

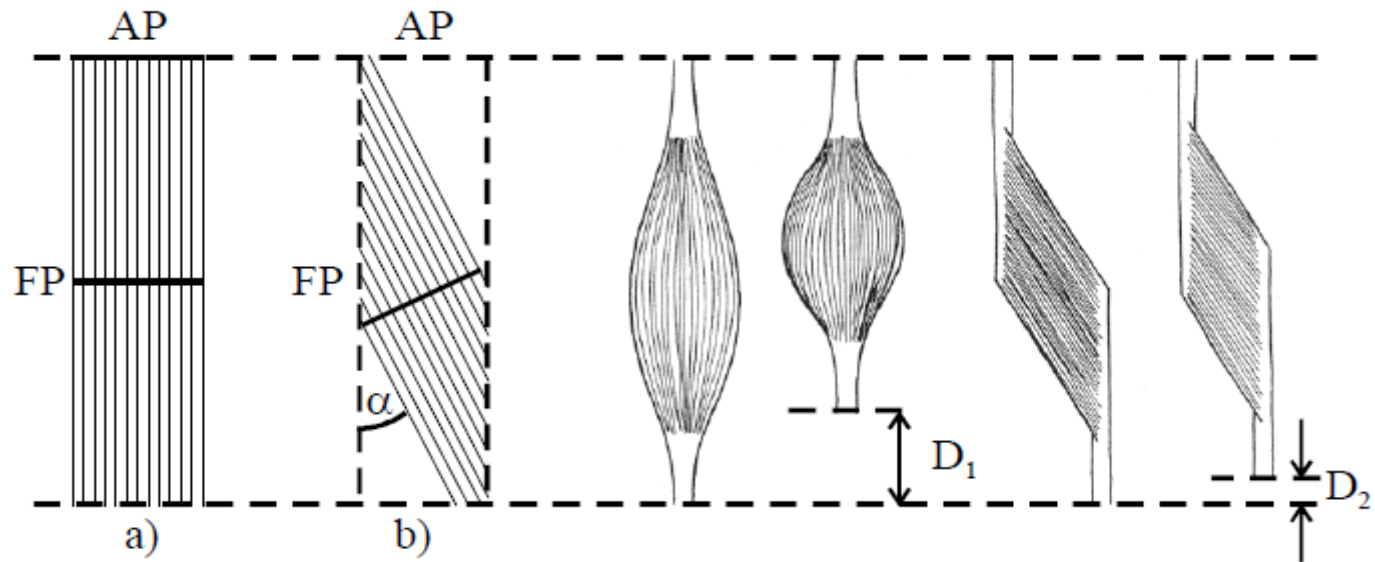
Mechanické vlastnosti kosterního svalu

KT

Obecné vlastnosti svalového subsystému

- iritabilita (dráždivost) – odpověď na podnět,
 - konduktivita (vodivost) – vedení vzruchu,
 - kontraktilita (stažlivost) – aktivní změna délky,
 - adaptabilita – přizpůsobení tvaru a možnost regenerace.
-
- Svalová redundance (nadbytečnost) – více svalů, než je teoreticky třeba – nahraditelnost, stabilita, odlehčení atd.

Architektura svalu



α – úhel zpeření
FP – velikost fyziologického průřezu
AP – velikost anatomického průřezu

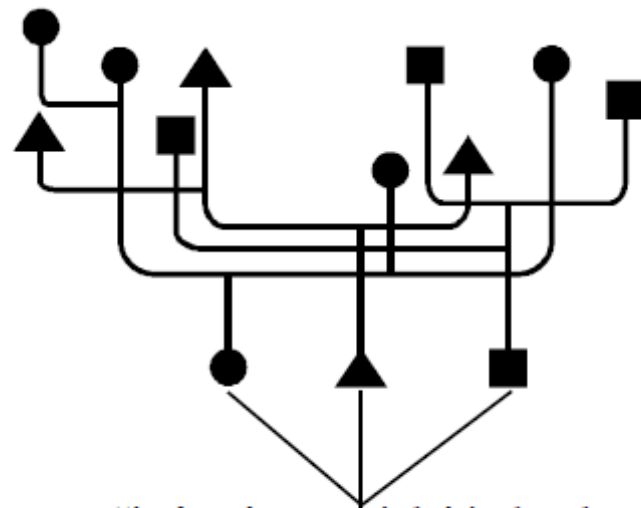
D_1 (D_2) – velikost zkrácení pro nezpeřený (zpeřený sval)

Nezpeřený sval - větší zkrácení

Zpeřený sval - větší síla

Motorická jednotka

- Skupina svalových vláken stejného typu inervovaná jedním motoneuronem (tři až tisíce)
- Nejmenší část svalu schopná nezávislé kontrakce
- Její vlákna rozptýlena po svalu mezi vlákny jiných motorických jednotek

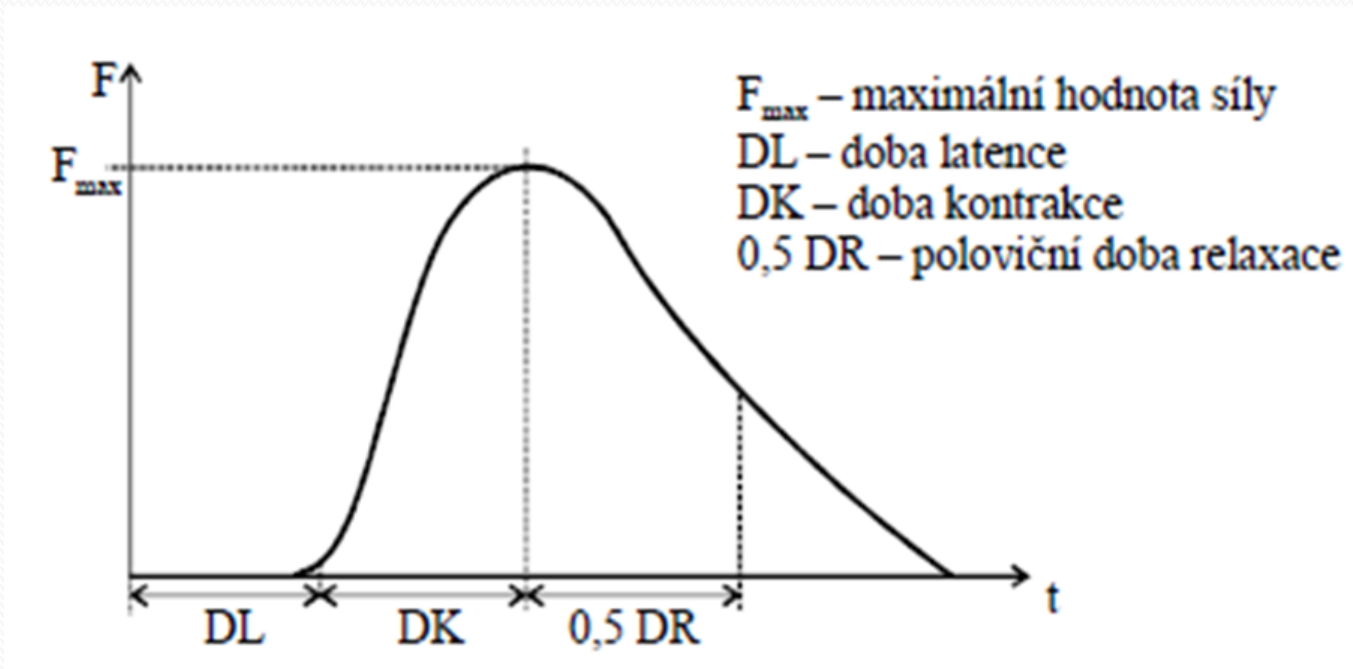


Tři různé motorické jednotky,
každá je tvořena vlákny stejného typu.

Aktivita motorické jednotky

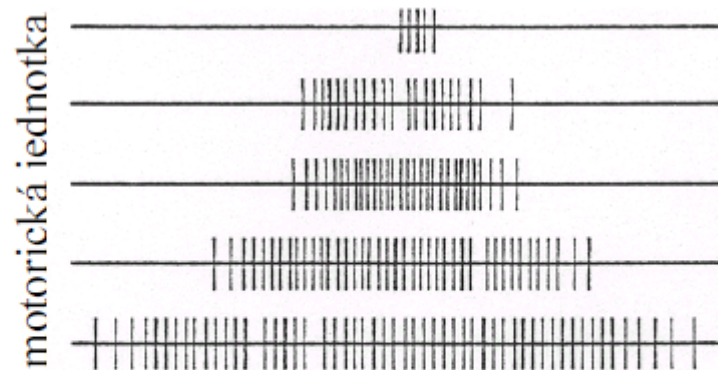
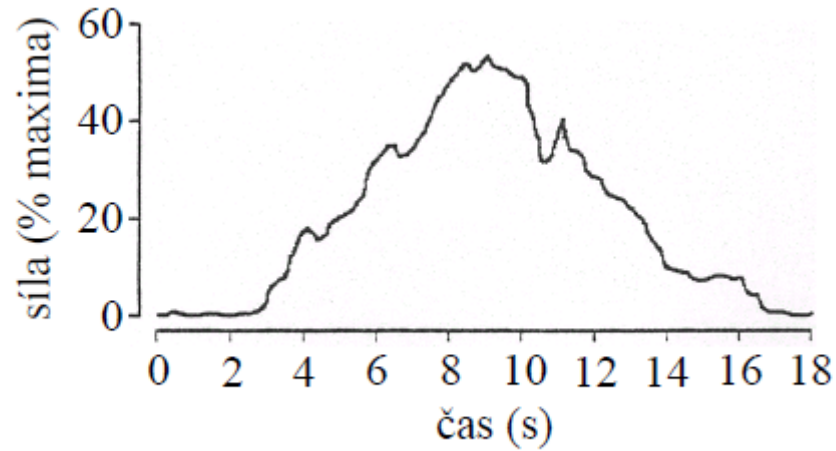
Princip „vše nebo nic“

Závislost síly na čase



Gradace svalového napětí

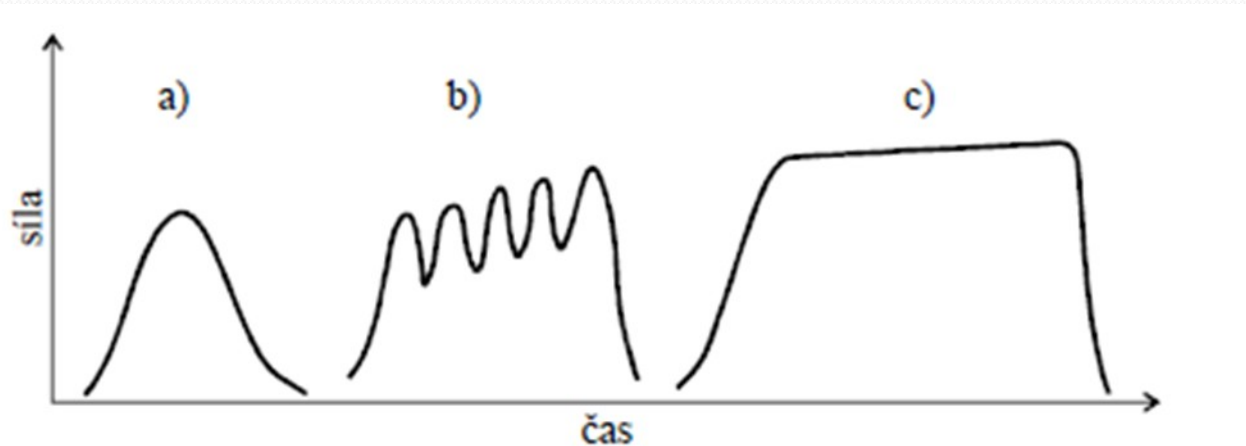
- Pro dosažení odpovídajícího napětí svalu jsou využívány principy prostorové a časové sumace, zapojovány jsou oba mechanismy
- **Prostorová sumace**
 - ke kontrakci motorických jednotek nedochází v jednom okamžiku, vzruch přichází do různých částí svalu fázově posunutý.
 - Podle nároku na sílu se aktivují další jednotky - **Adrian-Bronckův zákon**
 - První se pak odpojují ty, co se připojily jako poslední



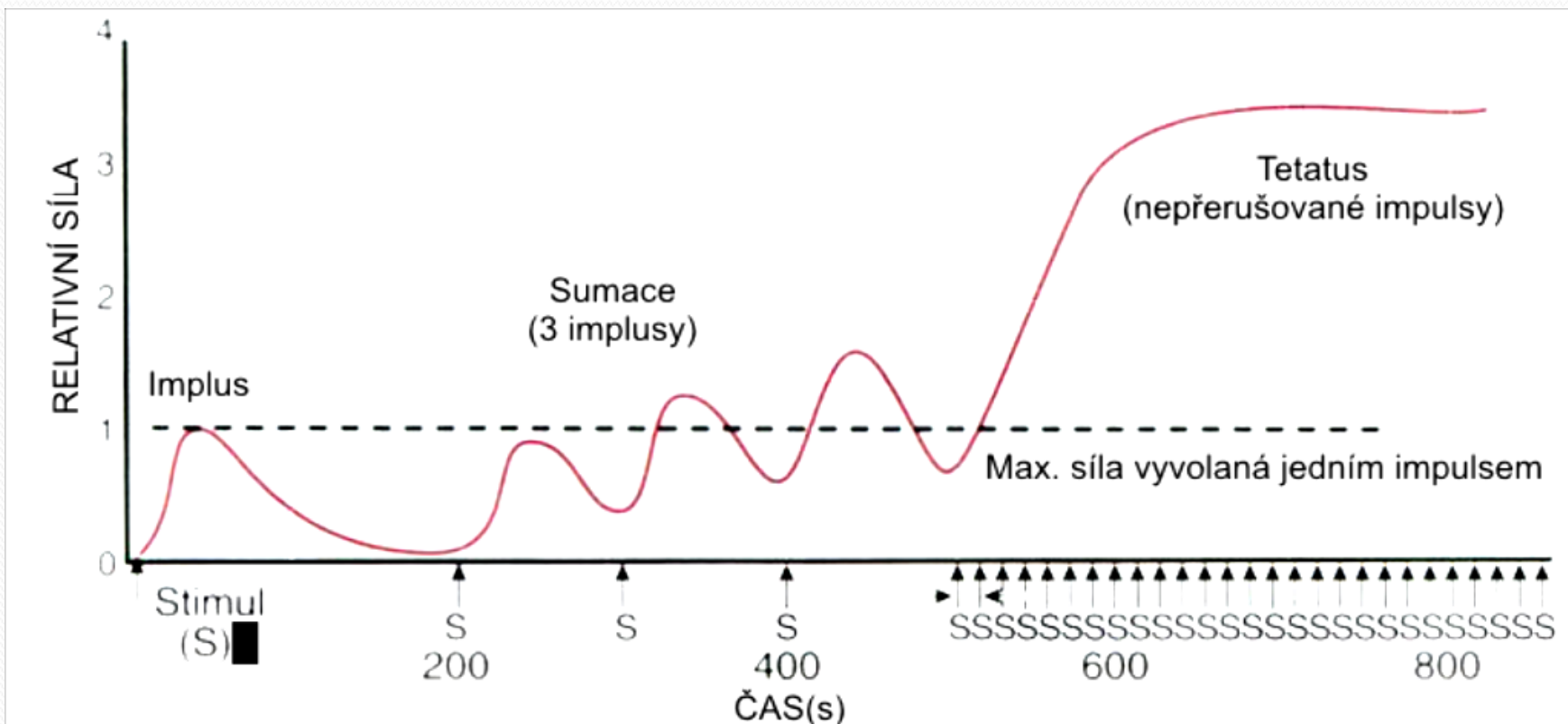
Princip prostorové sumace pro pět motorických jednotek
(upraveno podle Enoka, 2008)

• Časová sumace

- Zvýšení frekvence vzruchů aktivujících motorickou jednotku
- Postupně nedosahují úplné relaxace (7-10Hz) – neúplný tetanus
- Vyhlazení dílčích maxim(30 Hz) – hladký tetanus
- Pro kratší svaly je třeba vyšší frekvence pro dosažení maximální síly



Závislost síly na čase při záškubu (a), vlnitém tetanu (b) a hladkém tetanu (c)



Variace v tvorbě síly v závislosti na stimulační frekvenci (Kenney, Wilmore, & Costill, 1999).

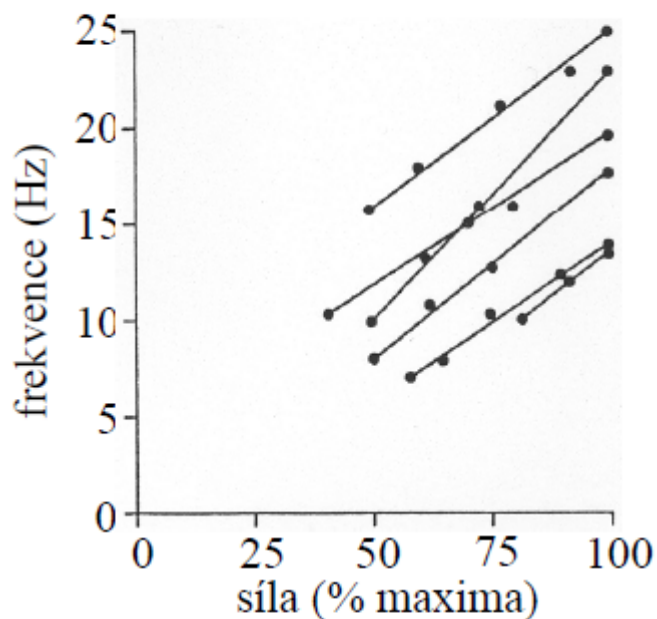
Gradace svalového napětí

- Zapojuvany oba mechanismy podle druhu pohybu, např.

<i>Úroveň svalového napětí</i>	<i>Způsob gradace</i>
10–30 %	Nárůst frekvence vzruchů 2–30(40) Hz u malého počtu motorických jednotek.
30–70 %	Nárůst počtu zapojených motorických jednotek.
70–100 %	Zvýšení frekvence vzruchů u zapojených motorických jednotek.

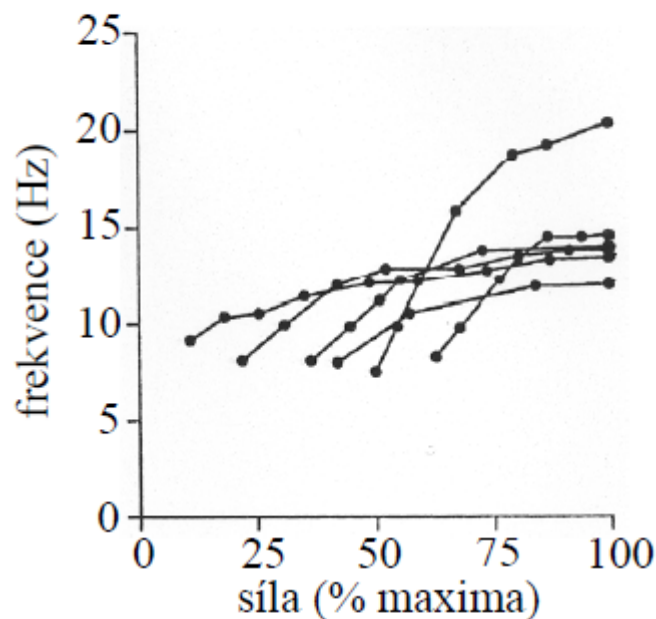
Pro fázičné svaly je vzťah medzi frekvenci a svalovou silou lineárni, pro tonické svaly je tato závislost nelineární, nárůst síly v závěrečné části je méně dynamický.

fázičné motorické jednotky



vhodnější v dynamických situacích

tonické motorické jednotky

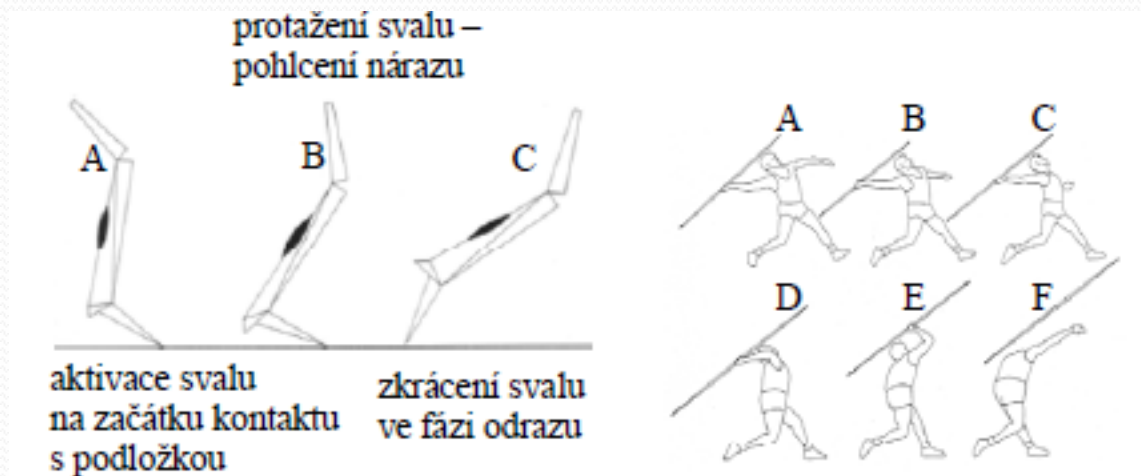


menší síla, menší unavitelnost

Obr. 4.8 Závislost mezi velikostí síly a frekvencí vzruchů pro tonické a fázičné motorické jednotky (upraveno podle Enoka, 2008)

SSC cyklus (stretch – shortening cycle = protahovací – zkracovací)

- Vnější energie, která způsobuje protažení elastických elementů, se ukládá ve svalech ve formě deformační energie.
- Po excentrické svalové kontrakci lze tuto energii využít pro zrychlení pohybu dané části těla při kontrakci koncentrické
- princip plyometrických cvičení

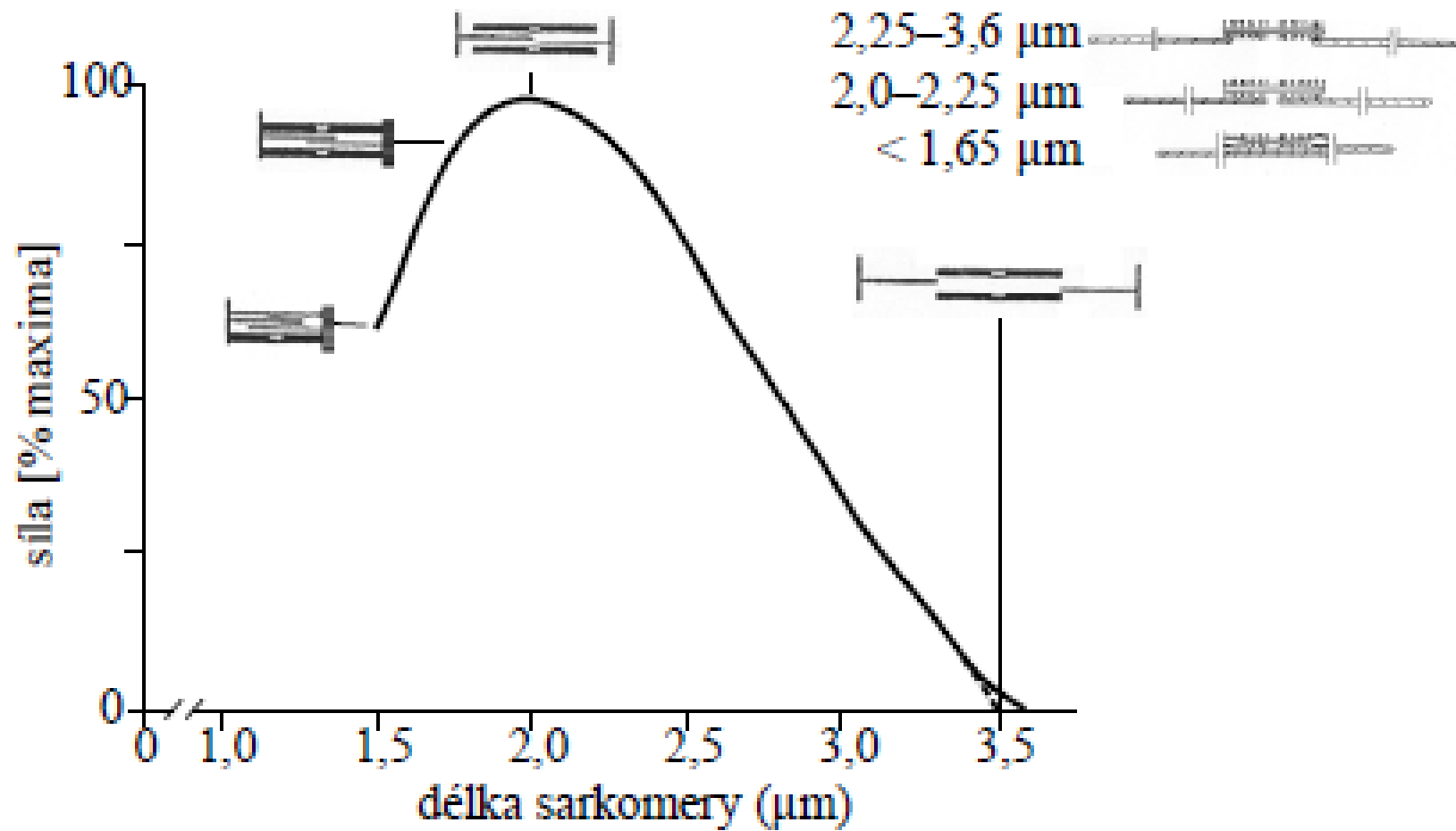


Závislost svalové síly na parametrech svalové kontrakce

- výsledná svalová síla je součtem aktivní a pasivní síly.
- aktivní síla je určena počtem příčných můstků, počáteční délkou svalových vláken, rychlostí kontrakce, plochou fyziologického příčného průřezu
- pasivní síla závisí na tření v kloubu; odporu vazů, kloubního pouzdra a kůže; stlačování a protahování interartikulárních prvků

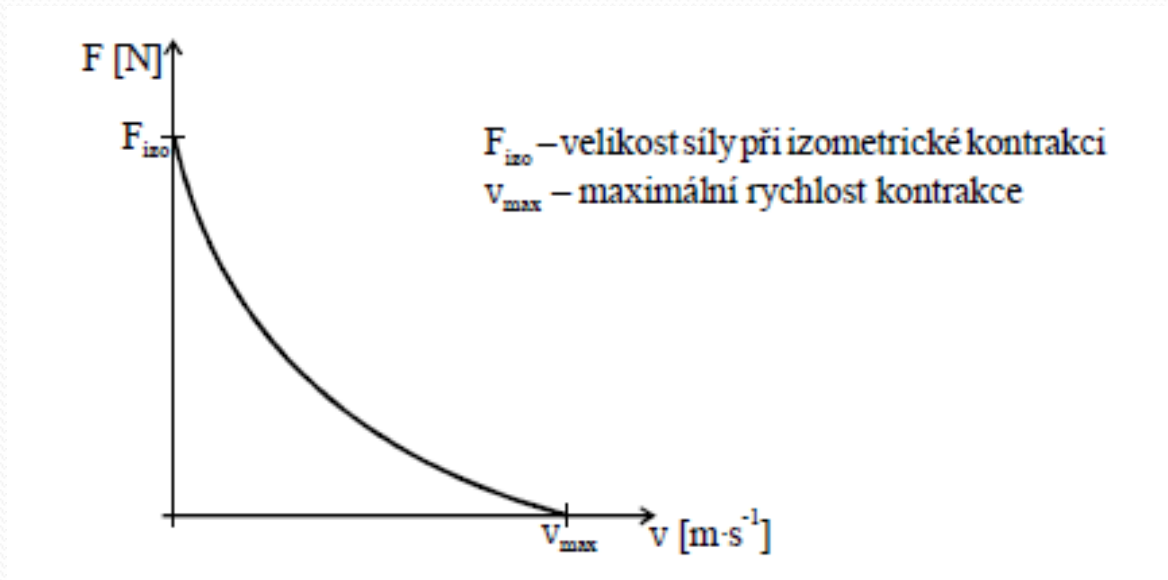
Velikost síly vs. délka sarkomery

- Maximálního napětí svalového vlákna je dosaženo při délce sarkomery kolem 2,0 až 2,5 μm , kdy je vytvořen maximální počet příčných můstků.
- Při zmenšení délky sarkomery pod 2 μm se aktivní napětí snižuje, protože dochází k překrytí tenkých filament na opačných koncích sarkomery, které jsou opačně polarizované.
- S dalším zmenšením délky je pokles napětí strmý



Velikost síly vs. rychlost kontrakce

- S rostoucí rychlostí kontrakce se zmenšuje velikost vyvíjené síly

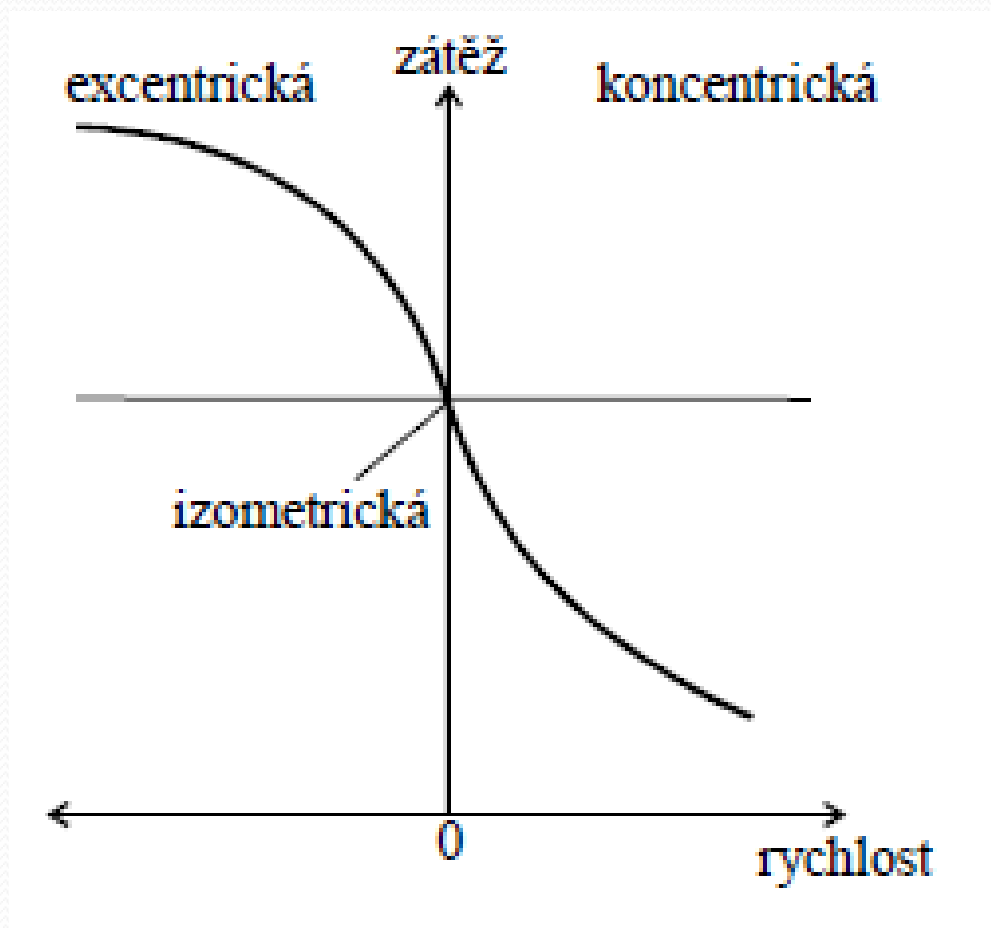


- **Výkon svalu při svalové kontrakci**

- Maximální výkon je dosažen při zatížení svalu, které odpovídá asi 1/3 velikosti maximální síly při izometrické kontrakci.

- **Účinnost svalu**

- Přibližně 20 %



Mechanické vlastnosti svalu

- Faktory: věk, pohlaví, zdravotní stav, denní doba (vliv hormonů), stupeň trénovanosti svalu, teplota atd.
- Pevnost
 - pro lidský sval mezi 0,26 až 0,90 MPa.
 - pevnost maximálně kontrahovaného svalu – je rozdílná pro různé svaly, přibližná hodnota se pohybuje kolem 1,25 MPa (50–100x menší než u šlach)
 - k nevratným změnám (deformaci) dochází po protažení svalu o 40–50 % klidové (fyziologické) délky.
 - přetržení svalu nastává až po změně klidové délky svalu na 1,5 až dvojnásobek.