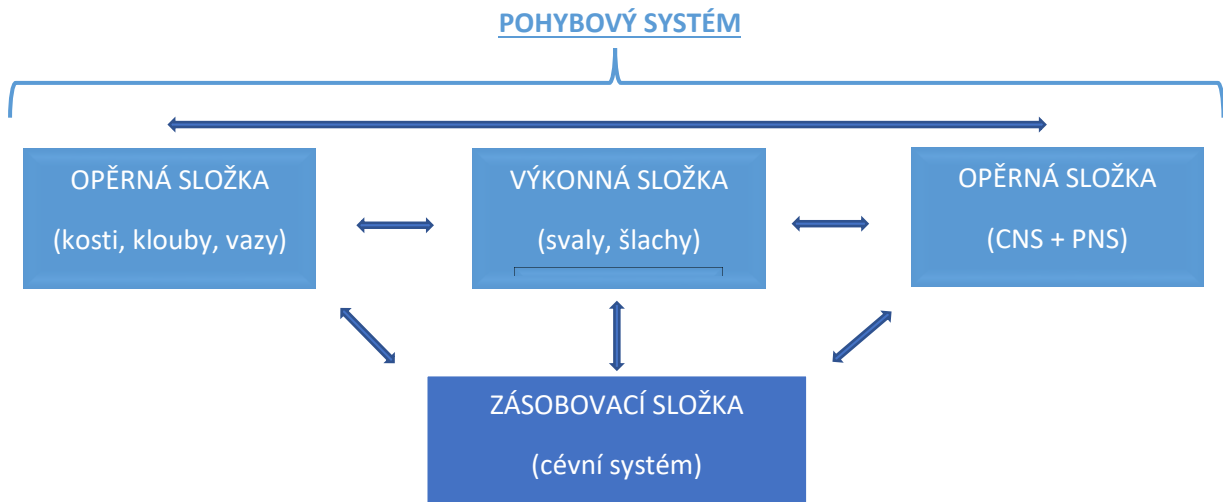
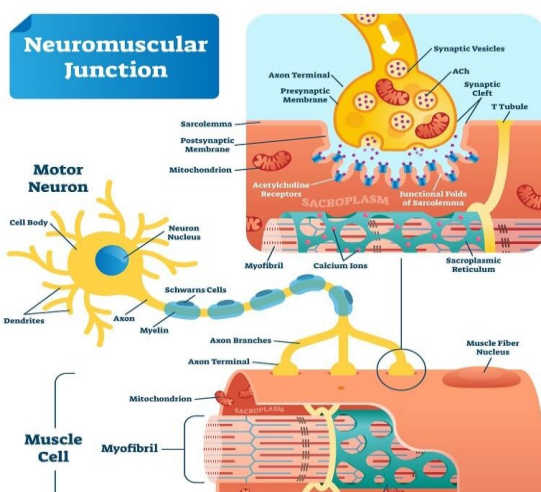


ŘÍZENÍ POHYBU

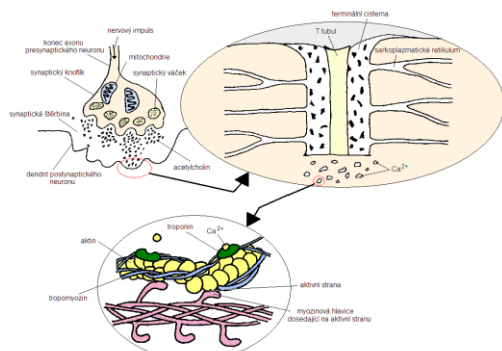


Neurony - přehled

- **Senzitivní neurony** – aferentní -> informace z periferie do CNS (exterocepce, propiocepce) + zpětná vazba (těla leží ve spinálních gangliích -> PNS)
- **Senzorické neurony** -> informace ze smyslových orgánů (receptorových buněk) -> CNS (zrak, sluch, čich, chuť)
- **Nocicepce** -> bolestivý vjem
- **Vegetativní neurony** – inervace stěny cév -> regulace průsvitu cév -> průtok krve
- **Motorické neurony**
 - eferentní = vedou informace z CNS na periferii (anatomicky náleží do CNS -> těla leží v míše)
 - alfa-motoneurony
 - Přední rohy míšni -> 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.



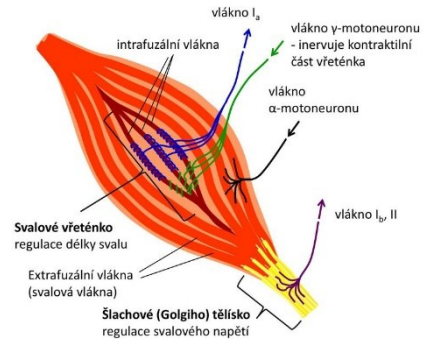
Obrázek 1: Nervosvalová ploténka (zdroj: <https://biologydictionary.net/neuromuscular-junction/>)



Obrázek 2: NS ploténka (zdroj: https://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/zakladni_sloz)

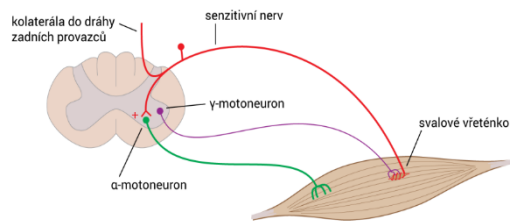
- Gama-motoneurony
 - Součástí svalového vřeténka -> Gama-motoneurony dostávají informace z CNS, na jejichž základě upravují citlivost vřeténka (zachovávají jeho dráždivost). Toto spojení je velmi významné pro regulaci svalového tonu a označuje se jako γ -klička. Ta začíná převodem signálu z mozku (retikulární 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



Obrázek 3: svalové vřeténko (zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/12720931/>)

(opakování: svalová inervace -> mimické svaly, žvýkácí svaly, svaly jazyka, m. trapezius, svaly končetin)

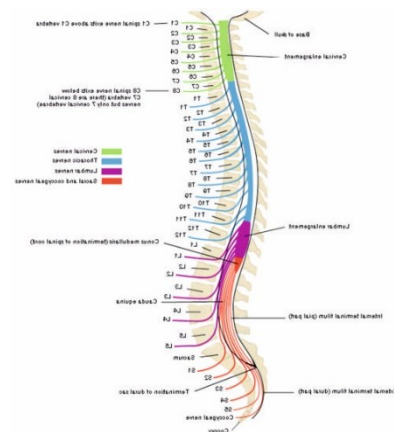


Obrázek 4: Schéma gama kličky (zdroj: <http://www.cnsonline.cz/?p=311>)

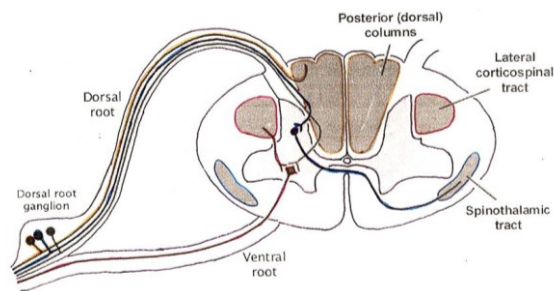
CNS

Mícha

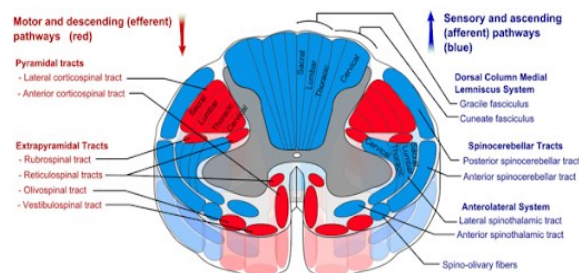
- Tvořena jednotlivými **míšními segmenty** (většinou 31) -> míšní nervy -> pleteně -> periferní nervy
- **Šedá hmota** -> tvořená nakupením neuronů, vytváří přední a zadní rohy míšní. (přední obsahují motoneurony, postranní vegetativní neurony, zadní spojovací neurony). Středem vede míšní kanálek – canalis centralis. (nejčastěji členěna na jádra -> Rexedovy lamely)
- **Bílá hmota** -> sestupné a vzestupné dráhy
 - Přední provazce – motorické dráhy + dráhy bolesti (extrapyramidové + ALS)
 - Postranní provazce – motorické dráhy + dráhy bolesti (pyramidová dráha, ALS)
 - Zadní provazce – senzitivní dráhy



Obrázek 5: Chipaultovo pravidlo (zdroj: <https://czepa.cz/pater-a-micha/>)



Obrázek 7: schéma (zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/4160037/>)



Obrázek 6: Mícha - uspořádání drah (<http://sestra.org/M%C3%ADcha>)

- **Míšní reflexy**

- **Proprioceptivní (myotatický, napínací) reflex**

- Receptor = svalová vřeténka a šlachová tělíška -> aferentní nervové vlákno -> buňka ve spinálním gangliu -> alfa-motoneuron -> efektor (kosterní sval)
 - **Svalové vřeténko** – viz gama MN (gama smyčka) -> aktivuje se při protažením svalu -> aktivace alfa MN příslušného svalu (svalová kontrakce) (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
 - Často monosynaptický (např. bicipitový, patelární atd.)

- **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) -> obranné reflexy -> např. korneální nebo patrový reflex

Míšní motorika je koordinována v souladu s těmito základními principy:

- princip reciproční inervace – zajišťuje opačný účinek na motoneurony antagonistických svalů (pokud je aktivována skupina agonistů, inhibují se antagonisté),
- princip záporné zpětné vazby – interneuron při své aktivaci uvolňuje inhibiční transmitter a inhibuje vlastní motoneuron (kontrakci svalu lze provádět jen do určité míry, což je dáno i aktivací svalových vřetének a Golgiho tělísek),
- princip převahy vyšších oddílů CNS (hierarchie řízení) – dokonalejší řízení pohybu převládá nad nižšími úrovněmi řízení,
- princip společné periferní dráhy – všechny vlivy způsobující svalovou kontrakci jsou uplatňovány α -motoneurony.

(http://old.ftk.upol.cz/fileadmin/user_upload/FTKdokumenty/Katedra_fyziologie/FYO_13_bonus_rizeni_motoriky.pdf)

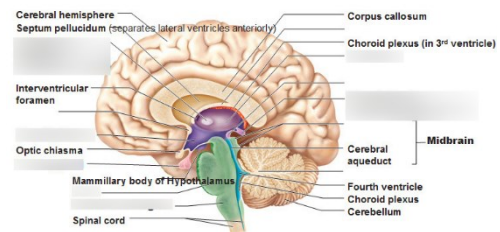
Mozkový kmen (Prodloužená mícha + Varolův most + střední mozek)

- Jádra hlavových nervů -> III. – XII.
- Dráhy
 - Sestupné (eferentní) -> pyramidová a extrapyramidové dráhy
 - Vzestupné (aférentní) -> dráha zadních provazců
 - Střední mozek – zraková a sluchová dráha (tectum = čtverhrbolí)
- **Retikulární formace**
 - Jedná se skupinu/ systém jader, jejichž buňky mají velké množství výběžků a spojují -> 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 šijových svalů, z vestibulárních jader, z mozečku, bazálních ganglií a mozkové kůry.
(mimo řízení motoriky – dýchací centra, vazomotorická centra, podíl na řízení ANS, regulace bolesti, podíl na produkci neurotransmiterů)
- Speciální jádra
 - **Ncl. Ruber** -> rubrospinalní dráha -> hrubá motorika
 - **Substantia nigra** -> produkce dopaminu, jádro spojená s BG a extrapyramidovým systémem (m. Parkinson)

Mezimozek

- **Thalamus**
 - „přepojovací stanice“ -> míří sem senzitivní dráhy, dráhy ze smyslových orgánů, dráhy z center CNS (BG), spojení s LS
 - Skládá se z jader:
 - nespecifická jádra (převádějí především aktivační vzruchy z RF do mozkové kůry)
 - specifická sensorická jádra (součást zrakové, sluchové, hmatové a propriorecepční dráhy)
 - motorická jádra thalamu -> propojení BG a kmene s mozkovou kůrou
- **Hypothalamus**
 - Nejvyšší centrum ANS -> řídí tonus ANS
 - Spoj s LS -> Přenos vegetativních reakcí z limbického systému (corpora mammilaria)
 - Řízení cirkadiálních rytmů (ncl. Suprachiasmaticus)
- Subthalamus -> ncl. Subthalamicus -> jádro spojené s BG

The Diencephalon (and Brainstem)

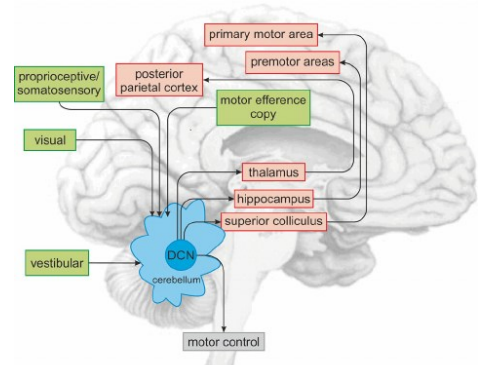


Obrázek 8:

<https://quizlet.com/324675254/diencephalon-diagram/>

Mozeček

- Pro řízení hybnosti a popisu jednotlivých funkcí je stěžejní funkční dělení mozečku
- **Vestibulární mozeček** (archicerebellum) – informace ze statokinetického čidla -> vzpřímená pozice těla, rovnováha
- **Spinální mozeček** (paleocerebellum) – informace především z proprioreceptorů a exteroceptorů -> regulace svalového tonu (působí tlumivě na okruhy antigravitačních svalů)
- **Cerebrální mozeček** (cerebrocerebellum; neocerebellum) – informace z mozkové kůry, podíl na plánování pohybu -> koordinace volní motoriky



Obrázek 9: schéma zapojení mozečku v řízení motoriky - zdroj (https://www.researchgate.net/figure/The-cerebellum-integrates-sensory-input-green-boxes-from-multiple-systems-including_fig4_269223097)

Bazální ganglia

- Jedná se o velká jádra v mozku -> mají svůj podíl při plánování a řízení pohybu
- Dělení:
 - nucleus caudatus → **Striatum**
 - putamen → **Striatum**
 - globus pallidus → **Ncl. lenticiformis**
- funkčně k nim dále řadíme: substantia nigra, ncl. Subthalamicus
- 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)

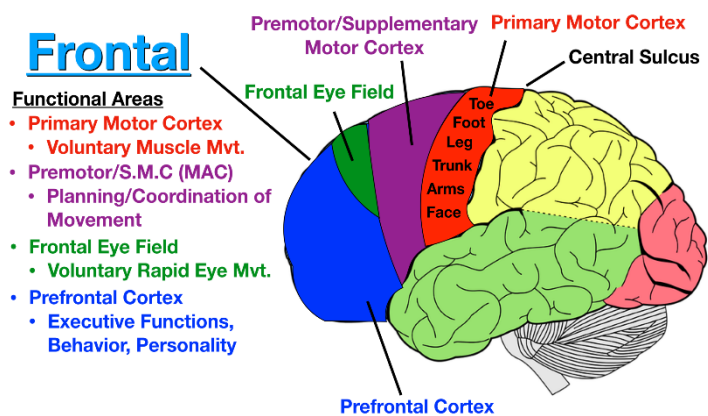
Okruh: mozková kůra -> BG -> thalamus -> mozková kůra

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

Limbický systém

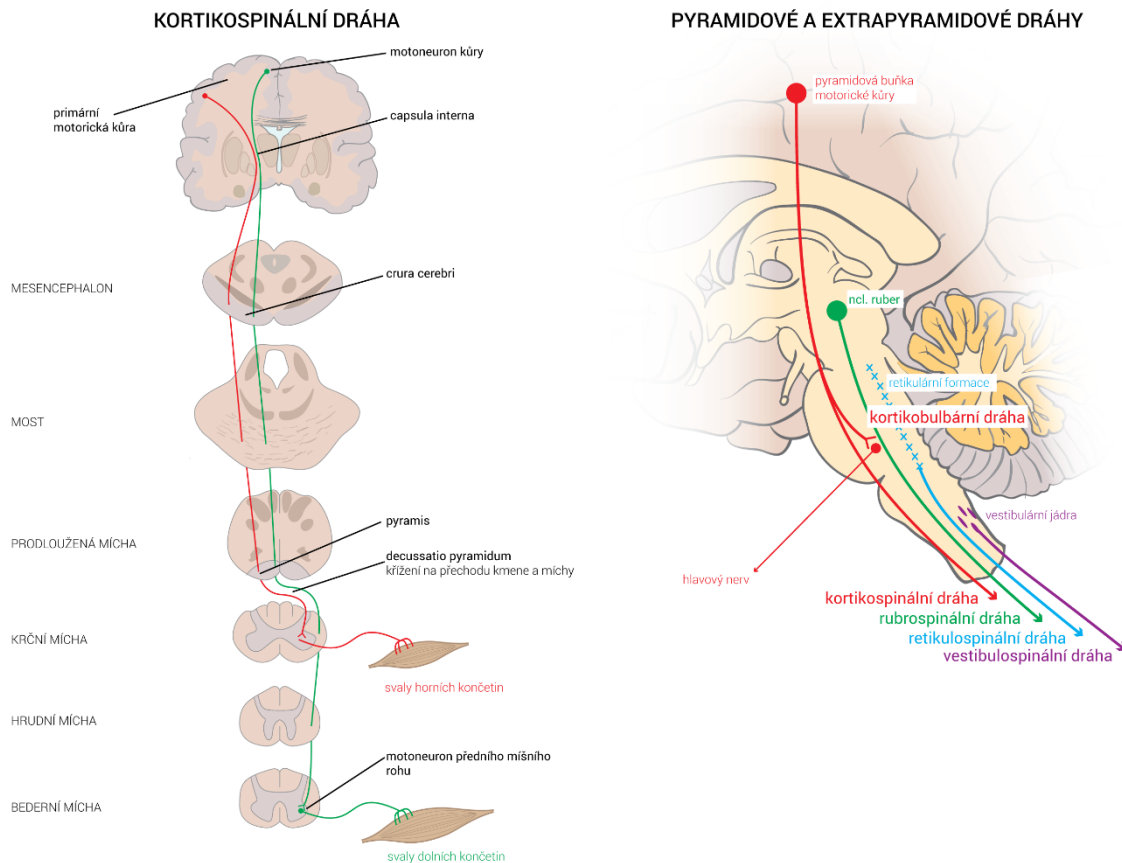
Mozková kůra

- Mozková kůra – nejvyšší řídicí a integrační centrum -> **řízení**: motorika, autonomní funkce, senzitivní funkce – **integrace**: emoce, paměť, řeč, myšlení, spánek a bdění, motivace...
- Funkční dělení kůry:
 - Primární oblast -> **primární motorická oblast** -> gyrus precentralis (motorický homunculus)



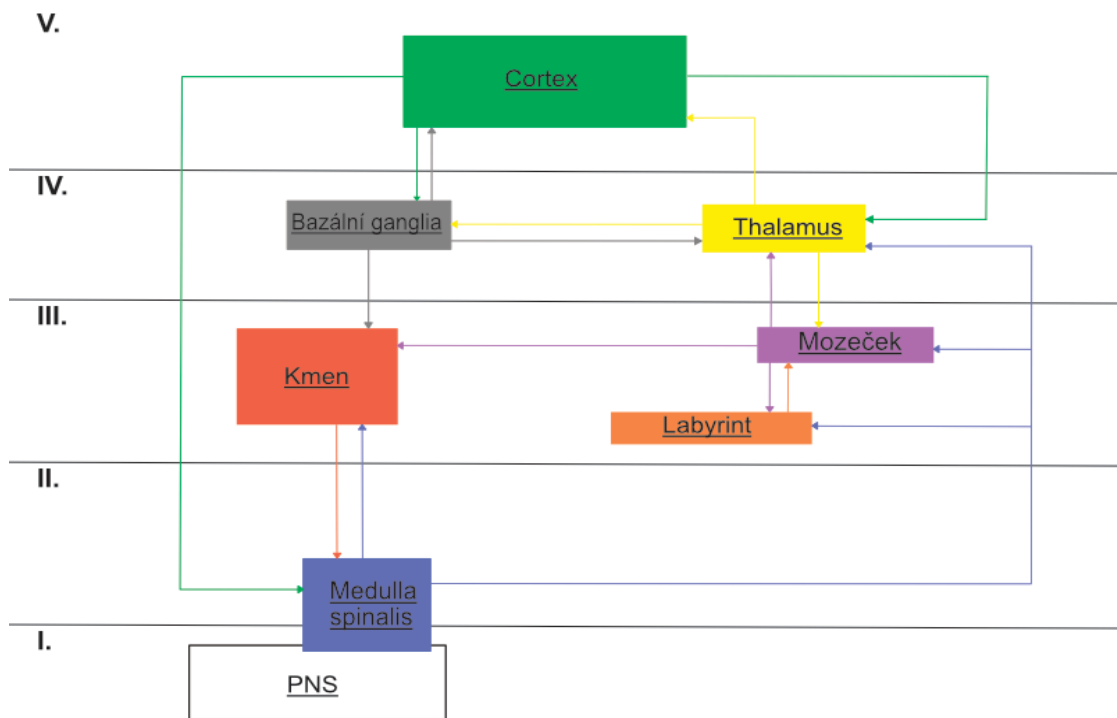
Obrázek 10: <https://www.ezmedlearning.com/blog/cerebral-cortex->

- Sekundární oblast -> **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) (viz níže) 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)



Obrázek 11: <http://www.cnsonline.cz/?p=112>

Hierarchie v řízení pohybu



Obrázek 12:

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

(Dodatek – limbický systém)

- Struktury:
 - Rhinencephalon = čichový mozek (korová oblast) – hipokampus, gyrus dentatus, gyrus cinguli
 - Podkorové oblasti
 - Septum
 - Amygdala
 - Nucl. Thalami anteriores
 - Části hypotalau – corpus mamillare

Struktury jsou vzájemně proojeny – systém je znázorněn Papezovým okruhem

- Amygdala
 - Amygdala koordinuje somatické funkce při emočních reakcích
 - Nejspíše se účastní vytváření paměťové stopy ve vztahu k emocím
 - Důležitá je tak role amygdaly s podmiňováním strachu a při emočních projevech úzkosti
- Septum
 - Septum reguluje emoce a schopnost učení
 - Podílí se na pohnutkách, jako jsou sexuální drive, hlad, žízeň, agrese a strach
 - Bohaté na nikotinové receptory
- Hypokampus

- Účastní se při tvorbě podmíněných reflexů
- Paměť deklarativní – poškození hypokampu vede k problému ve vytváření nových stop
- Paměť prostorová – hypokampus se podílí na ukládání a zpracování prostorových informací

Funkce LS

- Somatovegetativní regulace – žvýkání, slinění dýchání, polykání, vyprazdňování a sexuální aktivita
- Účast na tvorbě paměťové stopy – emoční prostředí má významnou roli v procesu učení , účast na prostorové orientaci
- Prostorová orientace – hypokampus
- Integrace funkčních změn při emocích – útlum pohybů při napjaté poornosti
- Chování zajišťující zachování jedince a rodu – příjem potravy, boj o místo v přírodě a společnost, sexuální chování
- Obecně lze tak říct, že LS zasahuje do systému motivací
- Mezi nejdůležitější funkce limbického systému patří kontrola úzkosti, strachu, sociálního a emočního chování (především díky amygdale), účast na procesech krátkodobé paměti (dlouhodobá se týká spíše thalamo-kortikálních a intrakortikálních spojů) a dokonce i řízení srdeční činnosti, dýchání (díky napojení na hypothalamus) nebo sekrece endokrinních žláz.
- K dalším funkcím řadíme souvislost se sexuálními projevy či péčí o potomstvo. Celý komplex funguje i díky dodávání acetylcholinu jako mediátoru ze septum verum. Především kvůli rozsáhlým spojům s asociačními oblastmi frontálního, parietálního a temporálního laloku se limbický systém podílí na smyslovém vnímání a jeho vyhodnocování.
- Propojení s bazálními ganglii – ovlivňuje řízení motoriky
- Propojení s prefrontální kůrou- ovlivnění motivace a myšlení

Použité 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>

Myslivoček 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

Přednášky: Neurofyziologie a neuropatofyziologie – 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