

## **Proprioceptivní míšní reflexy zajišťují a řídí svalový tonus.**

Svalový tonus, svalové napětí je výchozím předpokladem pro provedení jakéhokoliv pohybu a pro udržení vzpřímené polohy těla.

**Receptory proprioceptivních reflexů jsou svalová vřeténka a šlachová tělíska.**

**Svalová vřeténka** jsou několik milimetrů velké útvary, uložené při přechodu šlachy do svalu. Jemným vazivovým pouzdem bývají oddělena od okolního vaziva svalu.

Vřeténko se skládá z 6 - 8 jemných svalových vláken, která jsou dlouhá 2 - 10 mm. Svalovým vláknům vřeténka se říká **intrafuzální**. Vlákná kosterního svalu jsou vlákna extrafuzální - oba typy svalových vláken jsou uspořádány **paralelně!** Na **zevním obvodu intrafuzálních vláken jsou typické motorické ploténky gama motoneuronů. Intrafuzální vlákna tedy mají samostatnou motorickou inervaci.** Ve vřeténkách začínají i dva typy aferentních, senzitivních nervových vláken. Tato vlákna spirálovitě obtácejí intrafuzální svalová vlákna vřeténka a jdou jako aferentní vlákna míšního nervu do páteřního kanálu, a zadními míšními kořeny vstupují do míchy. Těla (perikaria) těchto neuronů jsou uložena ve spinálních gangliích. V míše jsou tato vlákna zapojena buď přímo na alfa motoneurony předních rohů (monosynaptické spojení), nebo se na motoneurony antagonistických svalů zapojují prostřednictvím vsunutých interneuronů.

Vřeténka jsou drážděna při **protážení svalu**. Tím, že intrafuzální vlákna vřeténka probíhají paralelně s ostatními svalovými vlákny, jsou natahována současně s prodloužením svalu a proud vzruchů zpětnovazebně dráždí alfa motoneurony vyvolávající svalovou kontrakci. Vřeténka jsou drážděna i váhou končetin a tahem antagonistických svalů. **Přes alfa motoneurony vřeténka zajišťují kontakt kloubních ploch a postavení kloubu.** Vřeténka ale přímo **neregistrují** svalovou kontrakci!

Vřeténko je jakýsi **komparátor**, který srovnává napětí intrafuzálních vláken a vláken svalu. Gama inervace intrafuzálních vláken navozuje jejich kontrakci a určuje tak předpětí - nastavení vřeténka na určité napětí.

Svalová vřeténka jsou svým zapojením autoregulačním systémem, jehož gama oblouk nastavuje citlivost receptoru. Toto nastavení významně ovlivňuje (přes interneurony) RF mozkového kmene. Celému systému této zpětnovazebné inervace říkáme **gama smyčka**.

Část aferentních vláken přicházejících ze svalových vřetének, je zapojena i na alfa motoneurony antagonistických 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.

Tedy pyramidový systém se hýbe rychle avšak hrubě a "**nešetří svaly ani kostru**" - naopak extra-pyramidový systém hlídá - maximální svalové napětí, polohu končetin a kloubů - aby se "**nevykloubily**" - maximální rychlost pohybu (aby švihem neodletěla i ruka) a vůbec celkově "**uhlazuje**" pohyby nařízené pyramidovým systémem.

GAMA-MOTONEURONY-vV Vtip je v tom, že alfa-motoneurony vysílají do svalu akční potenciály - kde každý impuls (akční potenciál) znamená lehký záškrub, a každá série impulsů znamená kontrakci svalu spojenou s pohybem. Ačkoliv se to nezdá - je matička příroda v otázce řízení pohybu stejně "**slepá**" jako robotik s motorem z čínské hračky. Tedy dá se obecně říci čím více impulsů z alfa-motoneuronu - tím větší kontrakce, ale nějakou příliš lineární závislost, mezi frekvencí impulsů a velikostí kontrakce natožpak velikostí pohybu - tam nehledejte.

Takže 99% svalových vláken řídí alfa-motoneurony, ale v každém svalu jsou tu a tam snopečky svalových vláken které řídí **gama-motoneuron**. Navíc tyto snopečky jsou obaleny senzitivními nervovými zakončeními, které vedou informaci zpět do míchy. Senzitivní nervová zakončení dovedou vyhodnotit rozdíl mezi napětím snopeček inervovaných gama-motoneuronem a mezi napětím okolního svalu inervovaného alfa-motoneuronem - víc nezvládají, ale i to stačí.

Takže pohyb svalu je hrubě nelineární a závisí na spoustě faktorů od polohy a napětí svalu, přes odpor okolí, po jeho metabolický stav a únavu, ale díky gama-motorickému systému má extrapyramidový systém dokonalé informace o pohybu, délce a napětí každého svalu, proto si ráno odpočatí - nevypíchnete zubním kartáčkem oko - a ani večer.

**Šlachová tělíska** (Golgiho tělíska) jsou drobné receptory, uložené v blízkosti spojení šlachy a svalu. Tělíska tvoří několik svazků kolagenních vláken, která opřádají bohatě rozvětvená aferentní nervová vlákna. Tělíska jsou obalena jemným vazivovým pouzdem.

☒ Aferentní nervová vlákna šlachových tělísek mají buňky (neurocyty) ve spinálních gangliích. Axony těchto buněk jdou v míše k interneuronům, prostřednictvím kterých tlumí aktivitu alfa motoneuronů inervujících kosterní svaly.

Šlachové tělísko chrání kosterní sval před přetažením. Tělísko je tedy aktivováno při protažení svalu (tahem za šlachu) i při svalové kontrakci (opět tahem za šlachu), kterou svalové vřeténko nezaznamenává.

Na svalovou kontrakci jsou tělíska citlivější než na pasivní protažení šlachy. Souhrou činností vřetének a tělísek je zajištěna dokonalá informace centrálního nervového systému o napětí, stupni kontrakce i zatížení všech míchou inervovaných svalů.

Uvědomování si celého svalového napětí, polohy končetin, trupu, změnu polohy a rychlost této změny nám umožňuje tzv. **hluboký svalový smysl**. Je to složitý a nepřesně definovatelný vjem, který zajišťuje souhra svalových vřetének, šlachových tělísek, receptorů kloubních pouzder, vazů atd. Tohoto komplexního vjemu se účastní i zrak, sluch, orgány rovnováhy atd. Klíčový je zřejmě zpětnovazebný mechanismus řízení svalové kontrakce gama smyčkou.

### Řízení pohybu na míšní úrovni můžeme shrnout do čtyř bodů:

1. při aktivaci agonistů (synergistů) jsou utlumeny antagonisté; tzv. princip reciproční inervace;
2. aktivace alfa motoneuronů je omezována pomocí zapojení svalových vřetének a šlachových tělísek; tzv. princip záporné zpětné vazby;
3. vyšší, lépe vybavená centra nervového systému mohou zasahovat do řídicích mechanismů míchy, tzv. princip hierarchie řízení;
4. všechno, co vyvolává svalovou kontrakci, se uplatňuje prostřednictvím alfa motoneuronů, tzv. princip společné periferní dráhy.

Motorická centra kmene tvoří část jader retikulární formace, vestibulární jádra, motorická jádra hlavových nervů, substantia nigra, ncl. ruber a oliva inferior.

