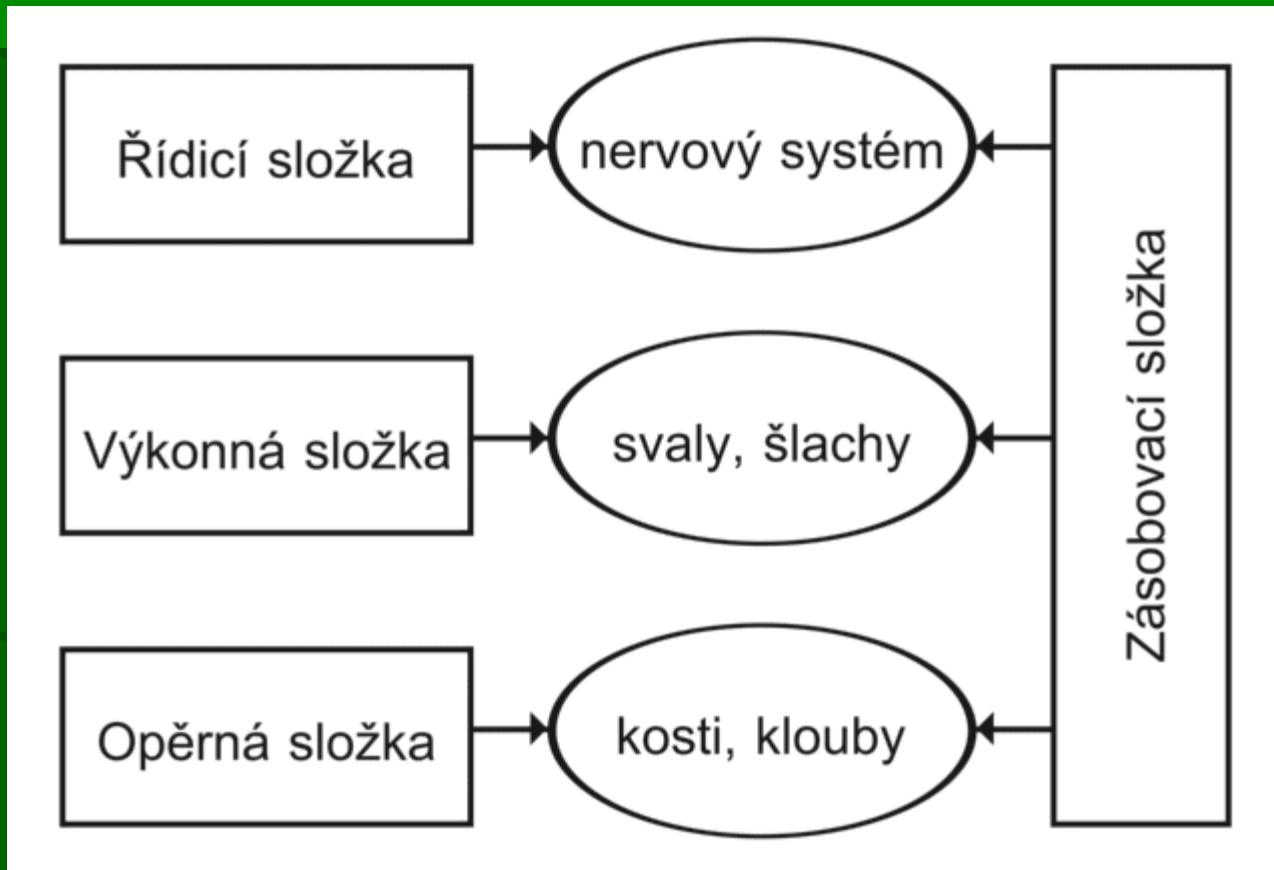


Biologický základ biomechaniky

Funkční složky pohybového systému



Pasivní subsystémy

- *kosterní soustava (více než 200 kostí)*
- + *mezilehlé prvky (šlachy, vazy, chrupavky, klouby)*

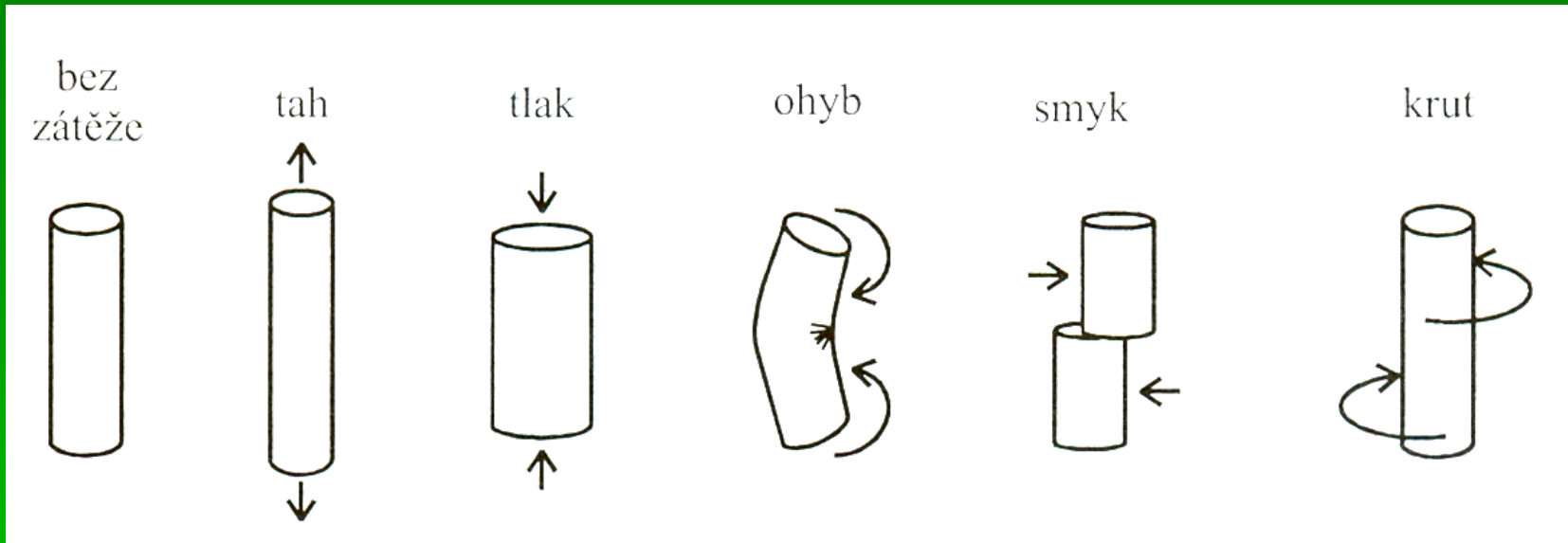
Hlavní funkce pasivního systému:

- slouží jako konstrukční prvky,
- vytvářejí mechanickou podporu,
- umožňují přenos mechanické energie,
- akumulují mechanickou energii,
- chrání vnitřní orgány před mechanickým poškozením.

Mechanické vlastnosti kostí

- Mechanická impedance (odolnost) tkání vůči mechanickému namáhání: pevnost, tvrdost, tuhost, pružnost
- Kosti: nehomogenní, anizotropní

Namáhání kostní tkáně



Stehenní kost:

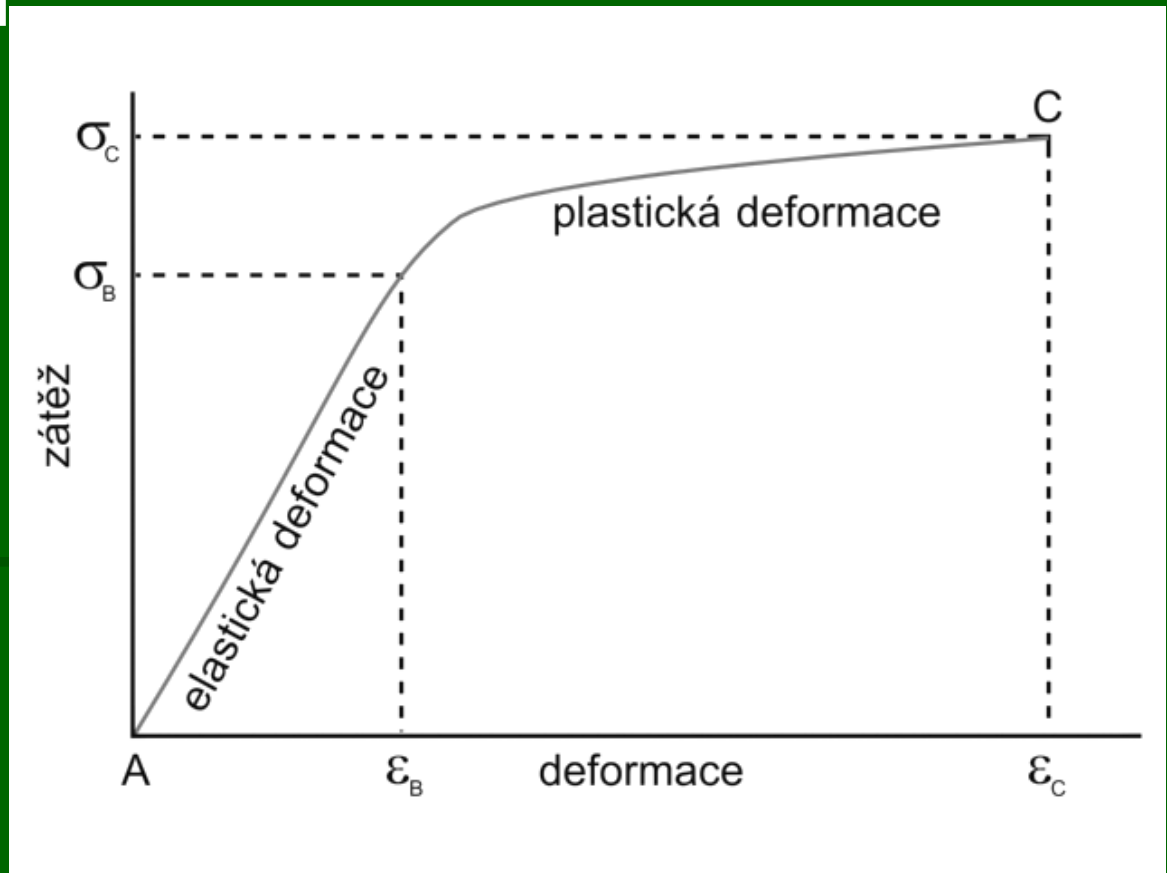
Tlak ve směru podélné osy – 187 MPa

Tah ve směru podélné osy – 132 MPa

Smyk – 58 MPa

Pružnost

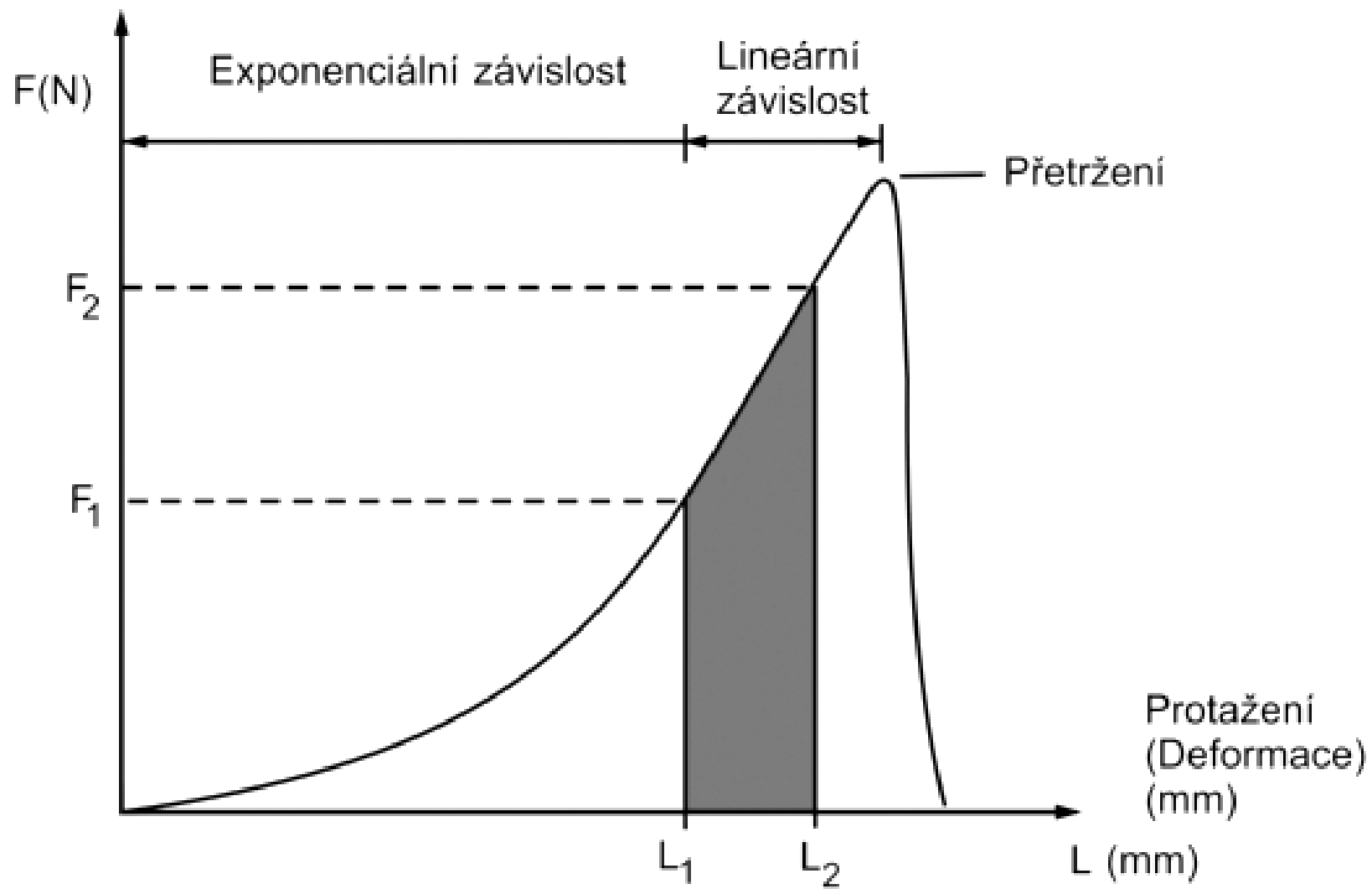
- Youngův modul pružnosti
- Mez pružnosti
- Mez pevnosti



Tkáň	Mez pevnosti [MPa]
Diafýza femuru – podélně	170 – 209 (tlak) (7500 N) 132 – 133 (tah)
Diafýza femuru - krut	133
Tibie	195 – 204 (tlak) (5000 N) 157 (tah)
Fibula	125 (tlak)
Humerus	136 (tlak) (6000 N)
Radius	117 (tlak)
Ulna	126 (tlak)

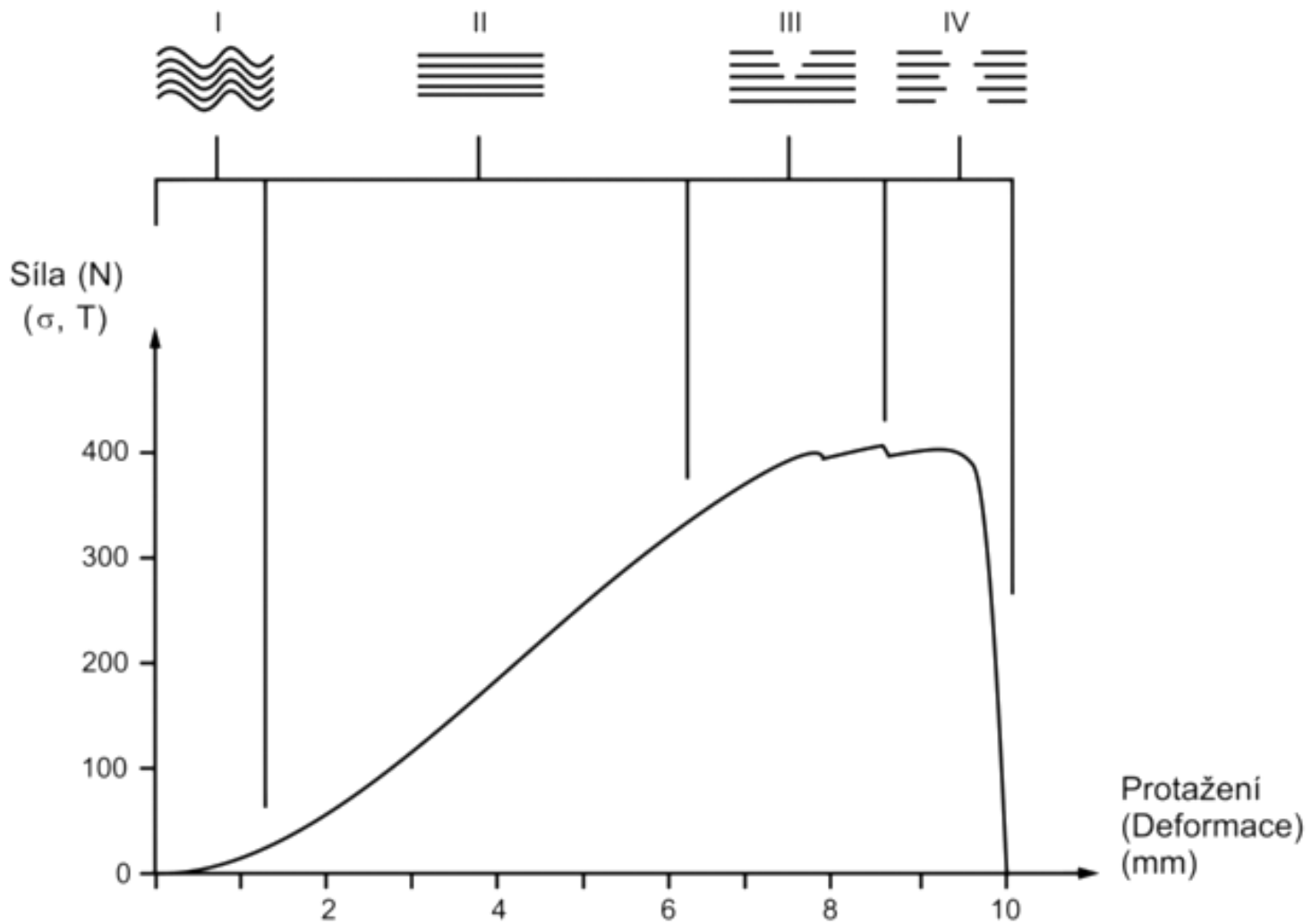
Šlachy

- Fce – přenos síly ze svalu na kost a uložení elastické energie
- Nelineární elastické struktury
- Pružnost – protažení o 10% své původní délky
- Pevnost - čtyřnásobně vyšší, než je maximální izometrický tah odpovídajícího svalu (mez pevnosti asi 100 MPa)
- Tuhost – fce prodloužení (malé Δl – nízká tuhost, s rostoucí Δl roste tuhost, v lineární části tuhost konst.)



Vazy

- Fce – stabilizace kloubů, usměrnění pohybu kloubů, vymezení jeho pohyblivosti
- Elastinová vlákna (pružná – Δl až 150%, nízká pevnost – 3 MPa)
- Kolagenní vlákna (nehomogenní, pružnost 4 - 10%, mez pevnosti 50 – 100 MPa)
- Tuhost vazy se mění nelineárně v závislosti na velikosti síly

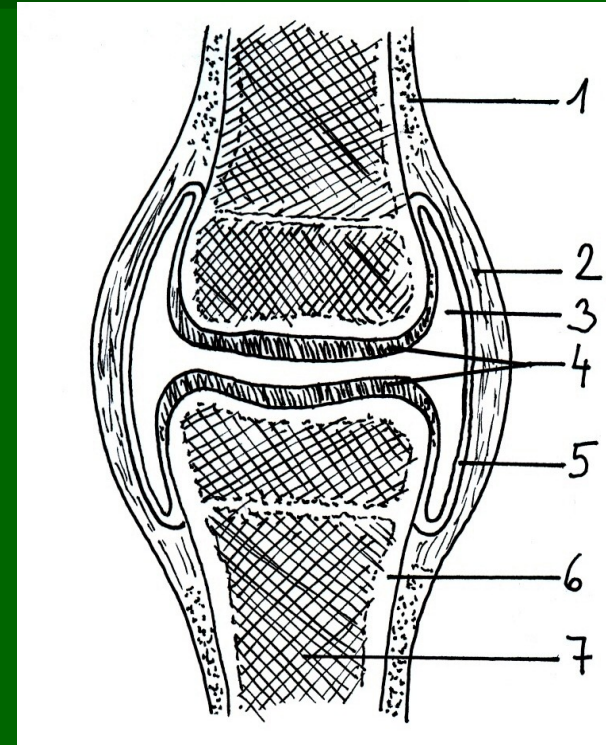


Typická závislost síla – protažení kosterního vazů s rovnoběžnými vlákny

Po vyrovnání kolagenních vláken dochází ke zpevnění vazů (lineární část, oblast II). Poté dochází k přetržení jednotlivých vláken (oblast III), síla je přerozdělena na zbývající vlákna a dochází k postupnému šíření trhliny a k přetržení vazů.

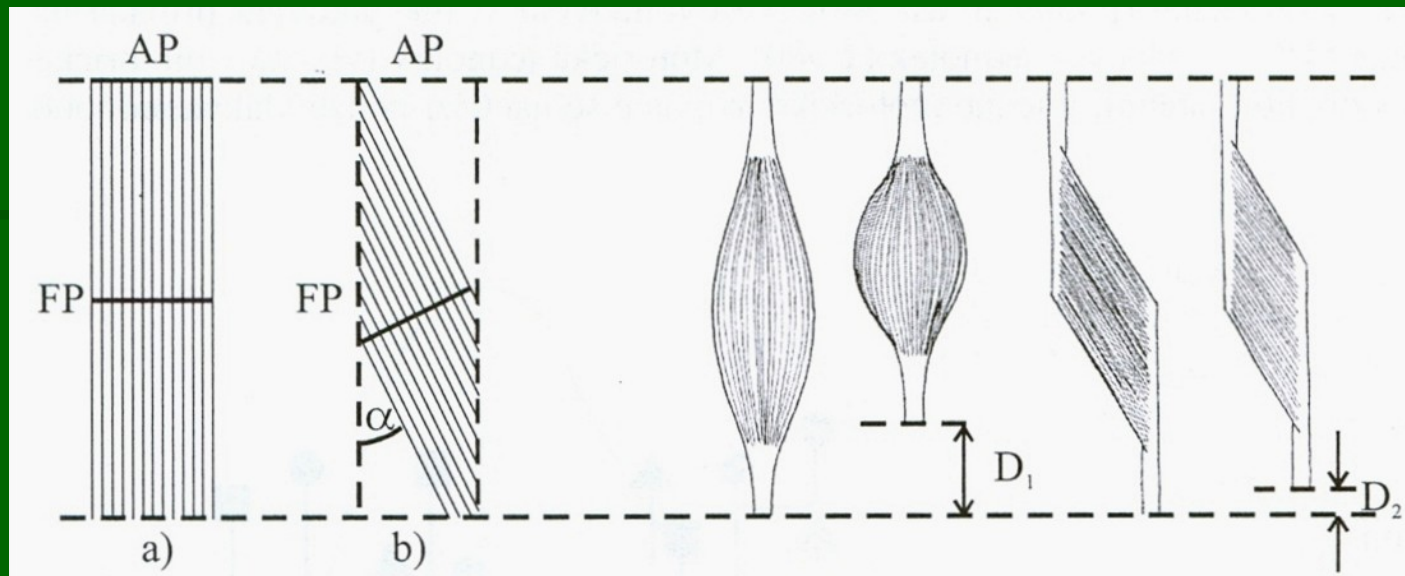
Kloubní spojení

- Nepřerušovaná (nepohyblivá) – polopevné spojení vazivovou tkání
- Přerušovaná (pohyblivá) – kloub, vazivové kloubní pouzdro, na vnitřní straně pouzdra synoviální vrstva (kloubní maz – synovie) – minimalizace tření mezi hlavicí a jamkou
- Styčné plochy – fce chrupavky: tlumení nárazů, přenos tlaku z jedné kosti na druhou, rozložení působících sil a svojí plasticitou vyrovnává nerovnosti dotykových kloubních ploch (zatížení x odlehčení chrupavky – proudění kloubního mazu)



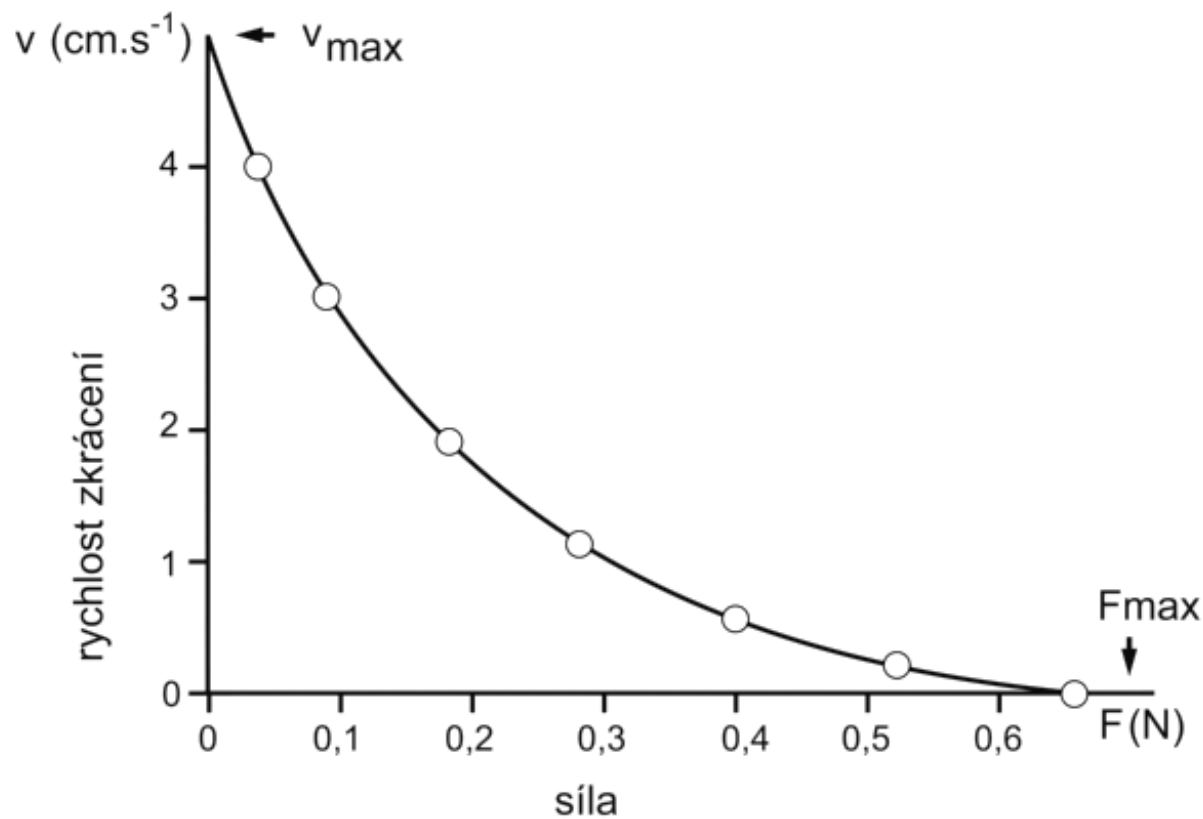
Aktivní svalový subsystém

- Asi 600 svalů
- Muži – 36 % hmotnosti, ženy - 32 % hmotnosti, sportovci až 45 % hmotnosti
- Svaly zpeřené x nezpeřené – vliv na svalovou sílu

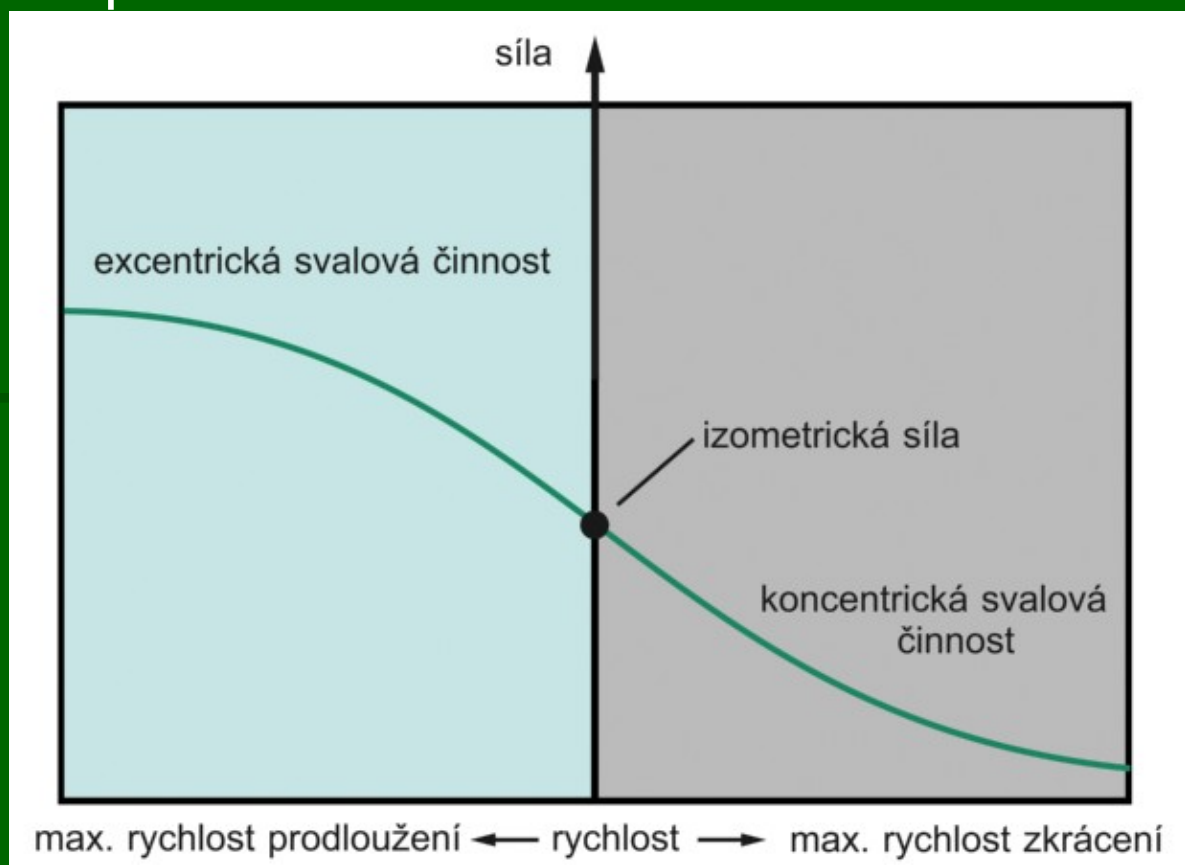


Svalová kontrakce

- K. anizometrická - Koncentrická
- zrychlující účinek na segment,
- Δl 30 – 50 – 70 %, průměrně 57 %. Menší, než max. izometrická síla.
- Vztah mezi silou a rychlostí kontrakce: (optimum na 30%)



- **K. anizometrická – excentrická**
- brzdící účinek (amortizační)
- Příčina – antagonist a či vnější síla
- Svaly energii absorbují, ukládají se ve formě deformační energie (potenciální energie pružnosti) – následné využití při koncentrické kontrakci



- **K. izometrická** - statická činnost
- **K. izotonická** - nemění se napětí, může být izometrická i anizometrická

- **Síla svalového stahu:**

- plocha fyziologického příčného řezu,
- délka svalového vlákna,
- celková svalová masa
- jsou základní morfologické determinanty maximální síly, rychlosti a výkonu svalu.

(1 cm² - 25 N, neboli sval o tloušťce tužky zvedne asi 800 g.)

Mechanické vlastnosti svalů

- Pevnost svalu v tahu v klidu - 0,26 až 0,90 MPa
- K nevratným změnám ve svalu dochází po protažení o 40 - 50% klidové (fyziologické) délky (mez pružnosti)
- Přetržení svalu nastává až po změně klidové délky svalu na 1,5 až dvojnásobek (mez pevnosti maximálně kontrahovaného svalu – asi 1,25 MPa, tedy 50 – 100 méně než u šlach)
- Účinnost svalové práce je asi 20%, 80% energie se mění na teplo.

Řídící subsystém

- Sval je inervovaný pomocí nervových vláken, které jsou trojího druhu: motorické, senzitivní a autonomní.
- Senzitivní (dostředivé, aferentní) – impulsy z receptorů (šlachy, svaly, kůže) do CNS
- Motorické (odstředivé, eferentní) – impulsy z CNS, motorická jednotka – svalová vlákna inervovaná jedním motoneuronem
- Autonomní končí ve stěnách svalových tepének, zabezpečují průtok krve.