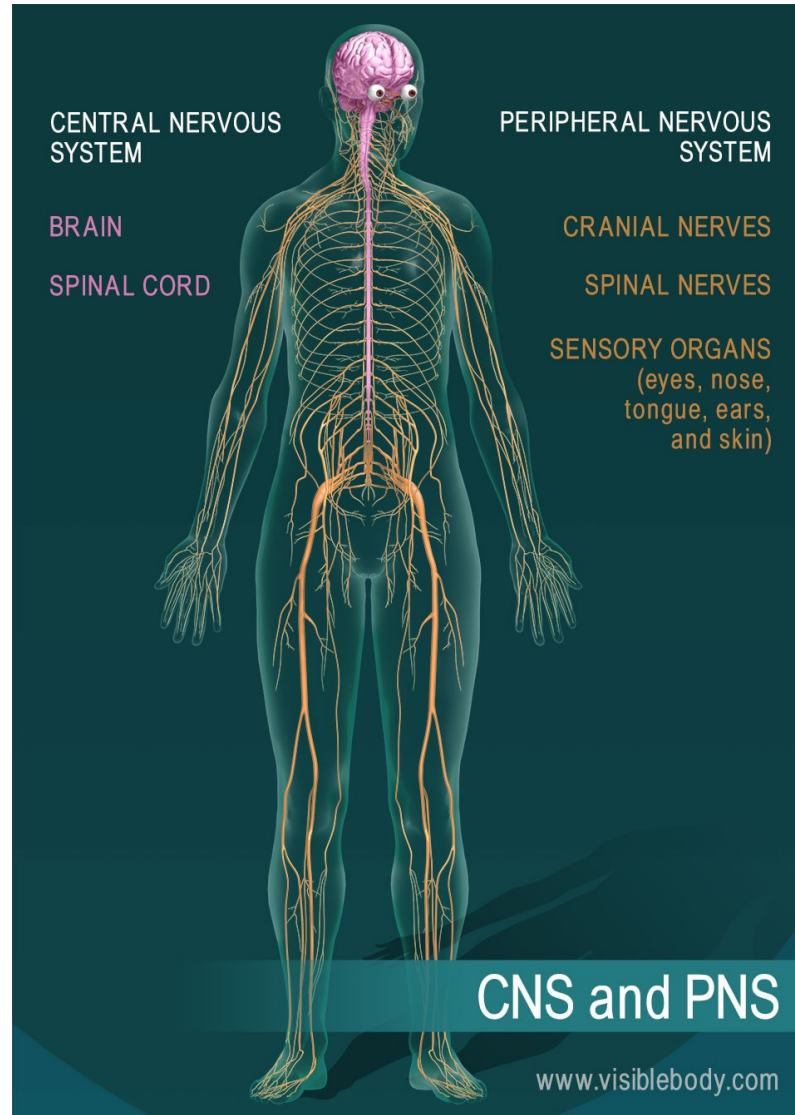
Kontrola a modulace – BG,
mozeček



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

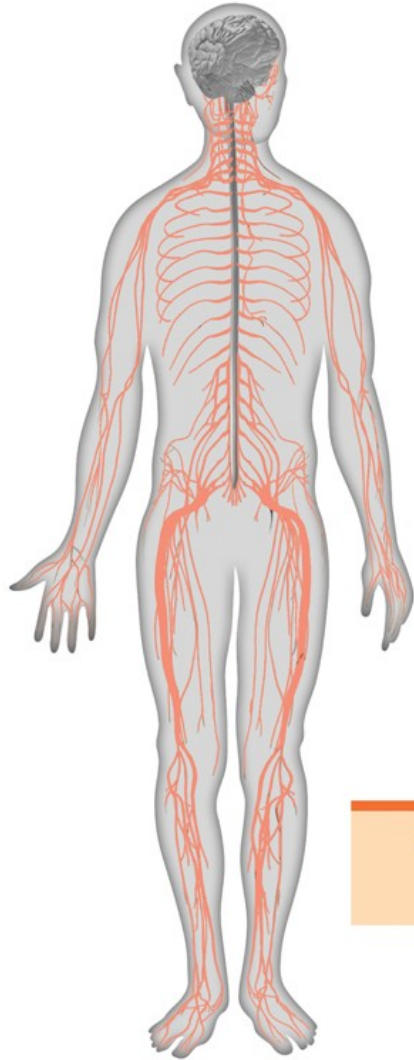
Periferní nervový systém = PNS

- Části nervové soustavy nalézající se mimo CNS
- Dělení:
 - Nervy mozkomíšní
 - Nervy hlavové (mozkové)
 - Míšní nervy
 - Nervy vegetativní
 - Sympatikus
 - Parasympatikus

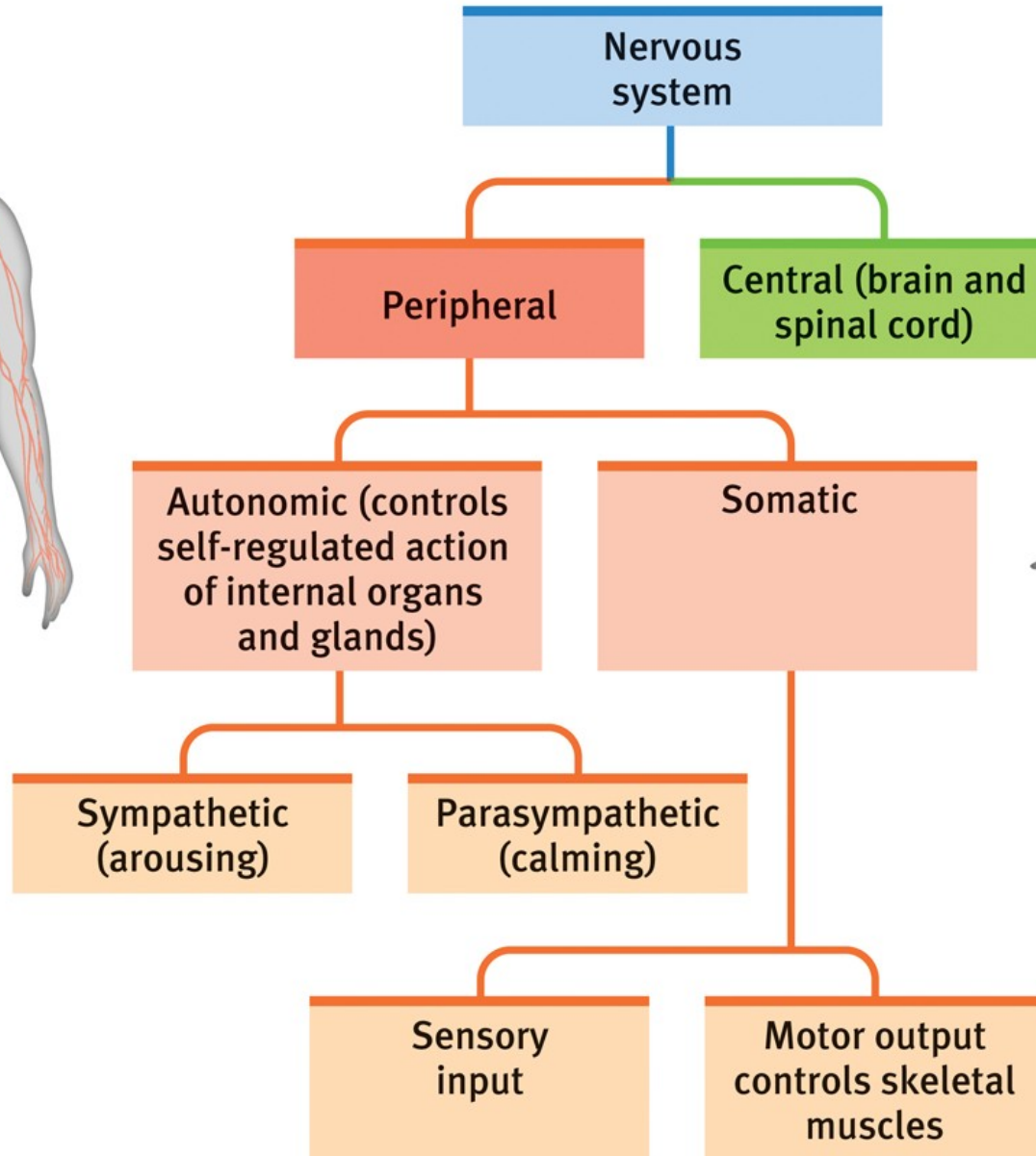
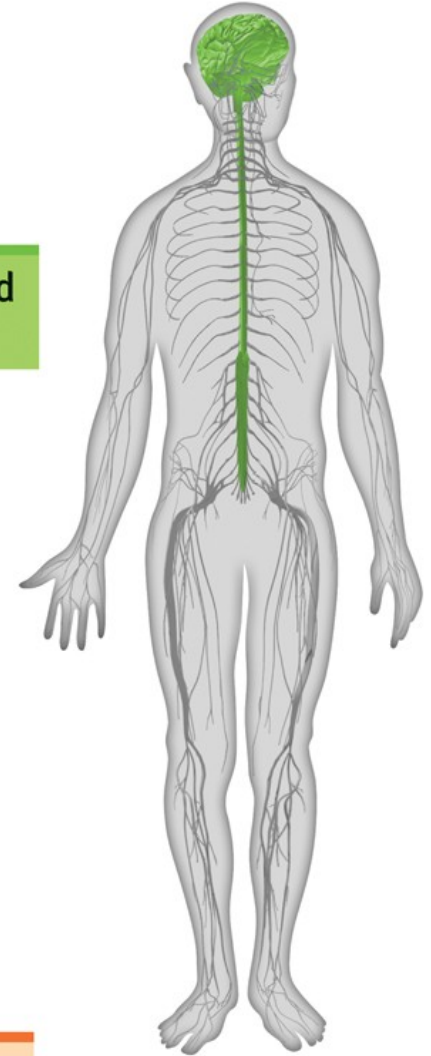


Zdroj: https://www.visiblebody.com/hubfs/Learn_Articles/Nervous_System/CNS_and_PNS.jpg

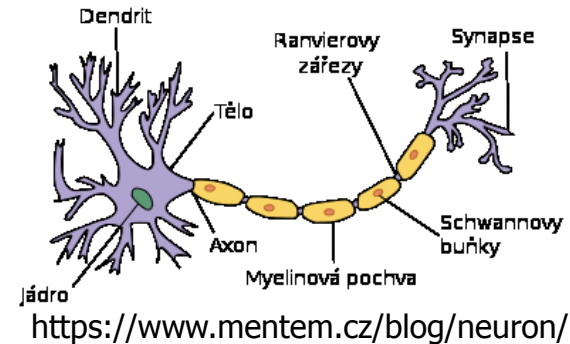
Peripheral nervous system



Central nervous system



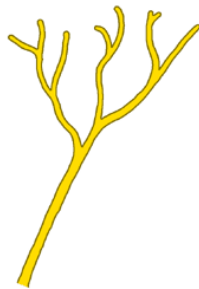
Neurony – přehled



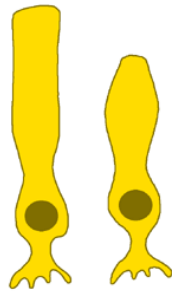
- **Senzitivní neurony** – aferentní -> informace z periferie do CNS (exterocepce, propiocepce, interocepce) + zpětná vazba (těla leží ve spinálních gangliích -> PNS)
(**Nocicepce** -> bolestivý vjem)
- **Senzorické neurony** – aferentní -> informace ze smyslových orgánů (receptorových buněk) -> CNS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

Senzitivní neurony

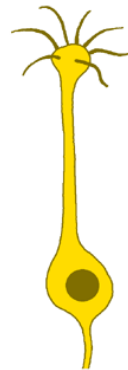
→ senzitivní a senzorycké receptory



Volné nervové zakončení



Světločivné buňky



Čichová buňka



Chutová buňka



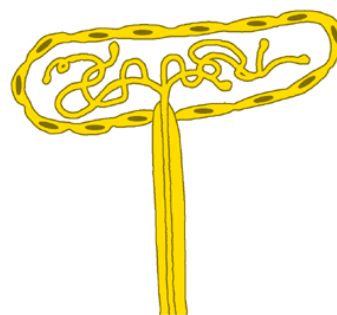
Vlásková buňka (sluch)



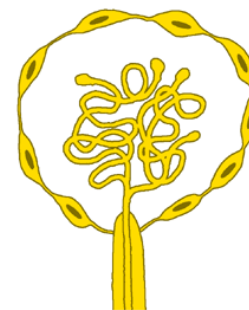
Meissnerovo tělísko
(hmat)



Vater-Paciniho tělísko
(tlak)



Rufiniho tělísko
(teplo)



Krauseho tělísko
(chlad)

https://www.wikiskripta.eu/w/Senzoryck%C3%BD_receptor

Klasifikace nervových vláken

Rychlost vedení vzruchu je přibližně přímo úměrná tloušťce axonu. Podle rychlosti vedení vzruchu klasifikujeme nervová vlákna v PNS do tří typů.

1) A-vlákna jsou myelinizovaná: (poloměr, rychlost vedení)

- A α -vlákna, Ia, Ib (12–20 μm , 70–120 ms^{-1} vedou propriocepci a somatickou hybnost)
- A β -vlákna, II (5–12 μm , 30–70 ms^{-1}) vedou informace o dotyku a tlaku
- A γ -vlákna (3–6 μm , 15–30 ms^{-1}) zajišťují hybnost intrafusálních svalových vláken
- A δ -vlákna, III (2–5 μm , 12–30 ms^{-1}) předávají zprávy o bolesti a teplotě

2) B-vlákna (3 μm , 3–15 ms^{-1}) jsou rovněž myelinizovaná a představují pregangliová autonomní vlákna.

3) C-vlákna IV jsou nemyelinizovaná a jsou to jednak postgangliová vlákna sympatiku (0,3–1,3 μm , 0,3–1,3 ms) a také se podílejí na vedení informace o bolesti (0,4–1,2 μm , 0,5–2 ms).

Propriocepce

- **Informace ze svalů, šlach, z kloubních pouzder, z facií a periostu**
- Informace z pohybového systému *(kde, v jaké pozici se nachází jednotlivé segmenty PA, kam a jak rychle se pohybují)*
- zásadní zpětnovazebný mechanismus pro řízení pohybu
- Propriocepce patří spolu společně se zrakovým a vestibulárním aparátem mezi **tři aferentní zdroje** rovnováhy, stability

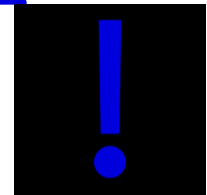
- **Kinestézie (pohybocit)** je zprostředkována svalovými vřeténky, kloubními receptory a kožními mechanoreceptory

- **Statestézie (polohocit)** je zprostředkována svalovými vřeténky a kožními mechanoreceptory

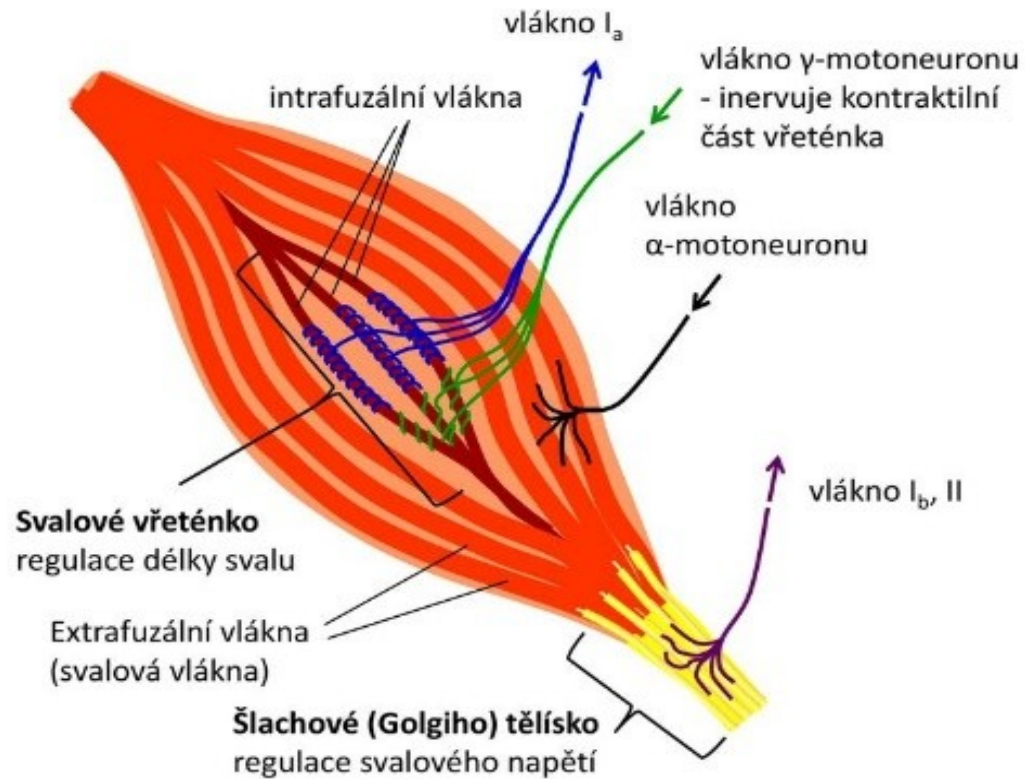
Propriocepce - receptory

- **Mechanoreceptory I. a II. typu** se nacházejí v kloubním pouzdře, II. typu ještě v synoviální membráně a tukové tkáni kloubního komplexu.
- **Mechanoreceptory III. typu** jsou vysokoprahové receptory reagující v krajním rozsahu pohybu.
- **Mechanoreceptory IV. typu** jsou uloženy ve tvaru plexu nebo jako volná nervová zakončení v kloubním pouzdře, ligamentech (vazy), tukovém polštáři a v pochvách kloubních cév.

- **Svalové vřeténko** – reaguje na protažení svalu
- **Šlachové tělísko** – reaguje na tah za šlachu svalu



Proprioreceptory - Svalové vřeténko a Golgiho tělísko



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

Motoneurony

eferentní = vedou informace z CNS na periferii

ALFA-MOTONEURONY

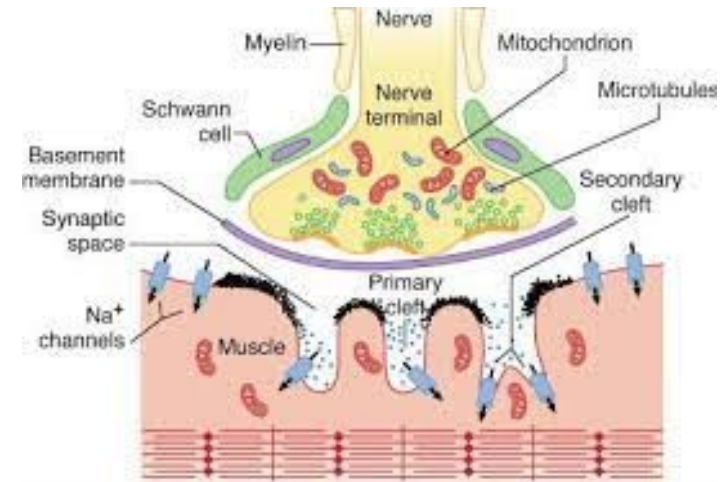
- Přední rohy míšní -> extrafuzální vlákna
- NS ploténka
- **Motorická jednotka** = jedná se o soubor svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem. Axon motoneuronu se po vstupu do svalu větví, jeho terminální vlákno inervuje vždy jedno svalové vlákno. Vzniká synapse – nervosvalová ploténka. Motorické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

Nervosvalový přenos

Nervosvalová ploténka (neuromuskulární synapse)

= typ chemické synapse mezi axonem motoneuronu a svalovým vláknem kosterního svalu

- 1) Presynaptický útvar - je tvořen axonem motoneuronu
- 2) Postsynaptický útvar - je tvořen sarkolemou (plazmatická membrána vlákna kosterního svalu)
- 3) Synaptická štěrbina - prostor mezi axonem a sarkolemou



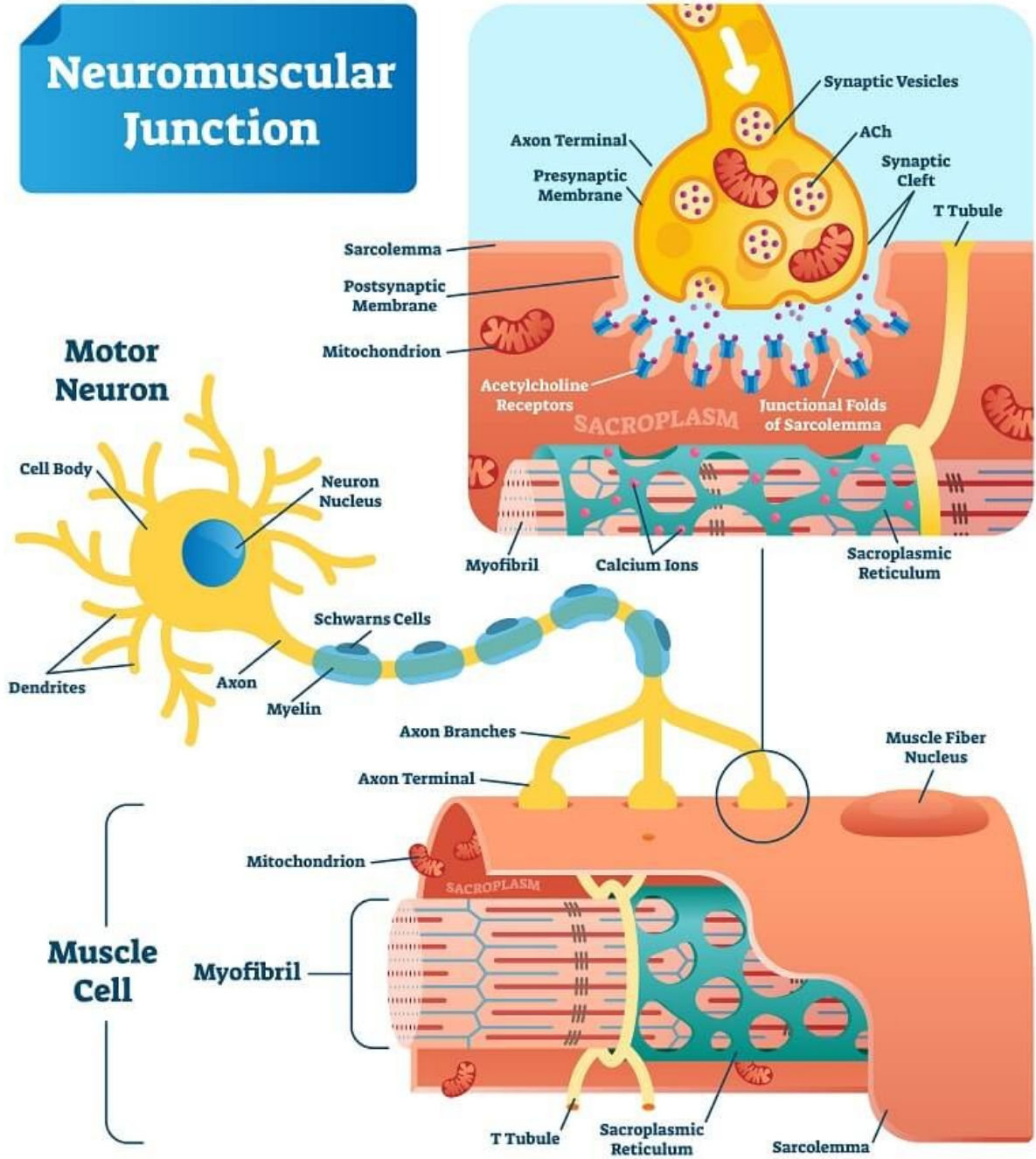
https://www.vfu.cz/files/fyziologie-prenosu-nervoveho-vzruchu_tp.pdf

Nervosvalový přenos

Přenos vzruchu na NS ploténce:

- 1) Přichází **akční potenciál (AP)**, který se šíří po membráně neuronu (depolarizace -> otevření iontových kanálů -> vápenaté ionty se dostávají do buňky)
- 2) Exocytóza neuromediátoru **acetylcholinu (ACH)** z vezikulů do synaptické štěrbině
- 3) Navázání **ACH na receptory** na sarkolemě (na membráně svalové buňky) -> **depolarizace** na postsynaptickém útvaru (iontové kanály pro sodné ionty)
- 4) Depolarizace buňky -> **šíření AP po membráně** -> cestou T-tubulů až k **sarkoplazmatickému retikulu**
- 5) AP -> otevření napěťově řízených **Ca kanálů** -> zvýšení koncentrace vápníku v sarkoplazmě (cytoplazmě) uvolněním ze sarkoplazmatického (endoplazmatického) retikula
- 6) Zvýšení Ca iontů -> změna **konformace troponinu C** (část aktinového vlákna) -> obnažení míst pro **navázání myozinových hlavic** -> kontrakce svalu

Neuromuscular Junction



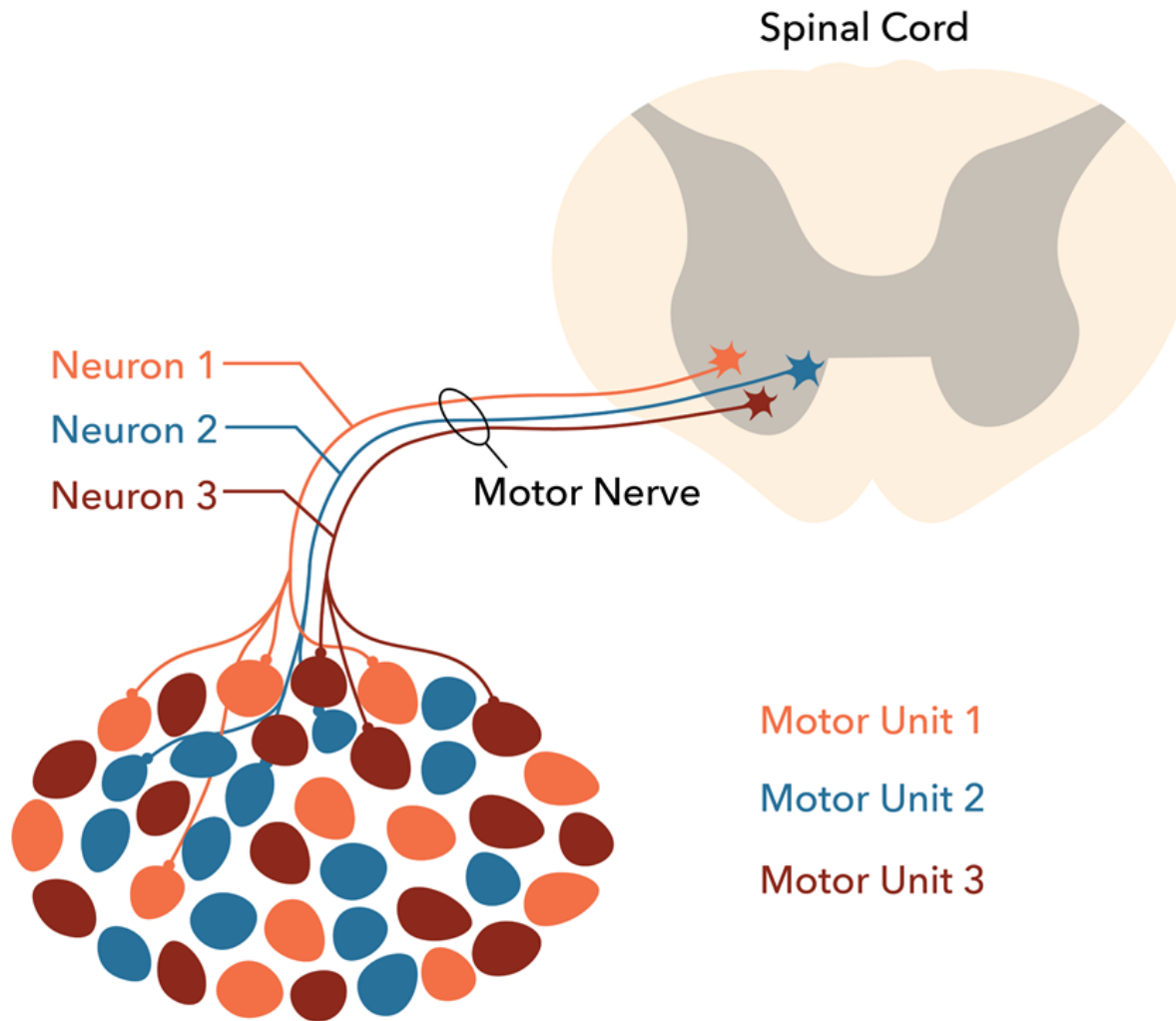
Video:
<https://www.youtube.com/watch?v=zbo0i1r1pXA&t=101s>

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

Nervosvalový přenos

- K tomu, aby mohl normálně fungovat nervosvalový přenos, se musí acetylcholin inaktivovat, tedy rozštěpit na 2 neúčinné složky (acetyl a cholin) – membrána ploténky se tak může repolarizovat a reagovat na další uvolnění acetylcholinu. K tomu slouží enzym, **acetylcholinesteráza**. K relaxaci svalu dojde také díky **snížení koncentrace vápníku** v sarkoplazmě (cytoplazmě). Vápník se musí aktivně - pomocí Ca^{2+} pump přečerpát zpět do sarkoplazmatického retikula a do extracelulárního prostoru. K tomu je potřeba opět energie ve formě ATP a hořčnaté ionty.

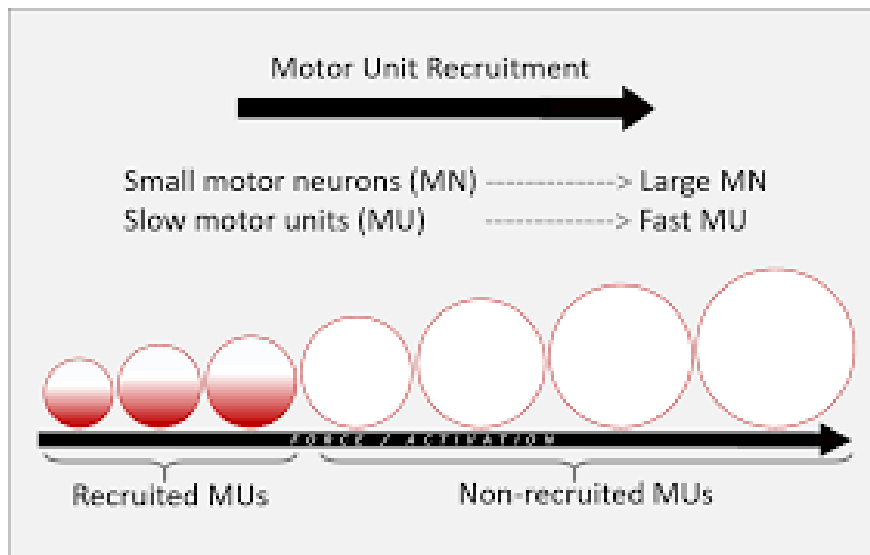
MOTORICKÁ JEDNOTKA



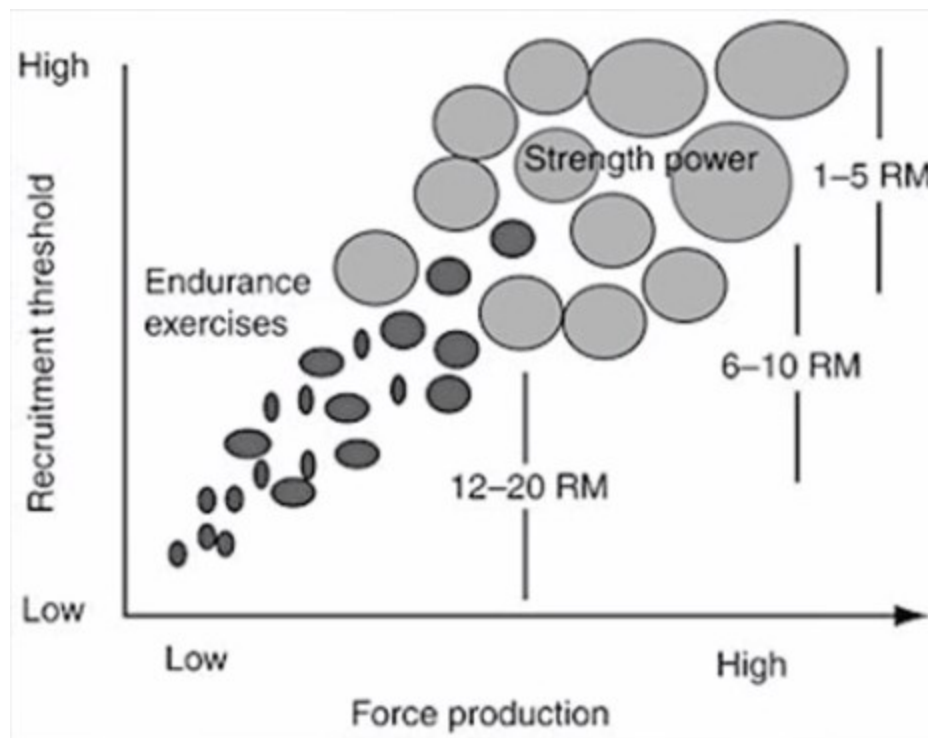
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Motor_unit.png

Motorická jednotka

- Nejmenší jednotky jsou zřejmě v okohybných svalech (kolem deseti), největší v zádových 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



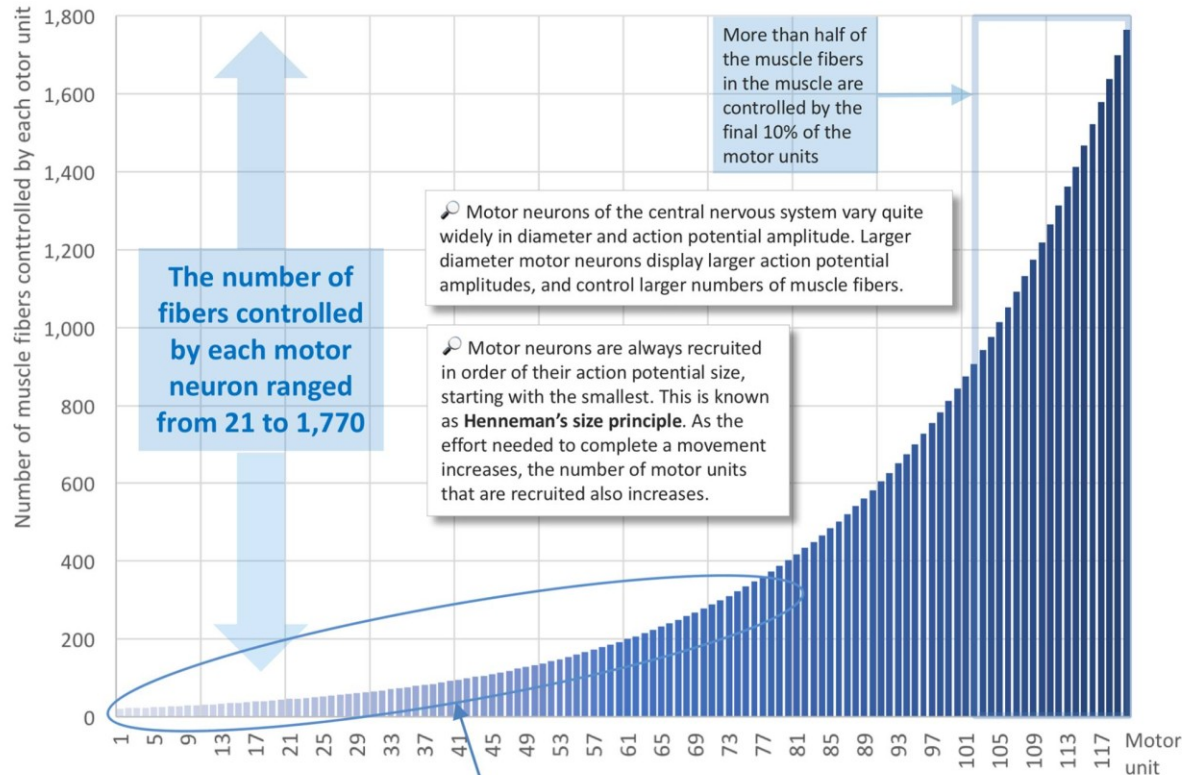
<https://www.allegiategym.com/blog/burning-fat-through-program-design-behind-the-block>



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



The number of muscle fibers controlled by each motor unit increases exponentially with increasing motor unit threshold



KEY POINTS

This calculation was performed based on data collected in various investigations for the intrinsic hand muscle, the first dorsal interosseous. This muscle contains 40,500 fibers, and is innervated by 120 motor neurons.

Low-threshold motor units each only control up to a few hundred muscle fibers. Consequently, even if these muscle fibers do grow after strength training (and they tend to be less responsive to the mechanical loading stimulus), then their contribution to whole muscle size will still be small. In contrast, high-threshold motor units each control thousands of muscle fibers, and therefore when these muscle fibers grow after strength training, this causes substantial hypertrophy.

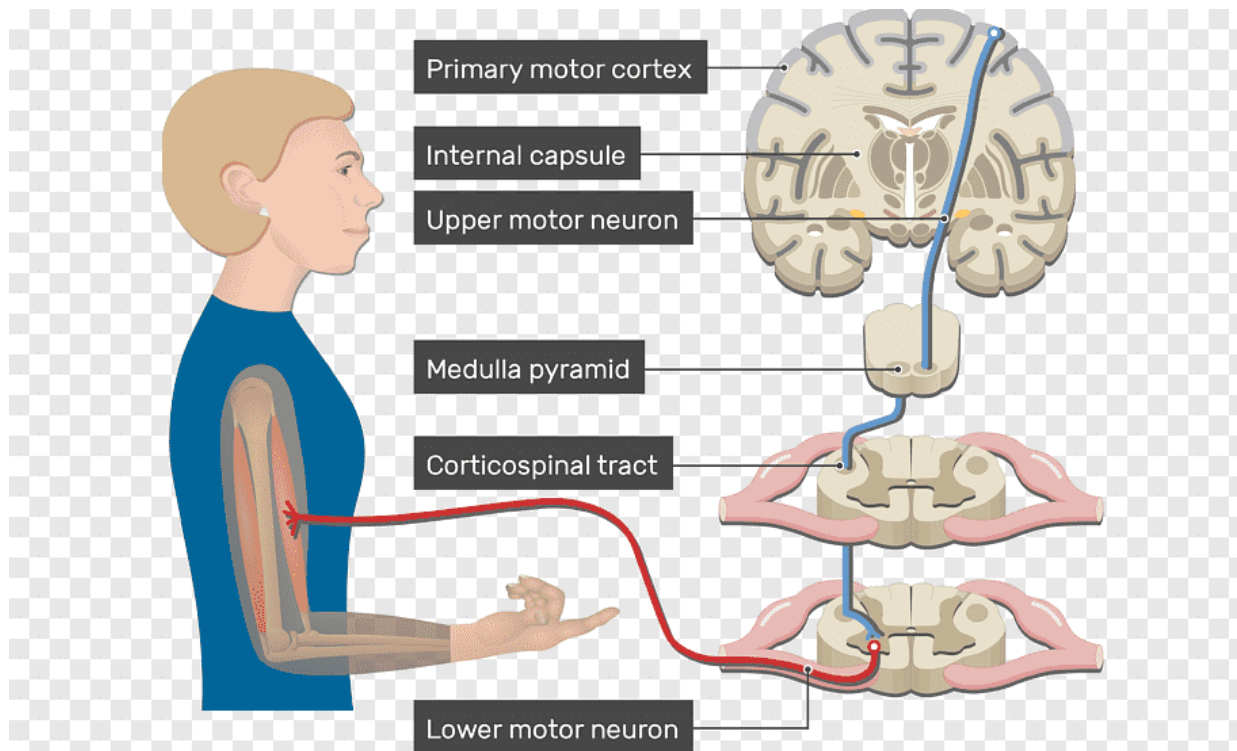
Derived from: Enoka, R. M., & Fuglevand, A. J. (2001). Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle & Nerve*, 24(1), 4-17 and Henneman, E., Somjen, G., & Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of Neurophysiology*, 28(3), 560-580.

Strength & Conditioning
Research

<https://www.facebook.com/StrengthandConditioningResearch/photos/according-to-hennemans-size-principle-motor-units-are-recruited-in-order-of-the-1785125491598465/>

MUNI
SPORT

Alfa motoneuron



<https://www.pngwing.com/en/free-png-dudxr/download>

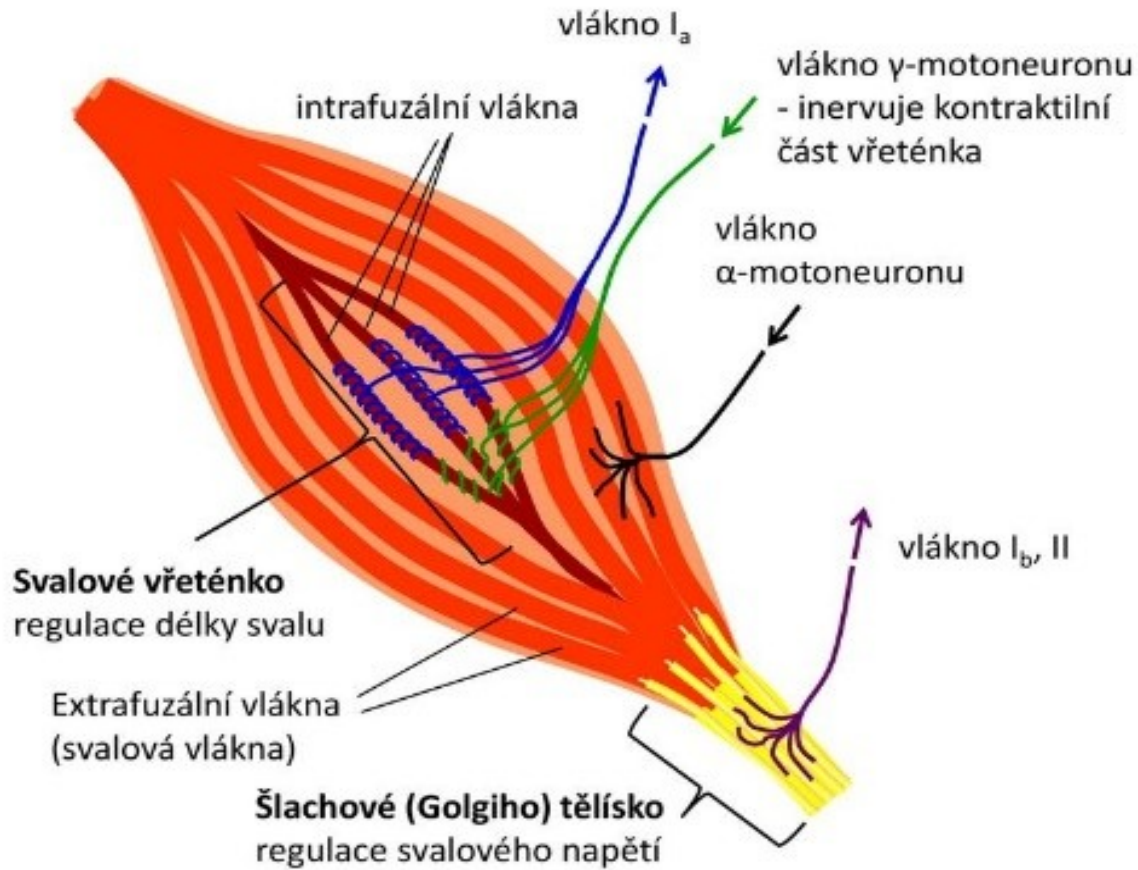
- Tělo – součást CNS – přední rohy míšní
- Alfa motoneuron = periferní motoneuron

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/>)

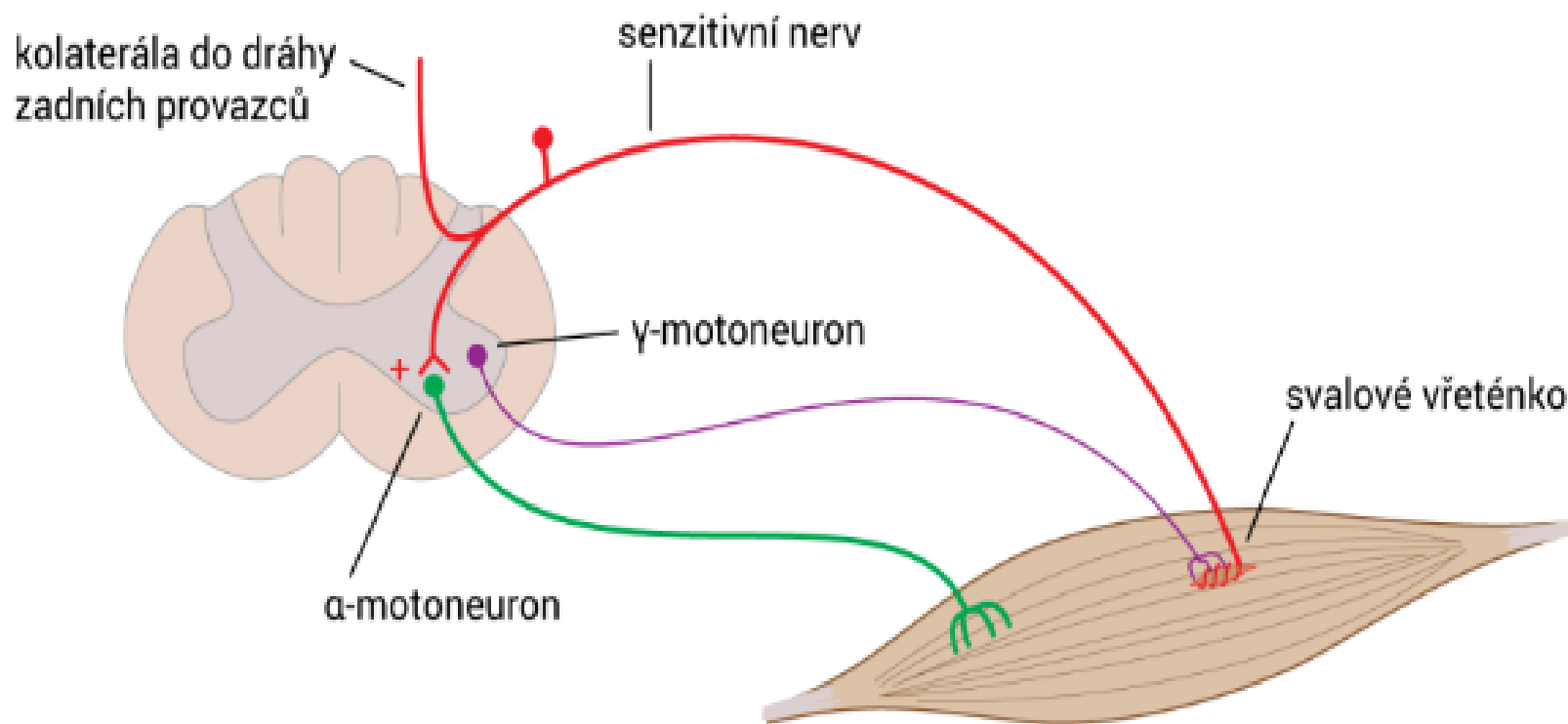
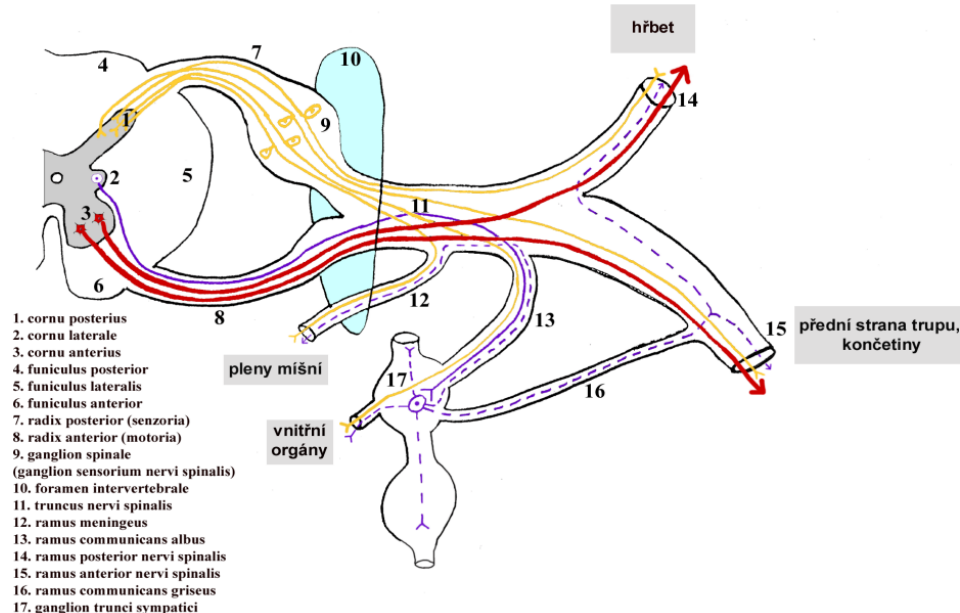


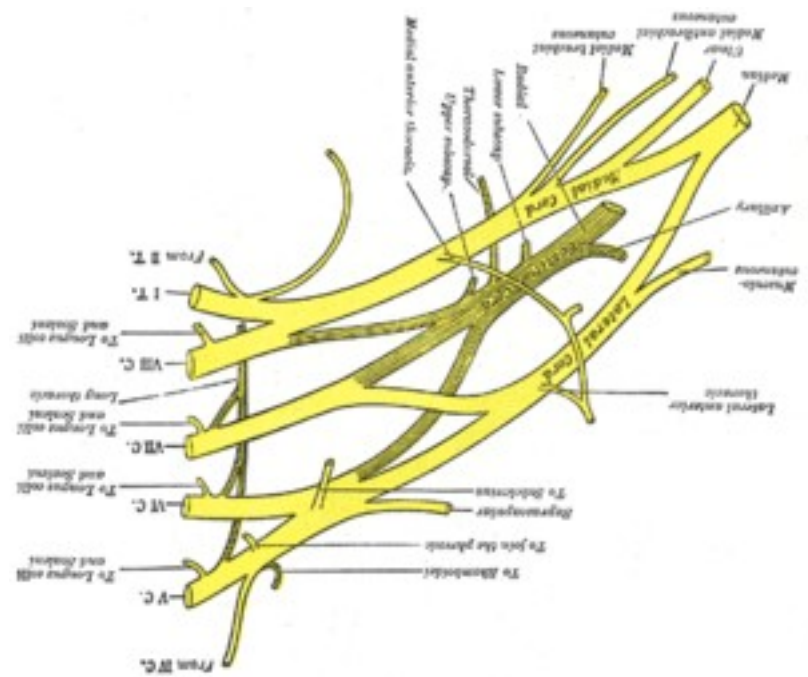
Schéma gama kličky (zdroj: <http://www.cnsonline.cz/?p=311>)

Neuron vs Nerv vs míšní kořen

SCHÉMA VĚTVENÍ MÍŠNÍHO NERVU

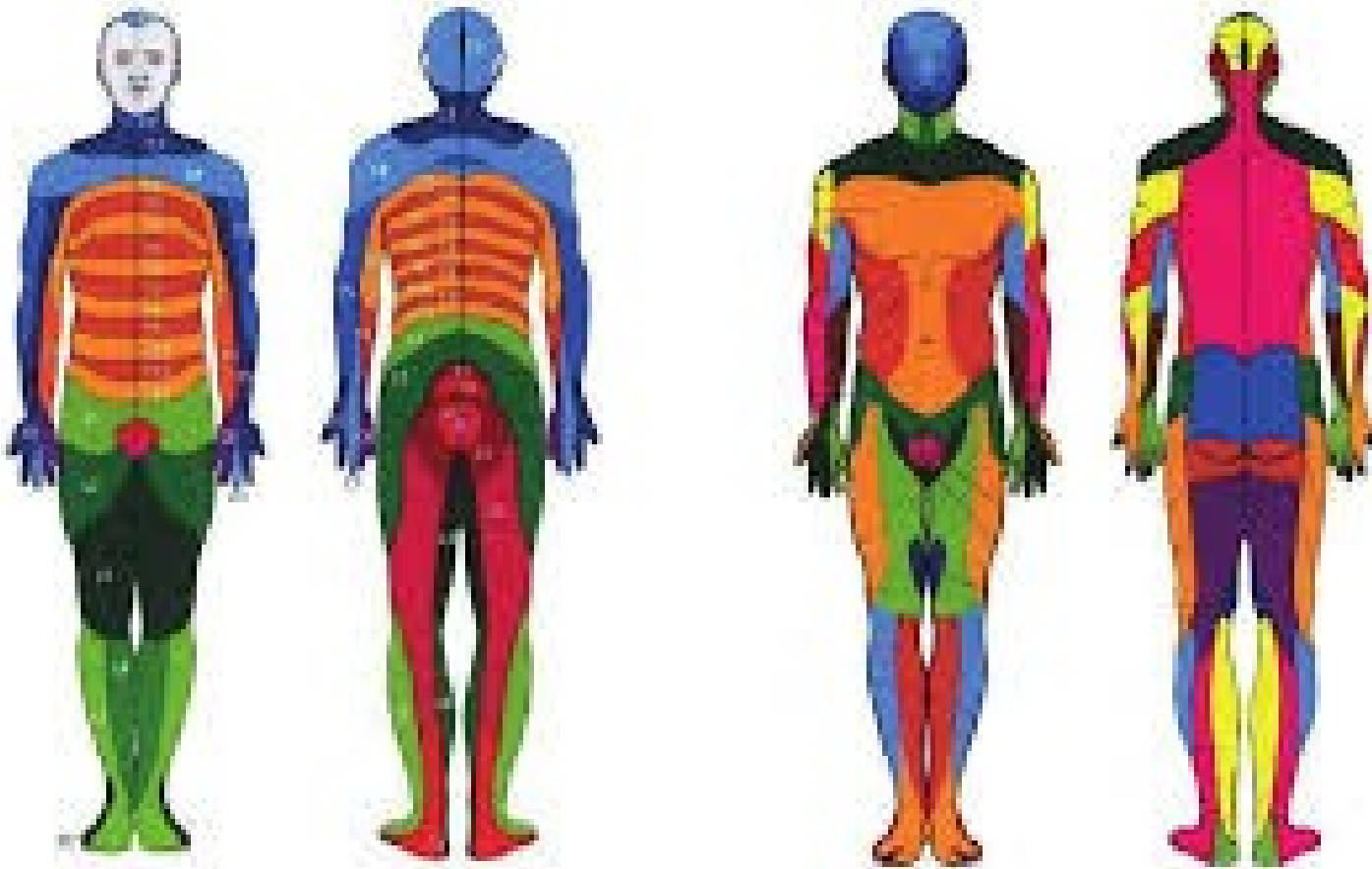


<https://anatomie.lf2.cuni.cz/sites/anatomie/files/page/files/2019/obecneanatomie.pdf>



https://www.wikiskripta.eu/w/Nervy_horn%C3%AD_kon%C4%8etiny

Area radicales vs area nervinea



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