

Časová a prostorová sumace u kosterního svalu

Praktické cvičení z fyziologie (jarní semestr)

Kontrakce příčně pruhovaného kosterního svalu

Myografie – metoda umožňující registraci kontrakce svalů

Motorická jednotka: α - motoneuron a všechna svalová vlákna, která inervuje

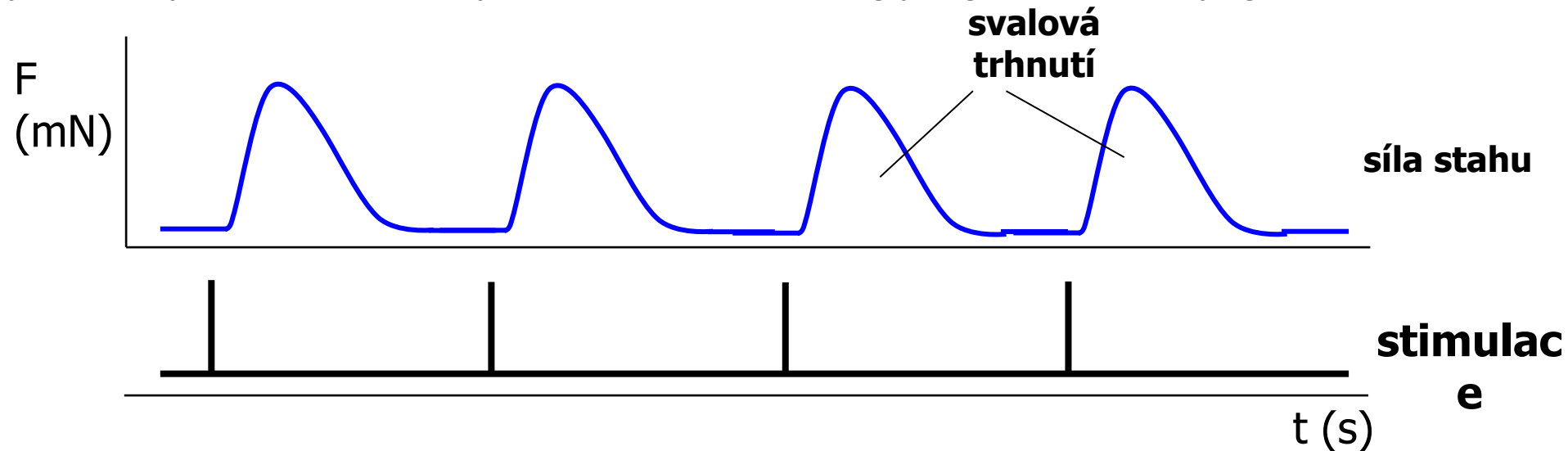
Odovědí na podráždění α - motoneuronu je stah svalových vláken inervovaných tímto motoneuronem

Svalové trnutí – jedna kontrakce svalu vyvolaná jedním podnětem

Jeden stimul – jedno svalové trnutí

Typy svalových vláken:

- **S** (pomalé) – málo se unaví, při dlouhodobém výkonu, mnoho mitochondrií, dobře prokrvené, mnoho myoglobinu
- **F** (rychlé) – rychlé kontrakce, rychle se unaví, hodně glykogenu, málo myoglobinu



Inervace kosterního svalu

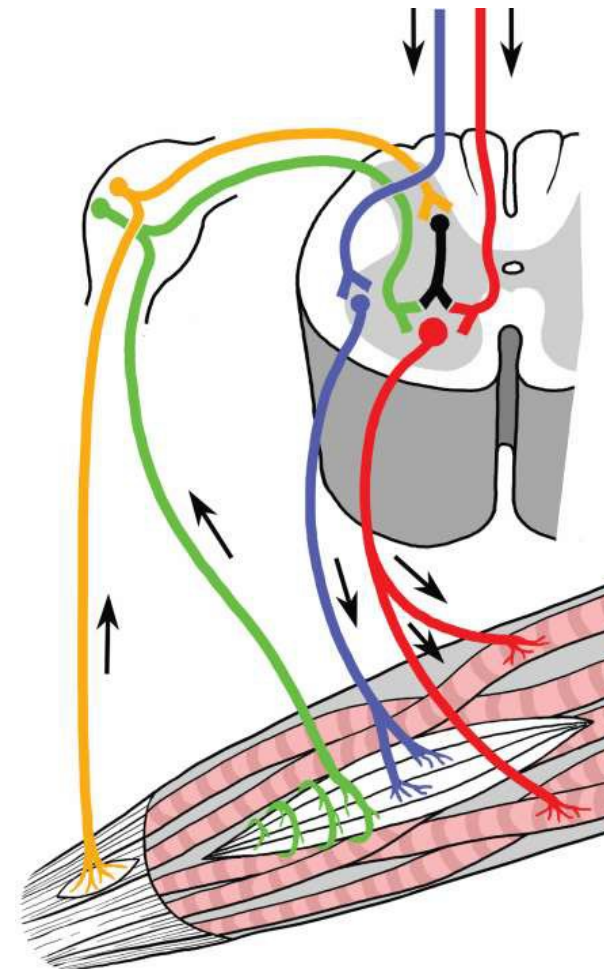
míšní segment, radix dorsalis
+ radix ventralis = nervus spinalis

proprioceptivní neurony
ve spinálním gangliu

motoneurony alfa, gamma
v předních rožích míšních

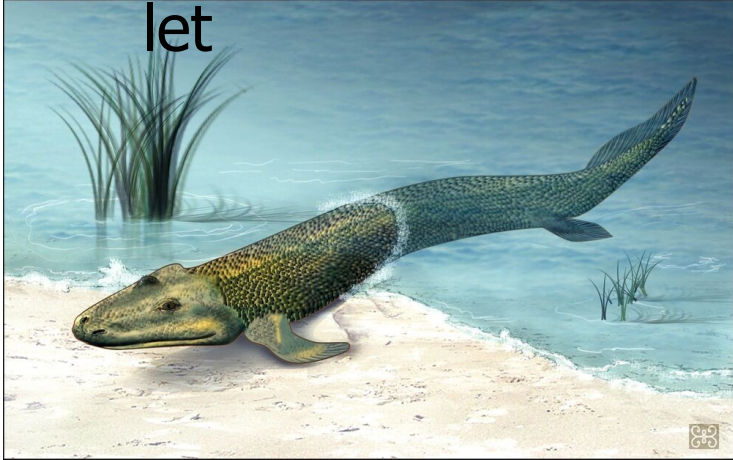
motorické ploténky ve svalu,
acetylcholin, motorická
jednotka,

svalová vřeténka,
Golgiho šlachová tělíska

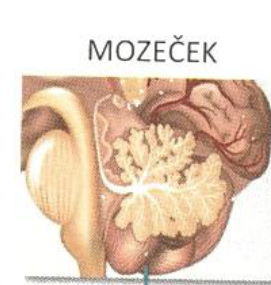


Napínací reflex – regulovaný mozečkem pomocí γ -motoneuronů

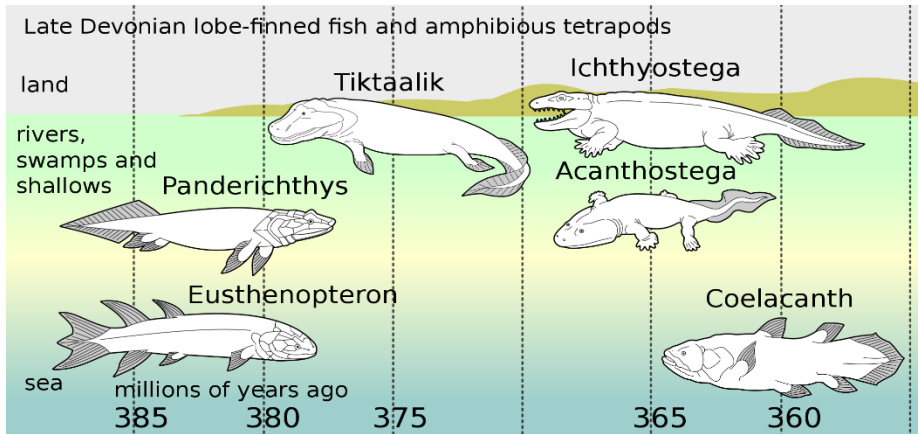
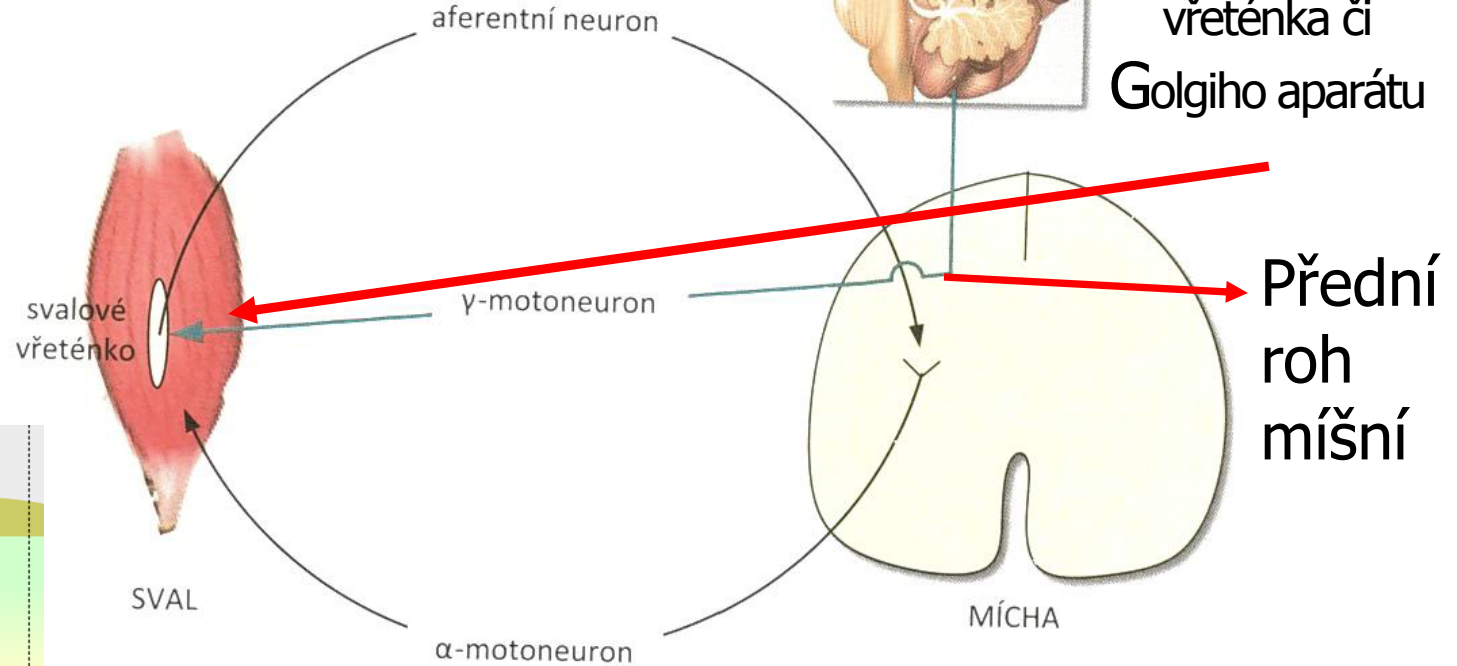
Tiktaalik-380 milónů let



Při volných pohybech jsou regulátory pod přímým vlivem mozečku



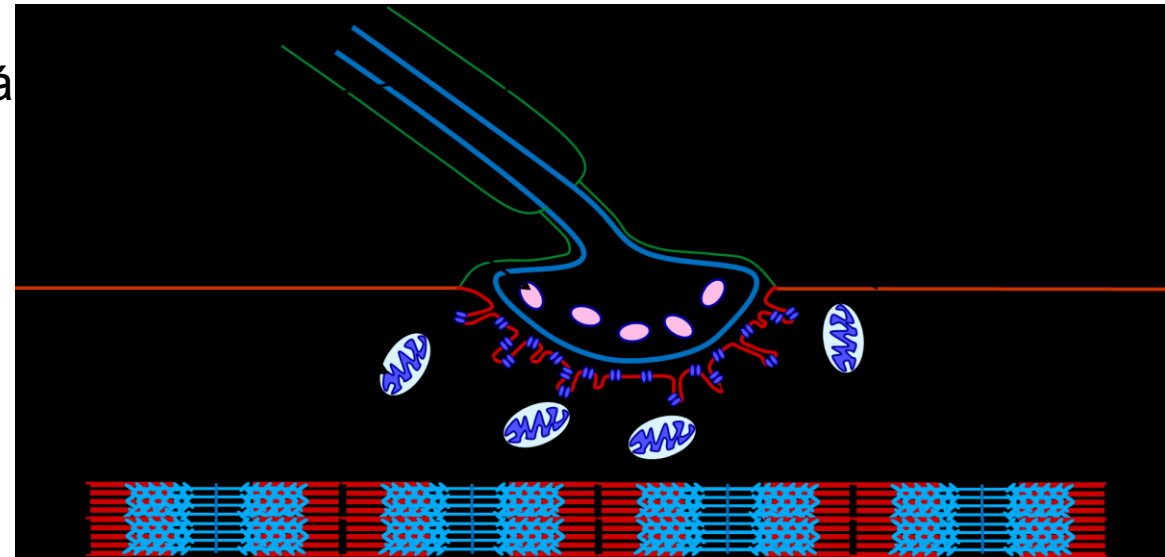
γ -motoneuron určuje citlivost svalového vřeténka či Golgiho aparátu



Vztah excitace (kontrakce) u kosterního svalu

Excitace

- akční potenciál (AP) se šíří axonem z alfa-motoneuronu k nervo-svalové ploténce.
- na membráně axonálního zakončení se z vezikul exocytózou uvolní acetylcholin do synaptické štěrbině.
- acetylcholin se naváže na N-cholinergní receptory v postsynaptické (sarkoplazmatické) membráně.
- cholinergní receptory jsou spojené s Na^+ kanálem, který se při navázání acetylcholinu otevírá.
- dojde ke vstupu Na^+ do sarkoplazmy a k lokální depolarizaci sarkoplazmatické membrány → vzniká ploténkový potenciál.
- pokud nedojde k překročení prahové hodnoty depolarizace pro vznik akčního potenciálu na membráně svalového vlákna, ploténkový potenciál zanikne.
- sumací více příchozích akčních potenciálů z motoneuronu dojde k sumaci dílčích ploténkových potenciálů tím je překročen práh pro akční potenciál a otevírají se napěťově vrátkované kanály pro Na^+ .
- vznikne akční potenciál, který se šíří po svalovém vláknu.

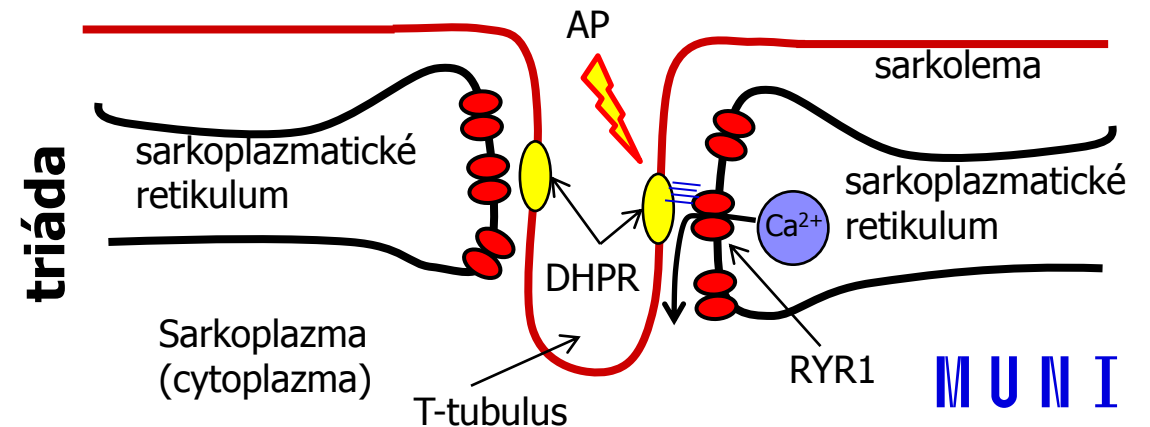


Vztah excitace – kontrakce u kosterního svalu

Kontrakce

- akční potenciál (AP) se šíří po svalovém vláknu a dostává se do transverzálního tubulu (T-tubulus)
- v sarkolemě v *T-tubulu* jsou *dihydropyridinové receptory* (DHPR), které změni svou konformaci
- interakcí *dihydropyridinových* receptorů s *ryanodinovými receptory* (RYR1) na membráně sarkoplazmatického retikula dochází k otevření vápníkových kanálů
- vstup Ca^{2+} do sarkoplazmy
- dojde k navázání Ca^{2+} na troponin C a na aktinu se odkryjí vazebná místa pro hlavice myozinu
- dojde k navázání myozinových hlavic na vazebná místa na aktinu (aktin má k myozinu velkou afinitu), ohyb myozinového krčku za spotřeby ATP a posun myozinového vlákna po aktinu
- pro uvolnění myozinové hlavice od aktinu je třeba ATP (energeticky náročné)
- dokud je přítomen Ca^{2+} a ATP v cytoplazmě, cyklus posunu myozinových vláken po aktinových vláknech pokračuje
- kontrakce je ukončena, pokud klesne koncentrace Ca^{2+} v cytoplazmě (Ca^{2+} je přečerpán z cytoplazmy Ca-ATPázou do sarkoplazmatického retikula)

Rigor mortis (posmrtná ztuhlost) – kvůli nedostatku ATP nedochází k odčerpání vápníku z cytoplazmy pomocí Ca-ATPázy
→ vznik pevné vazby aktinu a myozinu (ATP je potřeba také pro vyvázání hlavice myozinu z aktinu)



Prostorová sumace u kosterního svalu

Současná aktivace (nábor) většího počtu motorických jednotek

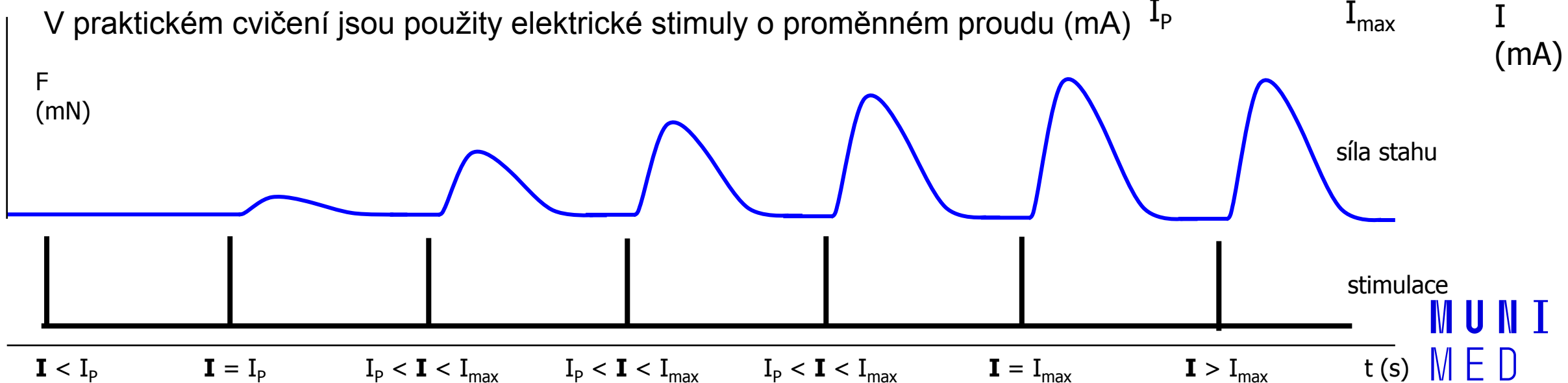
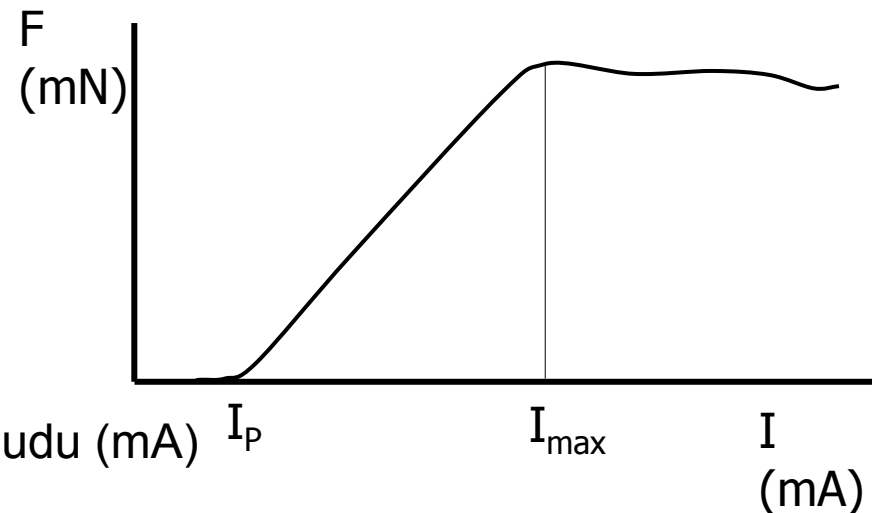
Princip:

čím větší podnět, tím větší počet motorických jednotek je nabrán.

I – intenzita podnětu

I_p – prahová intenzita podnětu – první svalová vlákna se začínají stahovat

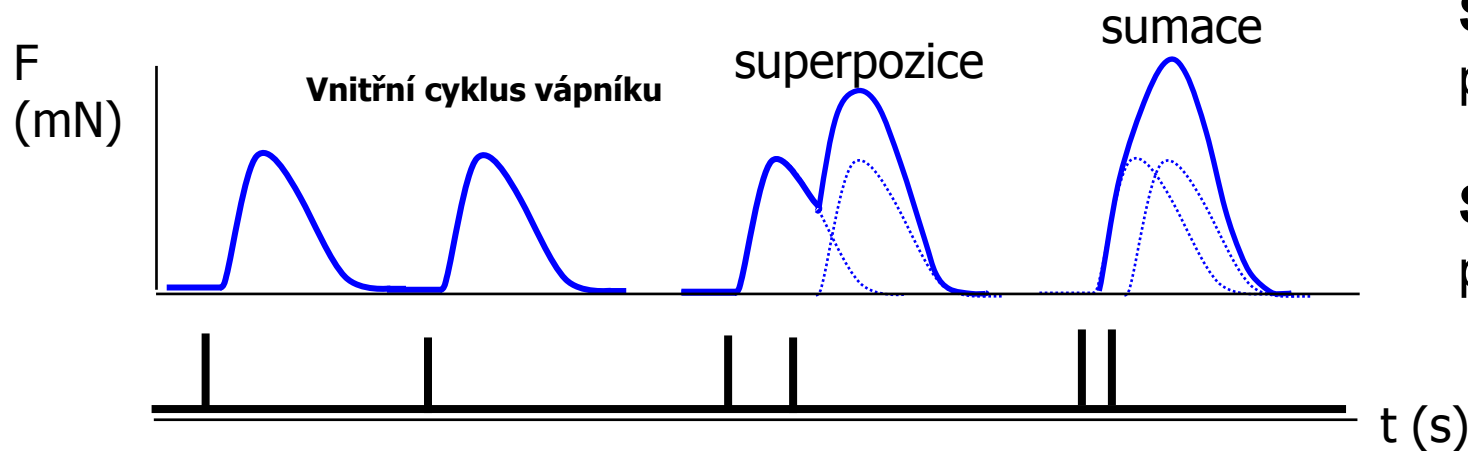
I_{max} – maximální intenzita podnětu – již jsou aktivované všechny motorické jednotky → zvyšování intenzity už nezvyší sílu stahu



Časová sumace u kosterního svalu

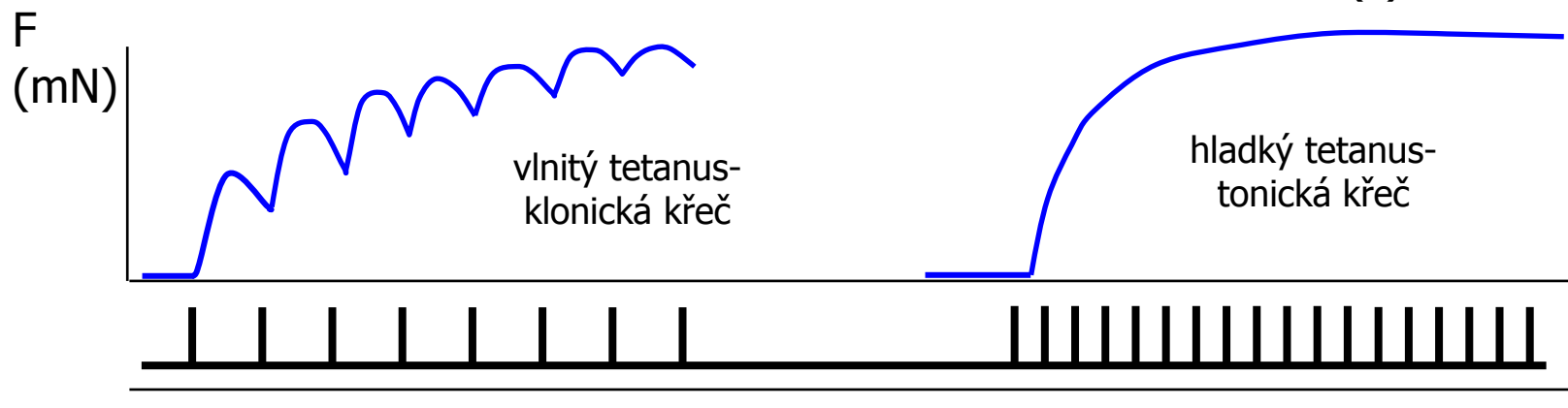
Síla stahu závisí na frekvenci podráždění svalového vlákna (čím vyšší frekvence podráždění, tím větší kontrakce)

Princip: Čím vyšší je frekvence podnětů, tím častěji dochází k vylití vápníku do cytoplazmy a tím méně je času na odčerpávání vápníku z cytoplazmy → vyšší koncentrace vápníku v cytoplazmě → větší síla stahu svalového vlákna



Superpozice – nastává, pokud druhý podnět přichází v čase relaxace vlákna

Sumace – nastává, pokud druhý podnět přichází ještě v čase kontrakce vlákna



Vlnitý (neúplný) tetanus – vzniká při sérii podnětů o frekvenci vedoucí k superpozici

Hladký (úplný) tetanus – vzniká při sérii podnětů o frekvenci vedoucí k sumaci