

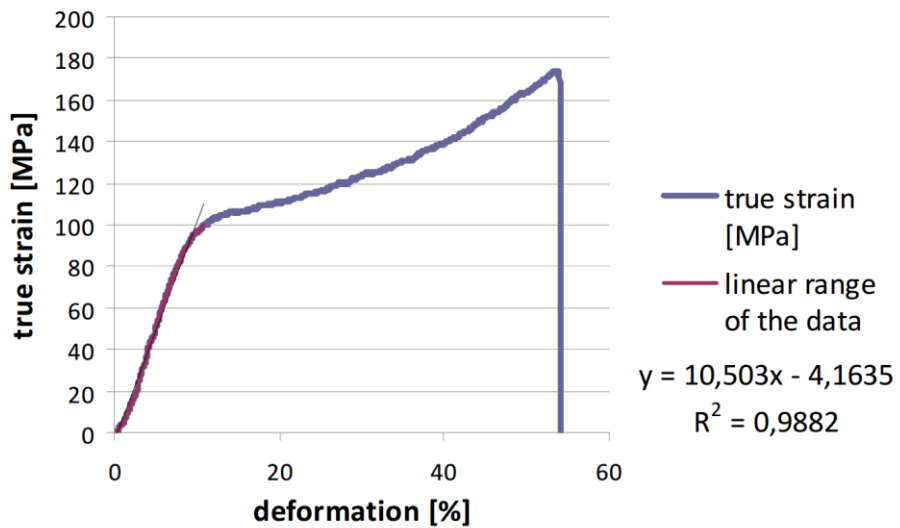
BIOMECHANIKA

Testování mechanických vlastností svalů

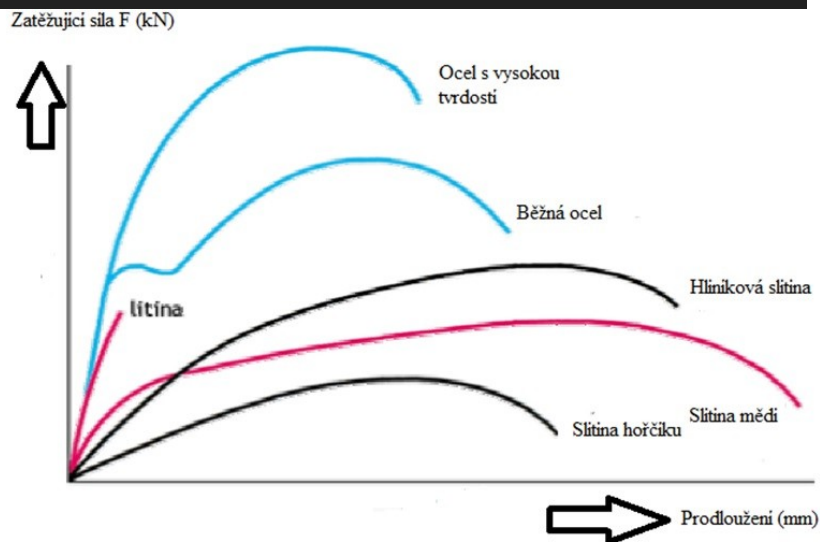
VÝZKUMY

- In vivo – pozorování v živém organismu v přírodních podmínkách
- In vitro – pozorování, kultivace v laboratorních podmínkách
- Post mortem – výzkum na tkáních získaných po smrti
- Ex vivo – testovaný vzorek byl vyjmut z organismu

zkoušky v tahu, tlaku, ohybu a smyku



Tahová a trhací zkouška



Myotonometrie

- Svalové napětí vzniká ve spojení s autonomním vegetativním systémem. Pojem svalový tonus můžeme tedy chápat jako každý stav napětí svalu, který nebyl vyvolán volným úsilím, tedy úmyslně.
- S výjimkou uvolněného svalu pak většina změn tonu vykazuje změny elektrické aktivity.
- Biomechanickou složku můžeme dále rozlišit na dvojí svalový tonus podle toho, čím je podmíněn. Buď se jedná o napětí kontraktilní struktury svalu, nebo o tonus vazivové složky. V biomechanice svalového tonu se zapojují i šlachy, klouby a vazy.
- Klidový tonus (elastické struktury svalu) x reflexní tonus (slabá izometrická kontrakce, připravenost k náhlé kontrakci)

Dělení svalového tonu

- atonie
- hypotonický sval (flakcidní, chabý)
- sval s normálním tonem (normotonie, eotonie)
- hypertonický sval (spastický)



Vyšetření svalového tonu

- Ve stavu klidu nejsou sice motoneurony aktivní (EMG klid), ale určité napětí ve svalu je přesto přítomno – jehlovou EMG obtížně zachytitelné
- K hodnocení svalového tonu používáme jak **aspekce**, tak **palpace**.
- **Aspekci** se jeví břicho hypotonického svalu ploší (méně se vyklenuje nad okolí) než u svalu normotonického. U hypertonického svalu se naopak břicho „příliš rýsuje a vyklenuje nad okolí“.
- Při **palpaci** se hypotonický sval snadno posouvá proti spodině, „sval vlaje jako hadr“ a je měkčí a nepružný. Hypertonický sval je pružnější a více se brání změně (Véle, 1997).

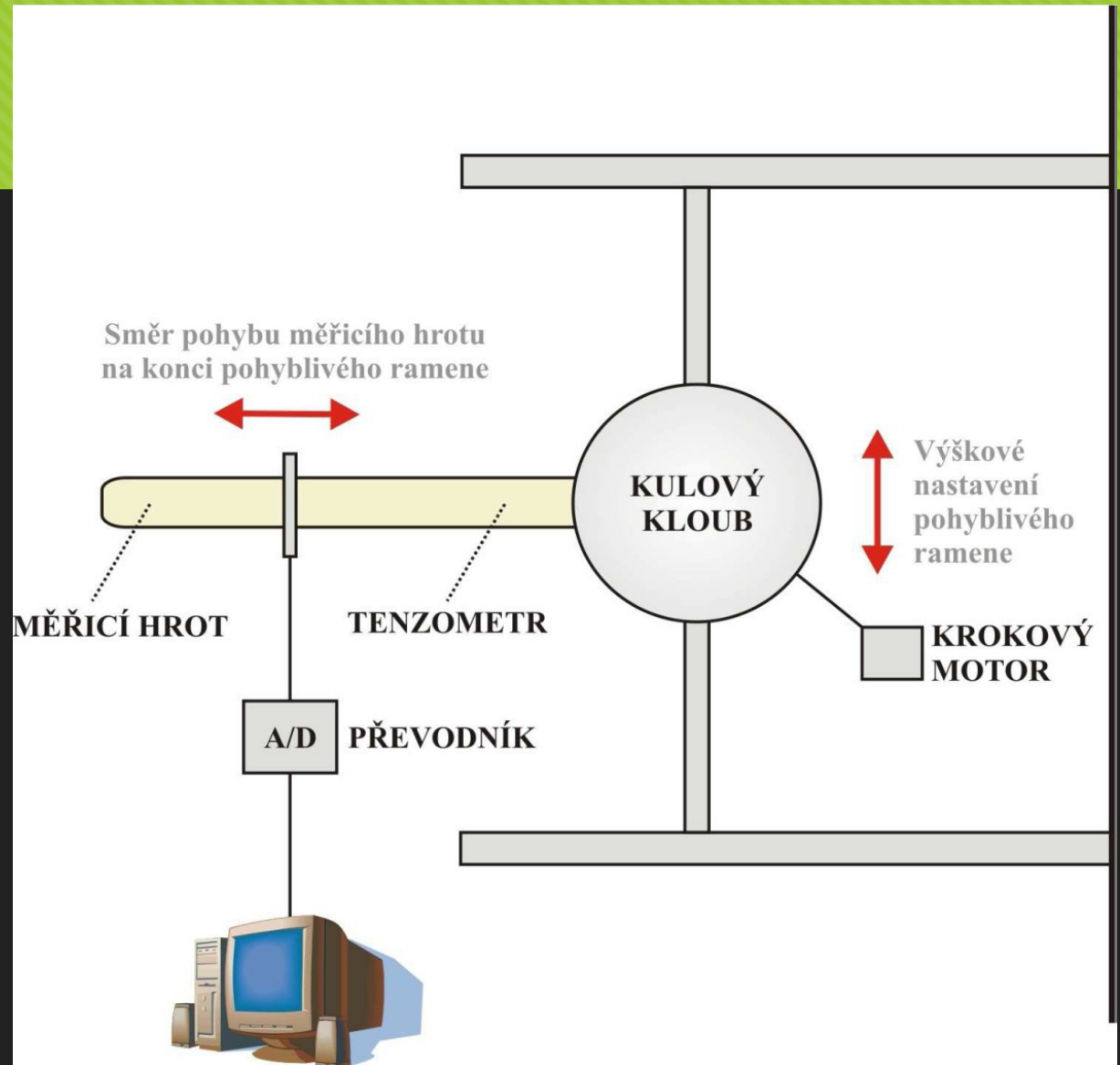
Myotonometr

- neinvazivně měřit svalové napětí a simuluje tak palpaci svalu
- zobrazení velikosti odporu tkáně v závislosti na hloubce zanoření měřícího hrotu do zkoumané tkáně
- zaznamenává závislost napětí na deformaci měkkých tkání znázorněnou hysterezní křivkou

Myotonometr Centra sportovní medicíny FP Technické univerzity v Liberci:

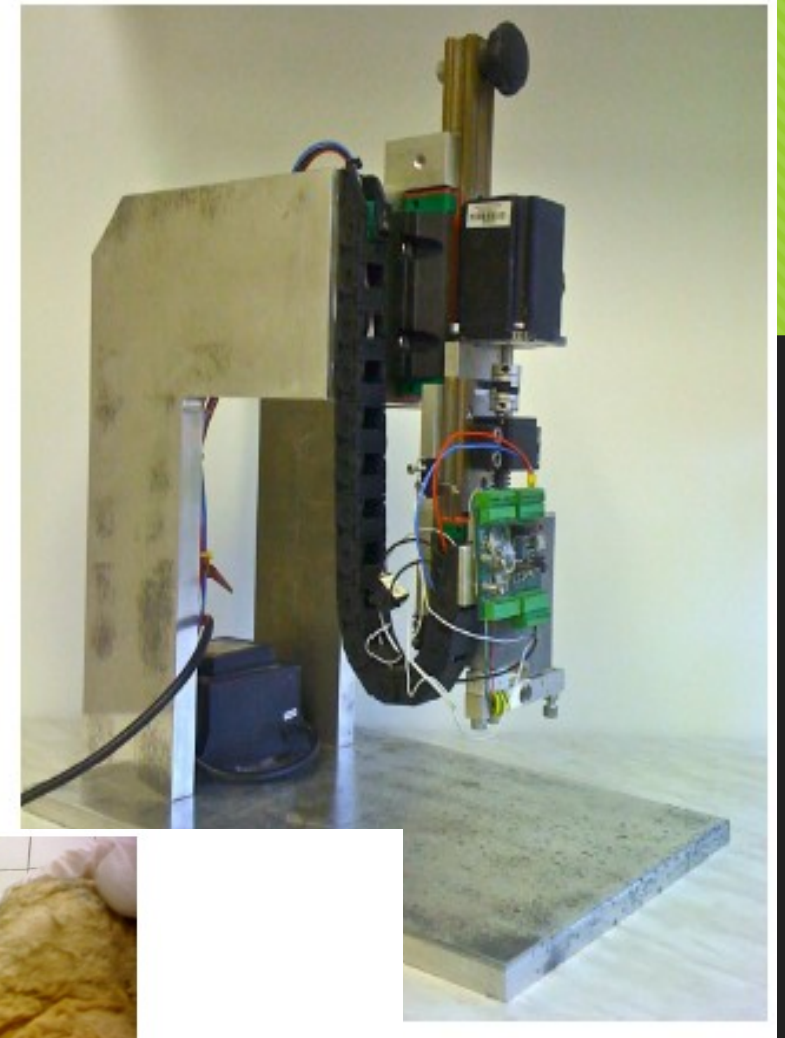
- Základní prvek představuje tenzometrický snímač připevněný na pohyblivé rameno s měřícím hrotem o ploše 3,7 cm².
- měření probíhá prostřednictvím zasunutí či vysunutí ramene nejprve do a následně z měkkých tkání po dráze 32 mm oběma směry
- Maximální možná měřitelná síla působící přes měřící hrot na tenzometr je 110 N, při rozlišení 0,43 N a přesnosti $\pm 1\%$.

- Výstupem měření jsou hodnoty tenzometru a snímače polohy zapsané v časové závislosti do jednoduchého souboru.





Obr. č. 8: Myotonometrie Achillovy šlachy in vivo (vlastní fotografie)



Obrázek č. 9: Myotonometrie Achillovy šlachy post mortem (vlastní fotografie)

- Maximální hloubka zanoření byla v tomto výzkumu Achillovy šlachy a trojhlavého svalu lýtkového stanovena na 2,52 cm (in vivo).

- Měření svalového napětí (zjištění příčiny bolesti)
- Objektivizace metod uvolnění svalového napětí (masáž, sauna, kineziotaping, spánek, mobilizační techniky, ...)
- je možné hodnotit nejen svalové napětí, ale lze poznat i to, co měříme. Jestli tuk, podkoží, vazivo nebo sval přeměněný ve vazivovou tkáň.

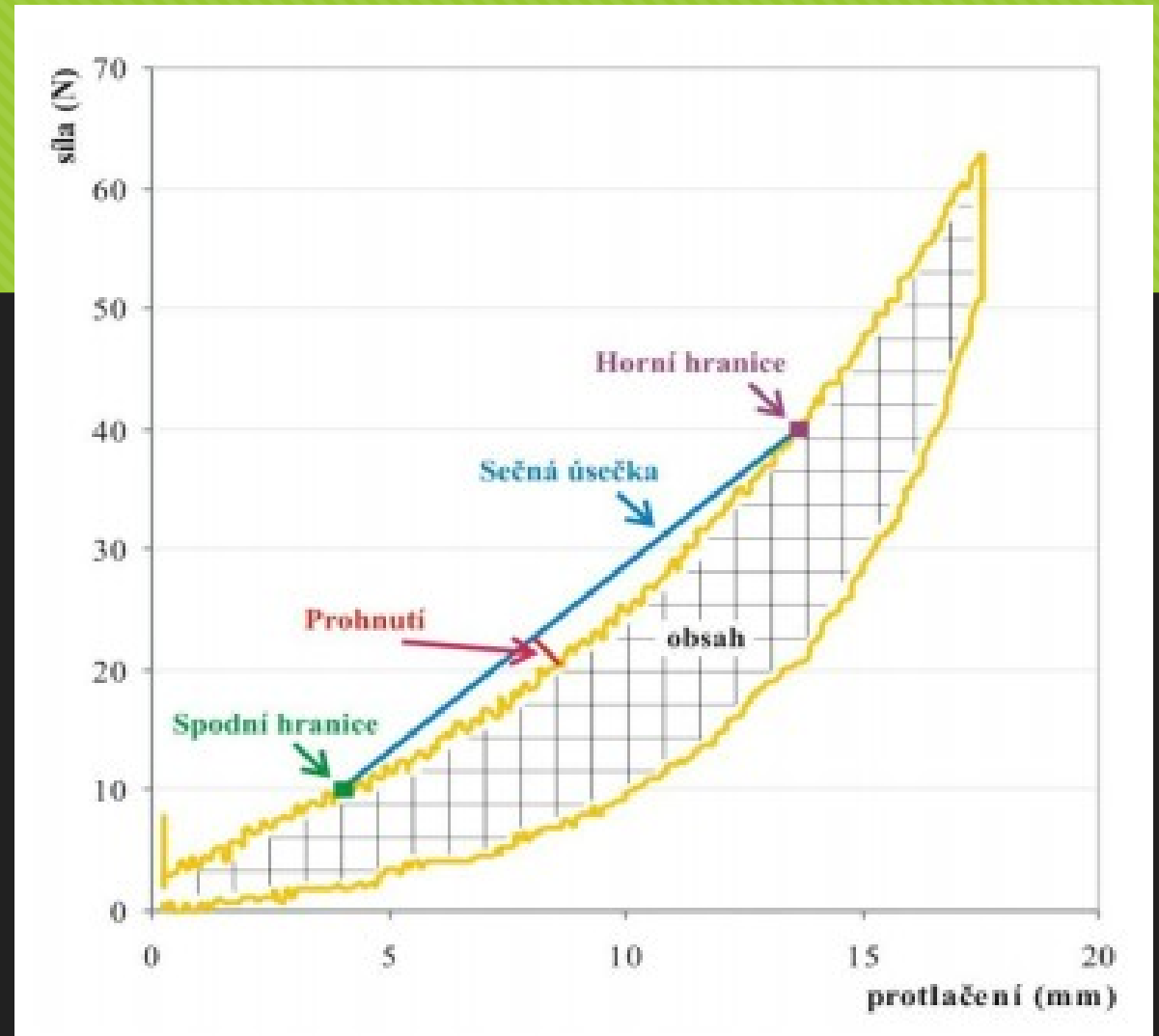


Hysterezní křivka

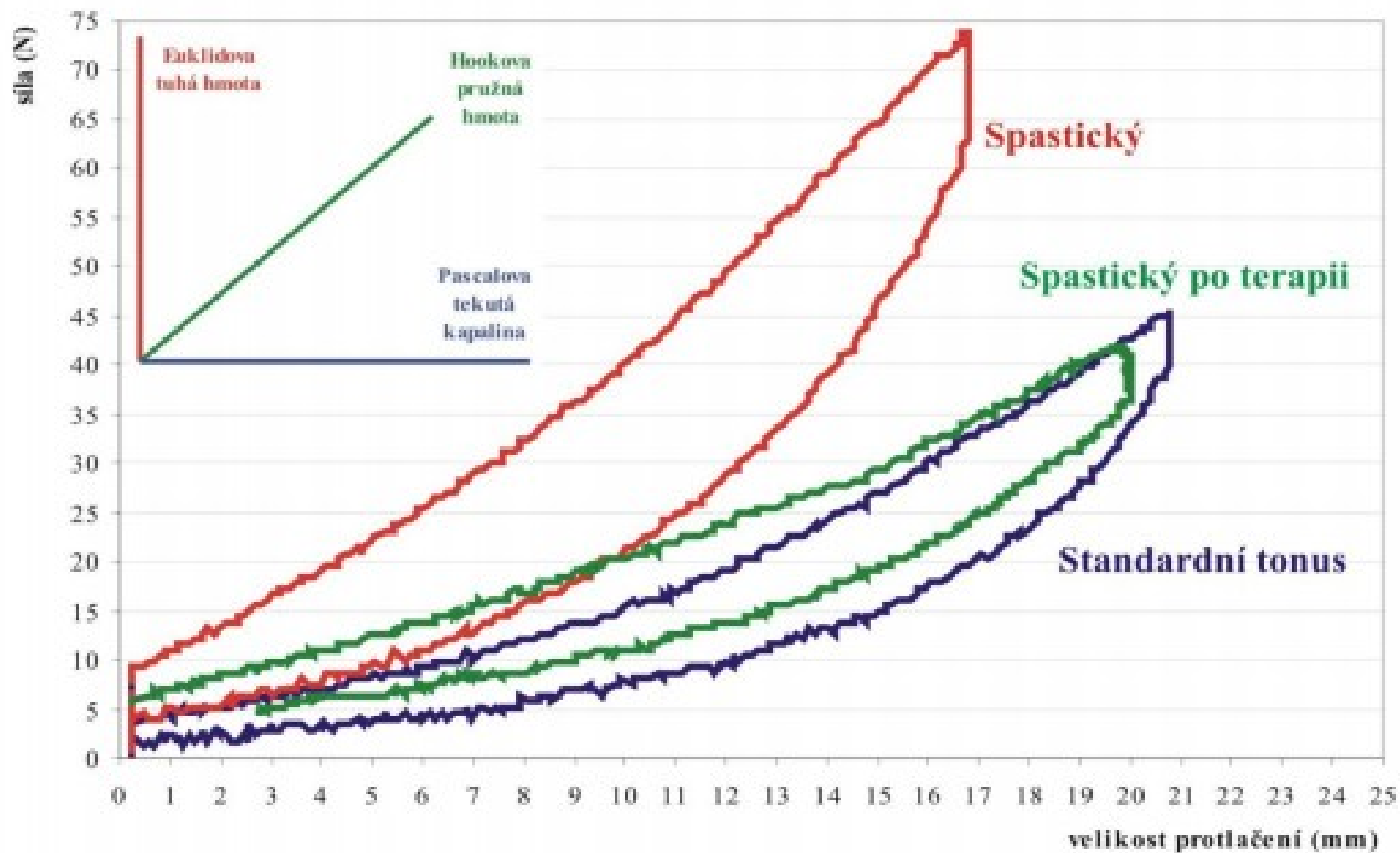
- **Hystereze** je označení pro takové **chování dynamického systému**, kdy výstupní veličina nezávisí jen na nezávisle proměnné vstupní veličině, ale i na předchozím stavu systému (tzv. „paměťový efekt“ systému). Projevuje se tedy jako obecná vlastnost dynamických systémů v různých oborech. Chceme-li předpovědět budoucí vývoj systému, musíme znát buď jeho **vnitřní stav**, anebo **posloupnost minulých stavů**.
- Hysterezní křivku lze použít pro relevantní popis **viskoelastických** vlastností tkání (tuhosti a elasticity), respektive pro popis **změn svalového napětí**

Hodnocení křivky

- **Strmost křivky:** Čím je křivka strmější, tím tužší a „více patologický“ je sledovaný sval
- **Prohnutí vzestupující křivky** (charakterizováno úhlem ϕ : Čím víc je křivka prohnutá, tím víc je sval elastičtější a zároveň „zdravější“.
- **Obsah hysterezní smyčky:** Čím více se sval přibližuje fyziologickým podmínkám, tím méně často dochází k disipaci energie. Čím více je sval spastický, tím dochází k větším ztrátám mechanické energie, a tudíž bude obsah hysterezní smyčky větší.

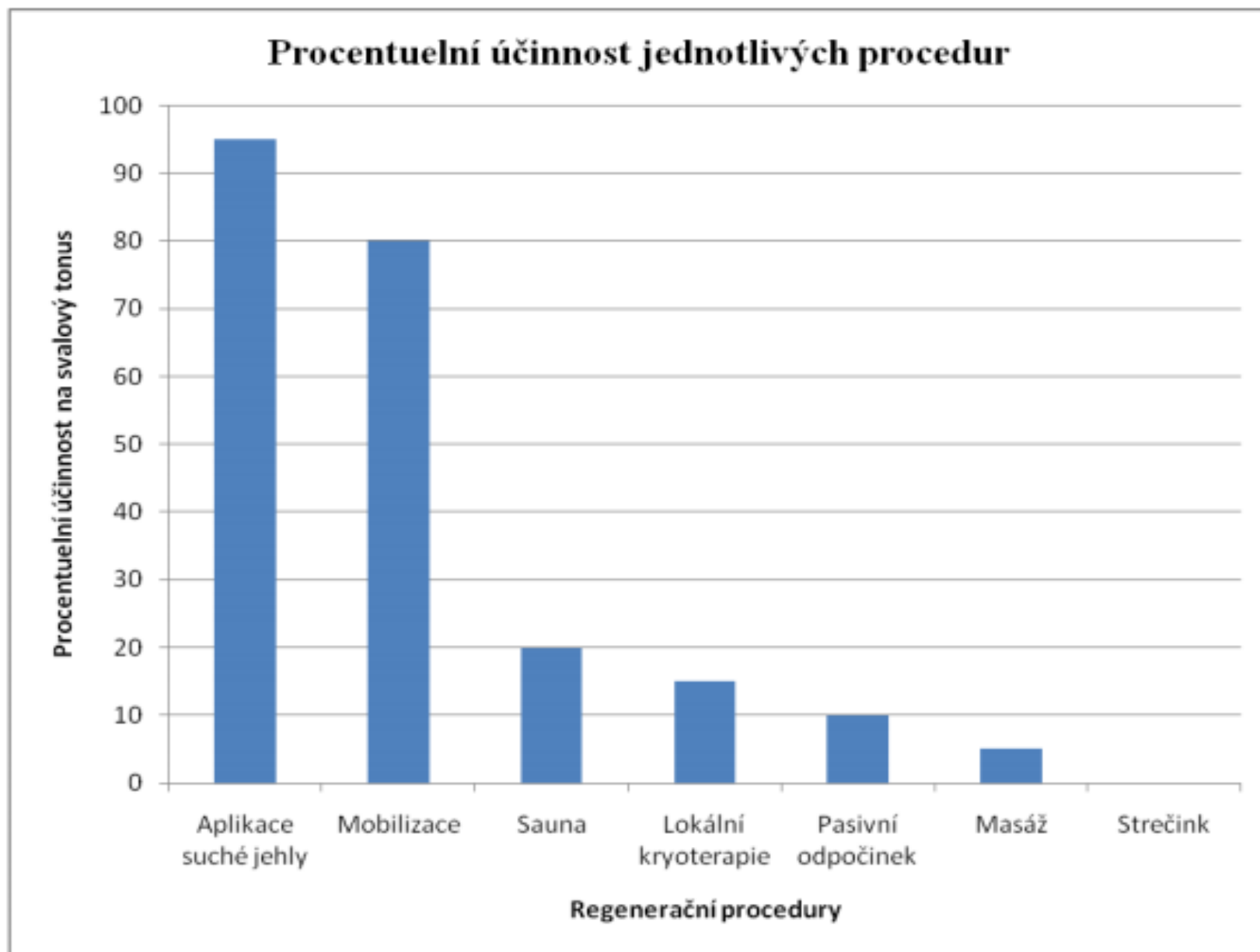


Disipace energie je pojem, který označuje přeměnu některé energie, např. mechanické energie třením, na teplo.



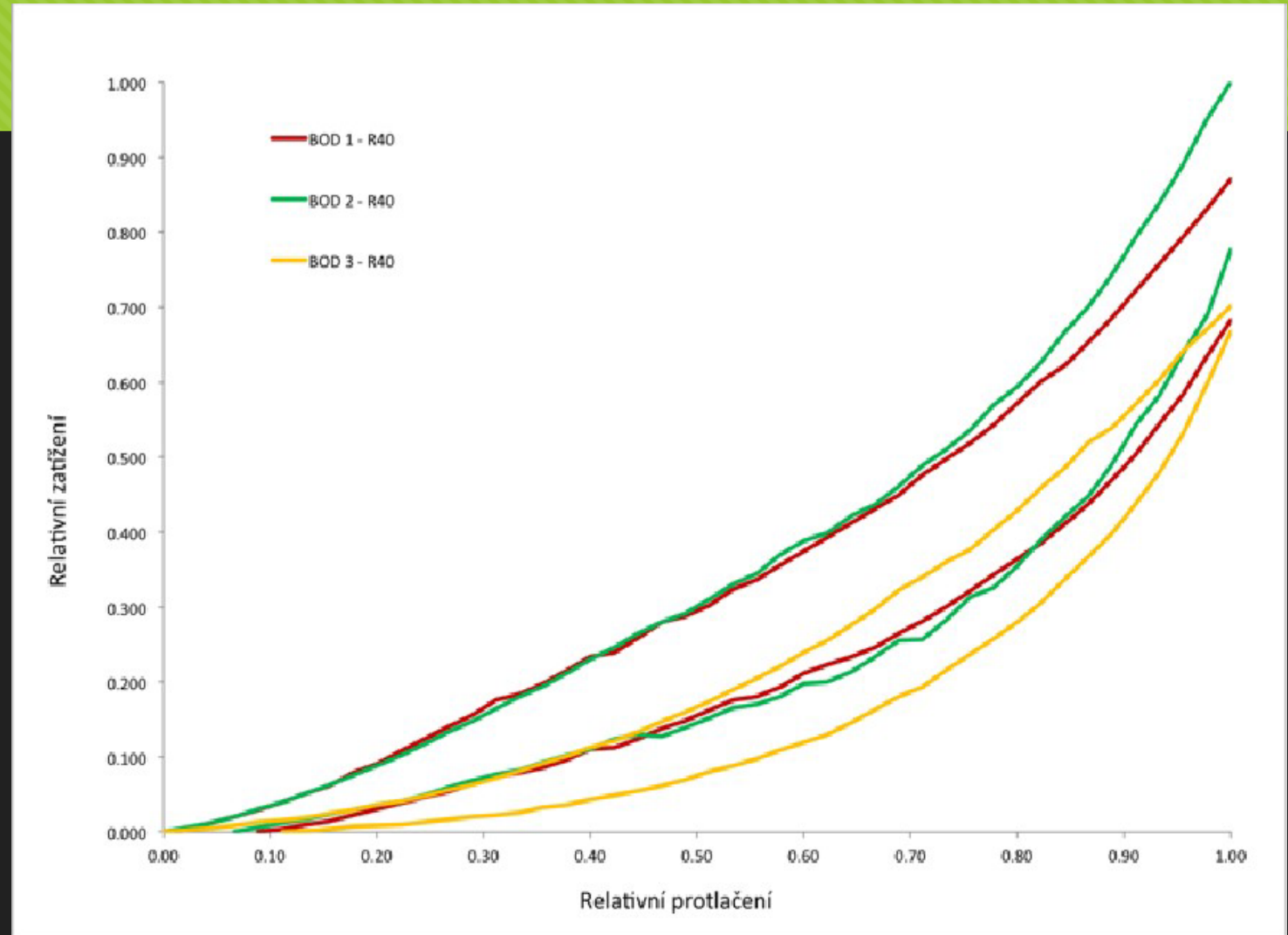
Zdroj: Šifta (2005)

Obr. 3 Graf závislosti deformace měkkých tkání na aplikované síle

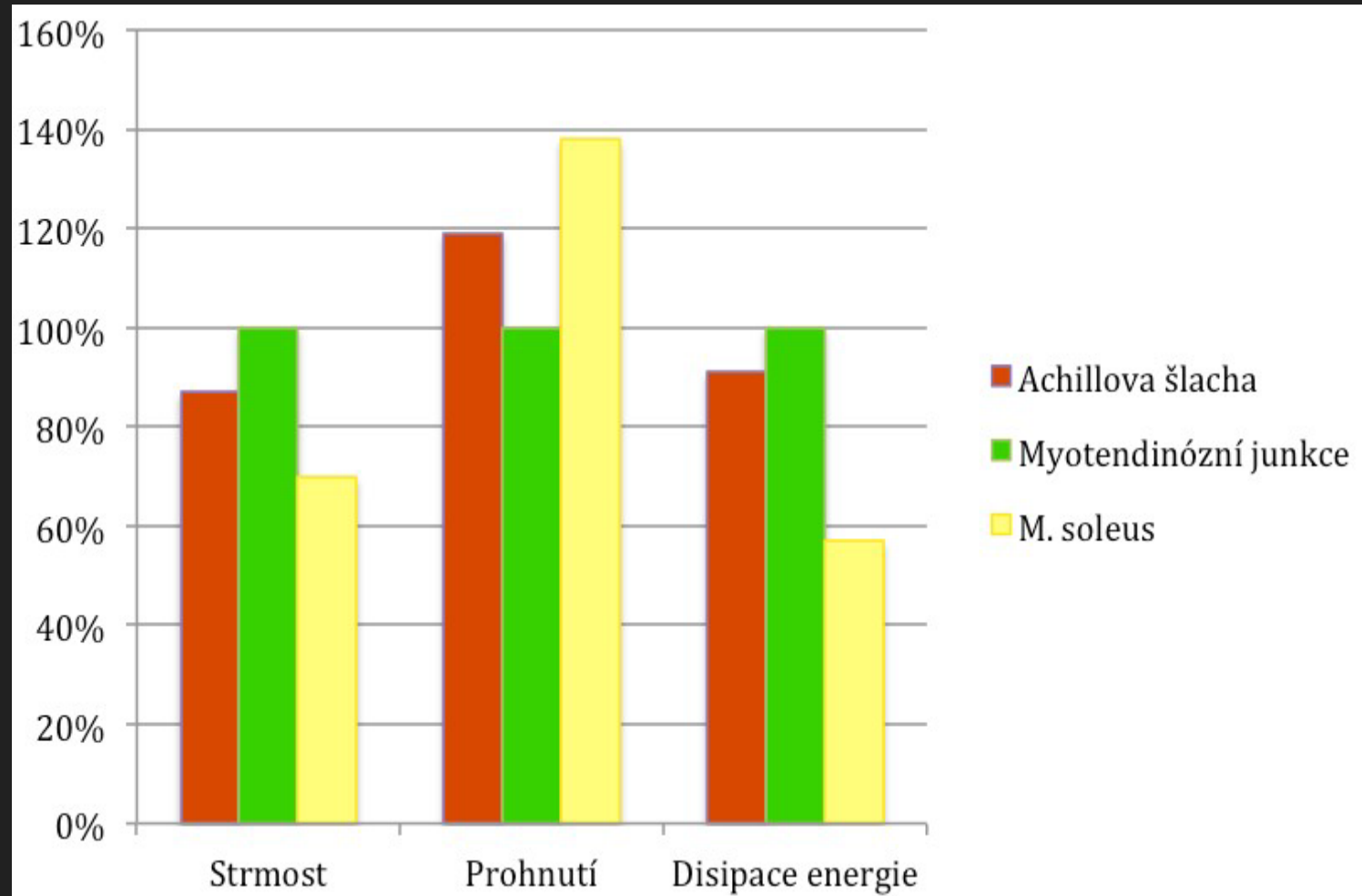


Viskoelastické vlastnosti svalové a vazivové tkáně

- Bod 1 – šlacha
- Bod 2 – přechod šlacha – sval
- Bod 3 – sval
- Maximálních hodnot hysterezní křivky bylo dosaženo v místě přechodu šlacha-sval, bodě 2, který je pro toto měření bodem referenčním.



Viskoelastické vlastnosti svalové a vazivové tkáně



Objektivizace svalového napětí při použití kinesiotapingu pomocí myotonometru

- **červená** křivka znázorňuje výsledky základního měření – tedy měření bez kinesiotapu
- **modrá** křivka popisuje výsledek měření po zatapování facilitačním způsobem (KT veden od začátku m. soleus na konec svalu)
- **černá** křivka znázorňuje výsledek měření po zatapování inhibičním způsobem (KT veden od konce m. soleus po jeho začátek)

