



Ing. Petr Volf, Ph.D.

Využití siloměrných snímačů v biomedicínském inženýrství

Úkoly měření:

- Změřte průběh momentu síly svalů horní končetiny v závislosti na čase.
- Zobrazte průběh momentu síly jednotlivých úseků.
- Určete vztah mezi momentem síly svalu a jeho průřezem a porovnejte výsledky s ostatními studenty.

Pomůcky:

- Torzní měřič síly (NCTT-500)
- Počítačová souprava pro zpracování měřených dat a řízení laboratorních měřicích systémů (PC)
- Stopky
- Krejčovský metr

Teoretický základ pro řešení úloh:

V případě řešení silových poměrů v horní končetině se jedná o prostorovou úlohu řešení využívající základů vektorové algebry. Sílu v prostoru můžeme popsat vztahem:

$$\vec{F} = F_x \cdot \vec{i} + F_y \cdot \vec{j} + F_z \cdot \vec{k}, \quad (1)$$

kde \vec{F} je celková síla a F_x je složka síly v ose x , \vec{i} je jednotkový vektor v ose x , F_y je složka síly v ose y , \vec{j} je jednotkový vektor v ose y , F_z je složka síly v ose z , \vec{k} je jednotkový vektor v ose z . Točivý moment pak může být definován jako vektorový součin vektoru síly a polohového vektoru působitě síly:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ r_x & r_y & r_z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = (r_y \cdot F_z - r_z \cdot F_y) \cdot \vec{i} + (r_z \cdot F_x - r_x \cdot F_z) \cdot \vec{j} + (r_x \cdot F_y - r_y \cdot F_x) \cdot \vec{k} \quad (2)$$

Pro obecný systém v prostoru můžeme definovat podmínky statické či dynamické rovnováhy, tj. podmínky rovnováhy sil a momentů:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0, \quad (3)$$

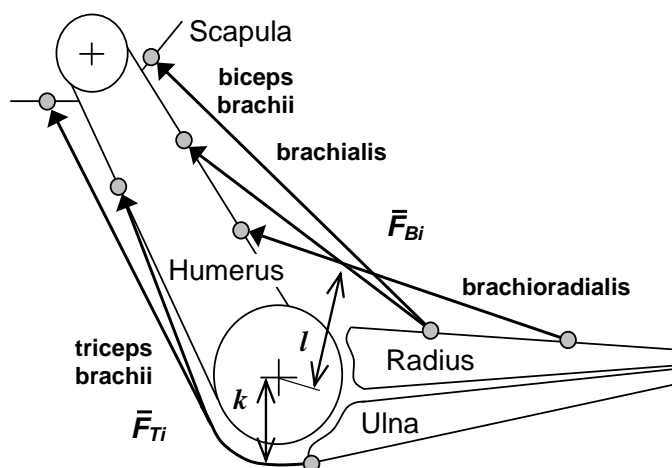
$$\sum M_x = 0, \sum M_y = 0, \sum M_z = 0 \quad (4)$$

A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému

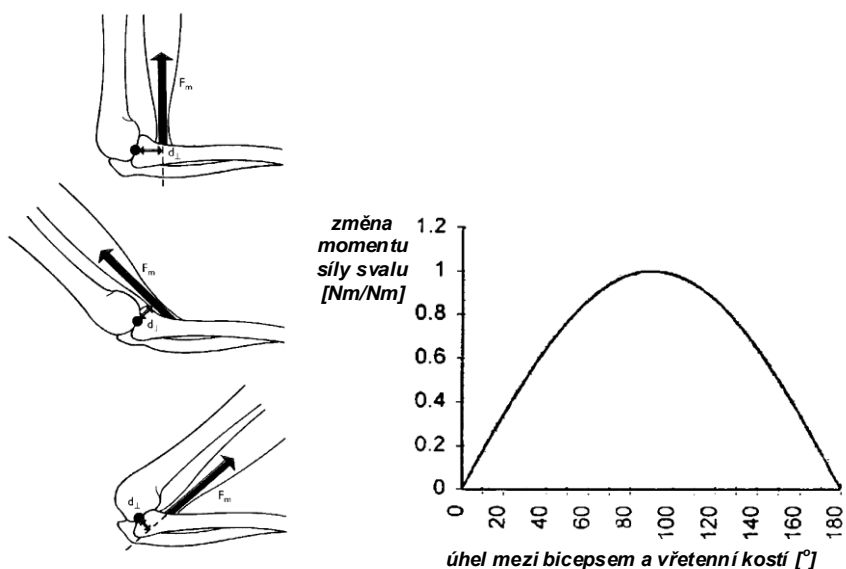
Pokud úlohu zjednodušíme na rovinnou úlohu, pak budou rovnovážné podmínky definovány pouze vztahy:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \quad (5)$$

$$\sum M_z = 0 \quad (6)$$



Obr. 1: Schéma silových poměrů v horní končetině [KUTÍLEK, Patrik a ŽIŽKA, Adam. Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-04993-8.]



Obr. 2: Změna momentu síly od flexorů loketního kloubu [KUTÍLEK, Patrik a ŽIŽKA, Adam. Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-04993-8.]

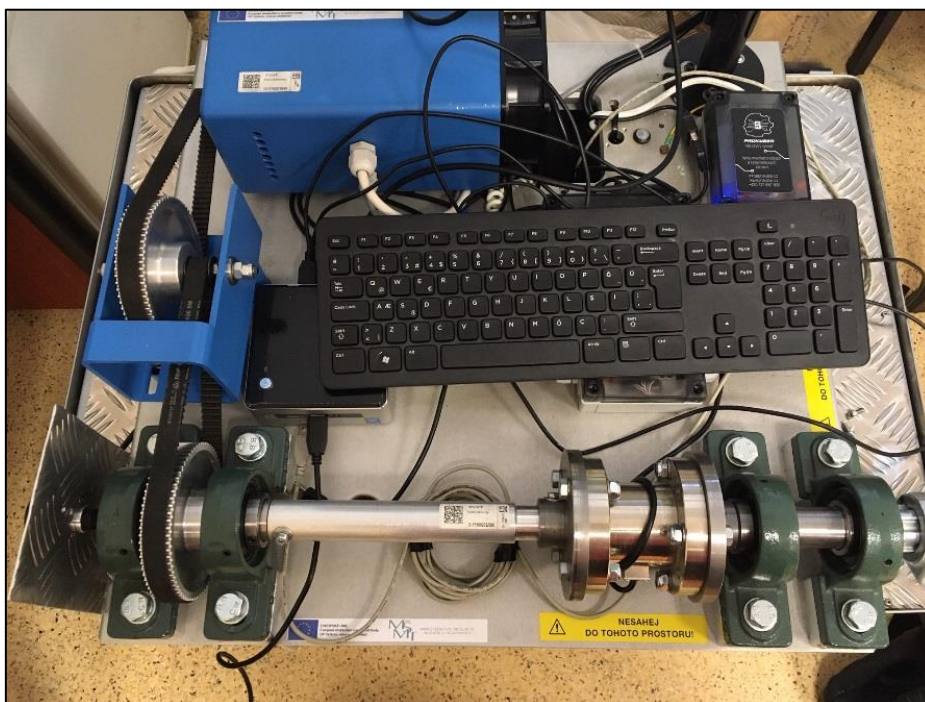


A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému

Úkol 1 – Změřte průběh momentu síly svalů horní končetiny v závislosti na čase

Postup:

1. Seznamte se se zařízením pro měření momentů svalu, které využívá torzní měřič síly (NCTT-500) viz Obr. 3.



Obr. 3: Zařízení pro měření momentu svalu

2. Zapojte hlavici torzní páky viz Obr. 4 do NCTT-500 viz Obr. 5.



A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému



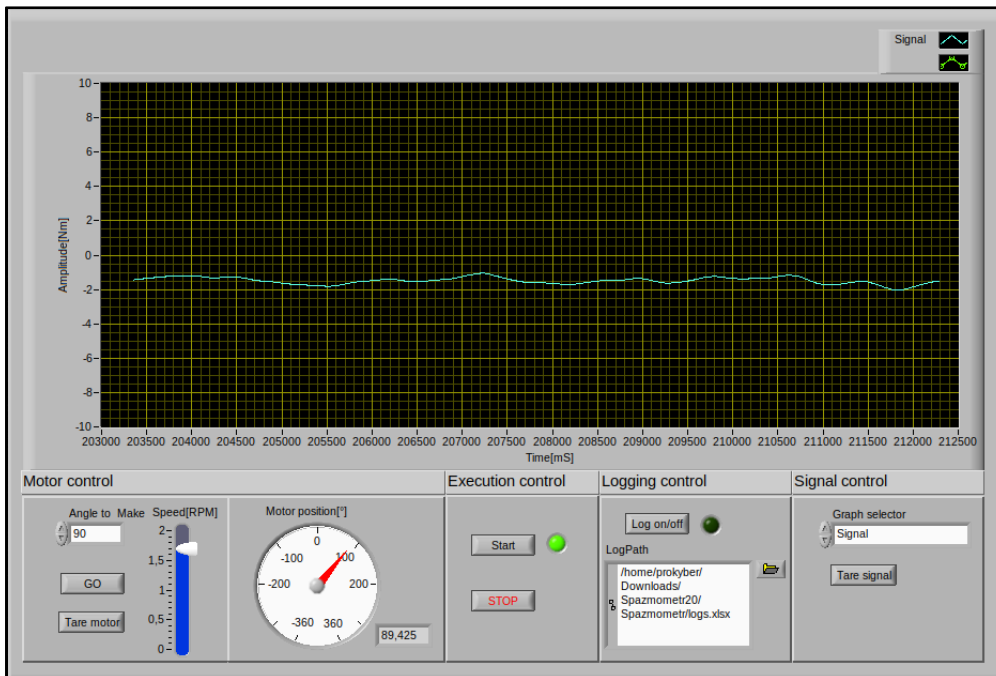
Obr. 4: Torzní páka



Obr. 5: Zapojení hlavice torzní páky do NCTT-500

A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému

3. Spustíte program pro měření momentu svalu viz Obr. 6.



Obr. 6: Program pro měření momentu svalu – Execution control (zobrazení měřených hodnot momentu sil), Logging control (záznam dat s zápis cesty souboru), Signal control (tárování signálu, možnost zobrazení filtrovaného/nefiltrovaného signálu)

4. Usadte probanda na židli s Vámi zvolenou orientací horní končetiny. V případě potřeby fixujte horní končetinu k torzní tyči viz Obr. 7.



A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému



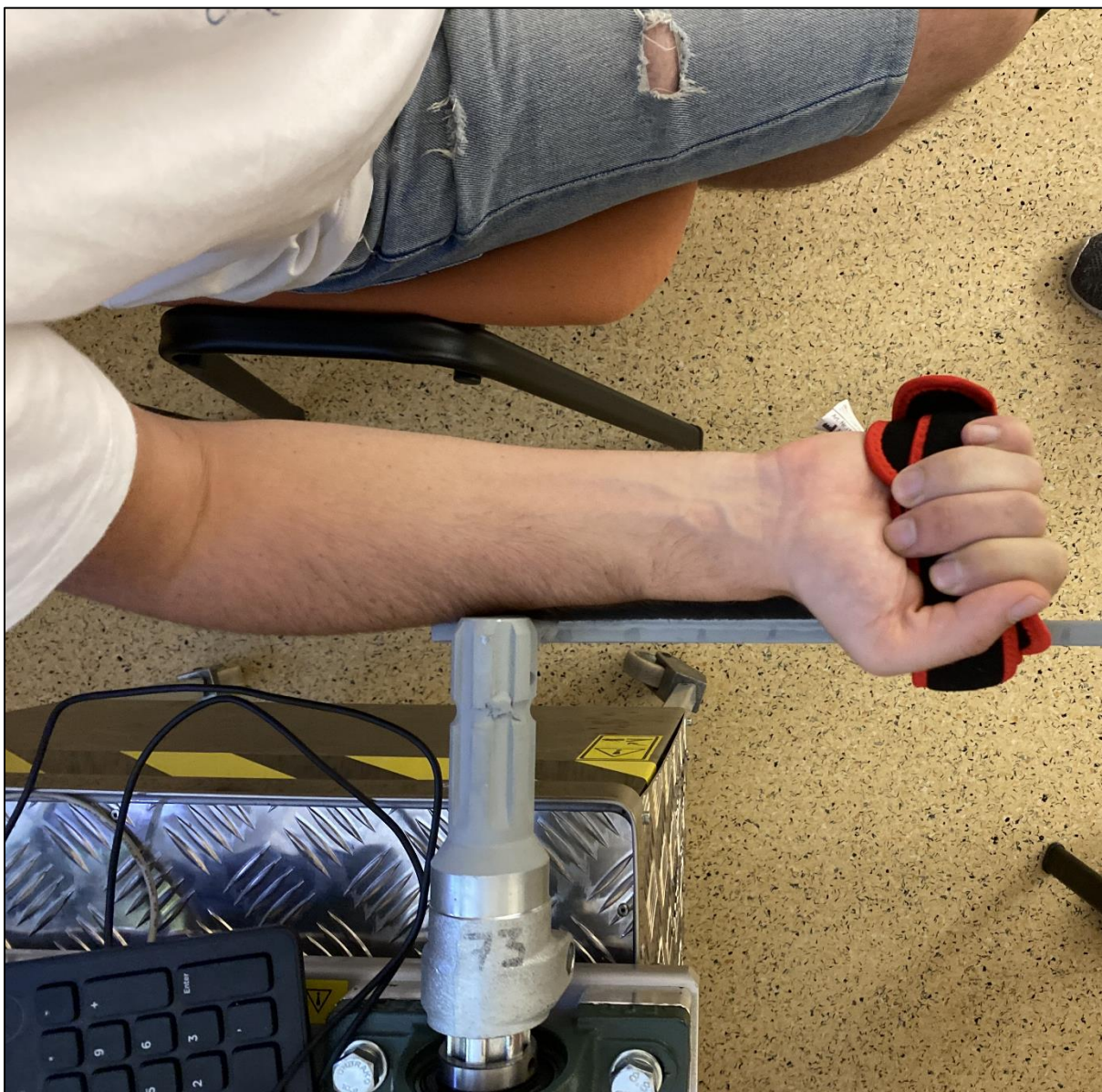
Obr. 7: Fixace horní končetiny – typ 1

POZOR V PŘÍPADĚ FIXACE HORNÍ KONČETINY K TORZNÍ TYČI ZKONTROLUJTE, ZDA NENÍ AKTIVNÍ ŘÍZENÝ ELEKTROMOTOR (HPGM-100). V PŘÍPADĚ AKTIVACE BY MOHL ZPŮSOBIT ZRANĚNÍ PROBANDA!!! DŮRAZNĚ SE NEDOPORUČUJE TESTOVAT PROBANDY S PROBLÉMY HORNÍCH KONČETIN NAPŘ. LUXACE RAMENNÍHO, LOKETNÍHO KLOUBU APOD.!!! PŘED SAMOTNÝM MĚŘENÍM VYČEKTE NA KONTROLU VYUČUJÍCÍM.

5. Otestujte různé typy pozice horní končetiny, přičemž zachovejte stejnou vzdálenost od osy otáčení torzní tyče viz Obr. 8.



A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému



Obr. 8: Fixace horní končetiny – typ 2

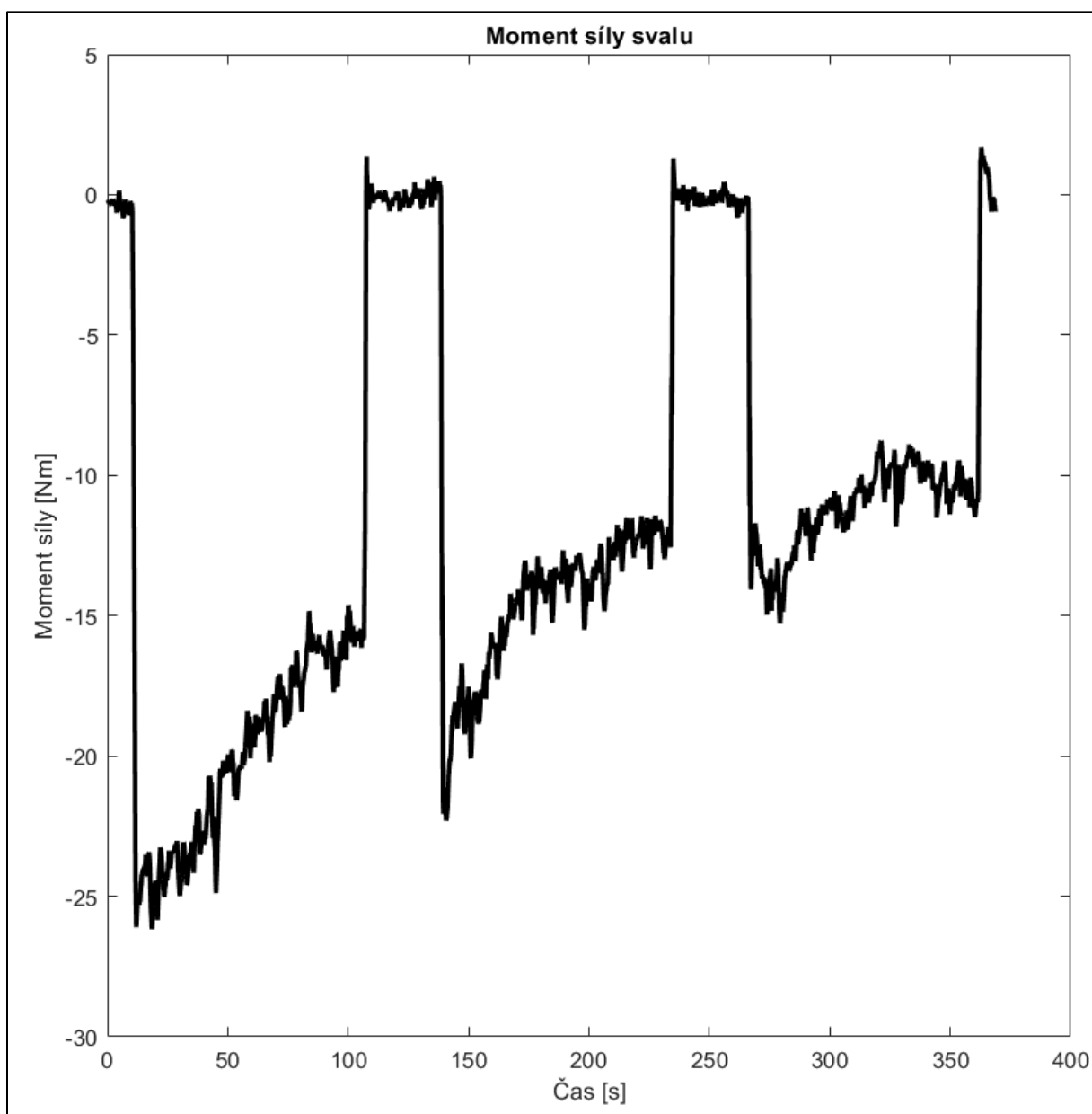
- Naměřte data při maximálním možném momentu síly na torzní tyč. Časový průběh: 90 s plné zatížení – 30 s pauza – 90 s plné zatížení – 30 s pauza – 90 s plné zatížení s využitím stopek.
- Uložte data ve formátu .xlsx.

A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému

Úkol 2 – Zobrazte průběh momentu síly jednotlivých úseků

Postup:

1. Načtěte data z formátu .xlsx do prostředí Matlab.
2. Provedte přepočítání z hodnoty vzorků na hodnotu sekund za využití znalosti vzorkovací frekvence viz Obr. 10.



Obr. 9: Průběh momentu síly svalu horní končetiny

3. Proložte jednotlivé úseky zátěže Vámi zvolenou regresní funkcí.



4 A-114 Laboratoř mechaniky svalově-kosterního systému

Úkol 3 – Určete vztah mezi momentem síly svalu a jeho průřezem a porovnejte výsledky s ostatními studenty

Postup:

1. Určete průřez svalu/svalů, které přispívají při daném typu polohy horní končetiny k výslednému momentu síly za využití krejčovského metru a znalosti typických anatomických poměrů.
2. Určete závislost mezi momentem síly a průřezem zapojených svalů.
3. Porovnejte výsledky s ostatními studenty.
4. Porovnejte vliv typu polohy horní končetiny na výsledný moment síly.
5. Slovně zhodnoťte vliv doby zátěže na moment síly spolu s vlivem pauzy mezi jednotlivými úseky zátěže.
6. Proveďte porovnání mezi dominantní a nedominantní horní končetinou.

KUTÍLEK, Patrik a ŽIŽKA, Adam. Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky.
V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-04993-8.