České vysoké učení technické
v Praze
Fakulta biomedicínského inženýrství

Úloha KA03/č. 8:

Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou

Metodický pokyn pro vyučující se vzorovým protokolem

Ing. Patrik Kutílek, Ph.D., Ing. Adam Žižka
(kutilek@fbmi.cvut.cz, zizka@fbmi.cvut.cz)

Poděkování:

Tato experimentální úloha vznikla za podpory Evropského sociálního fondu v rámci realizace projektu **„Modernizace výukových postupů a zvýšení praktických dovedností a návyků studentů oboru Biomedicínský technik“, CZ.1.07/2.2.00/15.0415.**

Období realizace projektu 11. 10. 2010 – 28. 2. 2013.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou.

Zadání úlohy

1) Určete velikost napětí a deformace pro průřez mezikruží protetické náhrady zatížené na tlak pro různé velikosti zatěžujících sil. Ověřte teoreticky získané výsledky s výsledky měření. Dokažte Hookeův zákon.
2) Nalezněte velikost napětí a deformace pro průřez mezikruží protetické náhrady zatížené na ohyb pro různé velikosti ohybového momentu. Ověřte teoreticky získané výsledky s výsledky měření. Dokažte Hookeův zákon.
3) Nalezněte velikost napětí, zatěžovací síly (a Youngův modul pružnosti v tahu) pro tkaný proužek oválného průřezu 5 mm^2

Změřte zatížení části protézy dolní končetiny v tlaku a ohybu , při měření ohybu použijte stejné zatížení, jako pro měření tlaku a z naměřených hodnot určete velikost ramene páky na které je zatížehí umístěno. Dále zjistěte velikost namáhání v tahu pro tkaný proužek (znázorňující zatížení šlach a dalších pojivových tkání) dodaný vyučujícím. Měří se na měřicím přípravku s nosným elementem protézy – tlak a ohyb, zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.) – tah.

K měření použijte : Nosnou část protézy s nalepenými tensometry.

Vážní čidlo U9B

Silový převodník S9M

Výsledky měření uveďte do protokolu.

Pomůcky

PC s nainstalovaným programem CatmanEasy DAQ

Měřicí stanice eDAQ lite s příslušenstvím

Referenční měřítko

Závaží

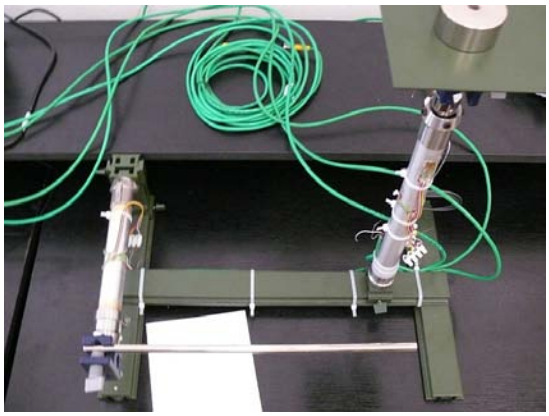
Měřicí přípravek s nosným elementem protézy

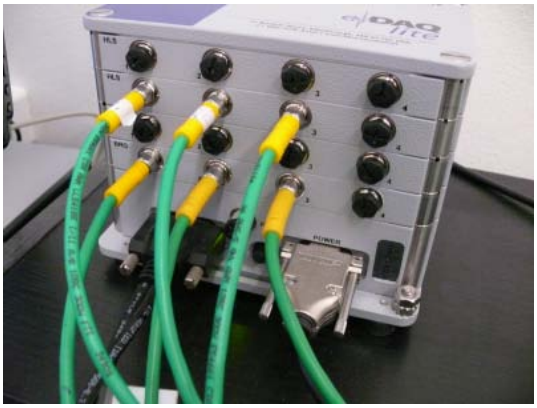
Tkaný proužek oválného průřezu 5 mm^2 a délky 160 mm v nezatíženém stavu

Zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.)

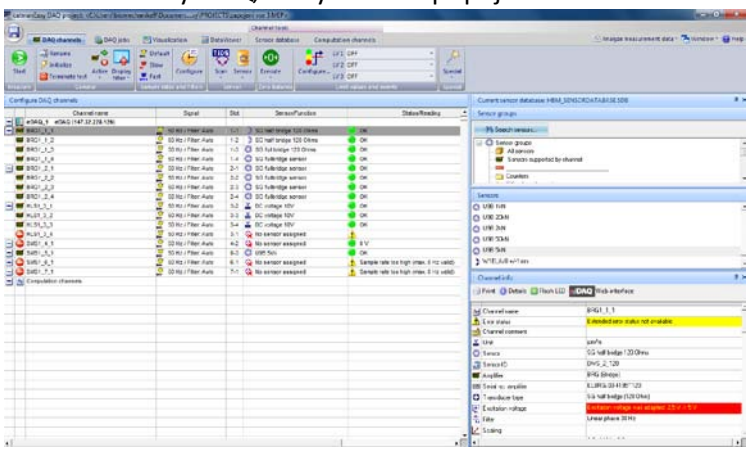
Postup vypracování úloh

Vyučující zkontroluje přípravek a zatěžovací stolici LS (připevní měřený vzorek), připojí je k měřicí stanici eDAQ lite, spustí počítač (viz. následující obrázky):

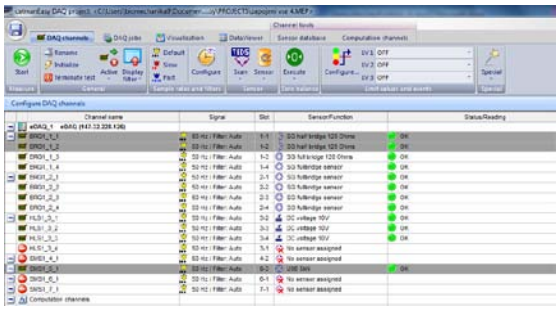


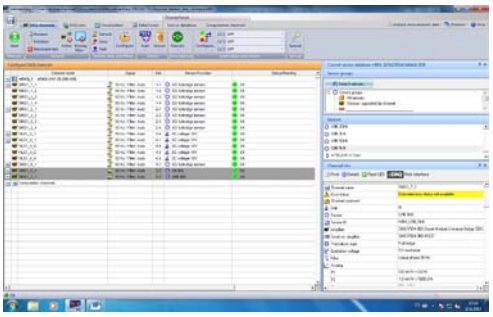


a program Catman Easy DAQ, který "načte" připojenou měřicí stanici eDAQ lite:

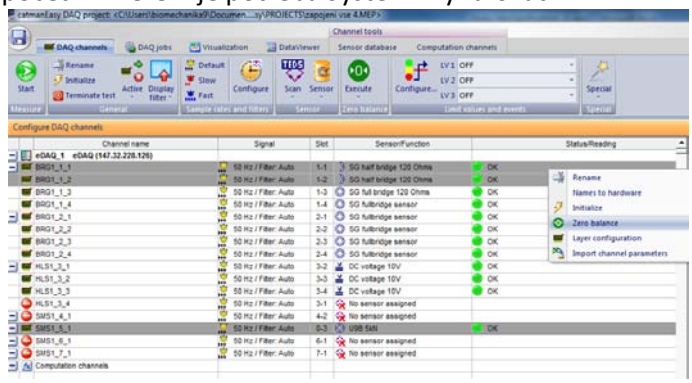


Kanál s připojenou úlohou „tlak a ohyb“ jsou na kanálech „1-1“ a „1-2“, referenční snímač tlaku (vážní čidlo) je na kanále „0-3“, úloha „tah“ je na kanálech „3-2“ snímač S9M a „3-3“ snímač U9B.





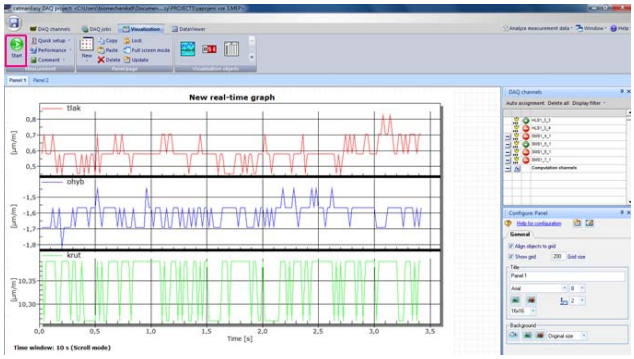
Před započetím měření je potřeba systém "vynulovat":



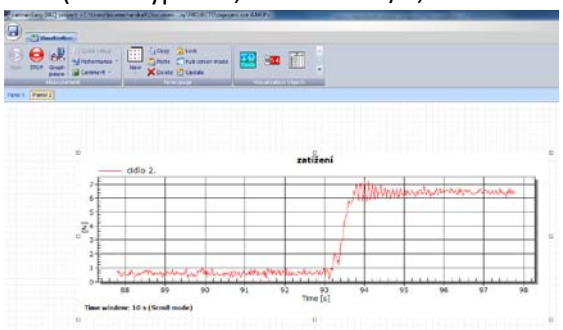
I. část: měření v tlaku a ohybu.

Nosný element protézy má průřez mezikruží s vnějším průměrem= 30 mm a vnitřním průměrem = 26 mm. Délka je 350 mm pro přípravek namáhaný v tlaku a ohybu.

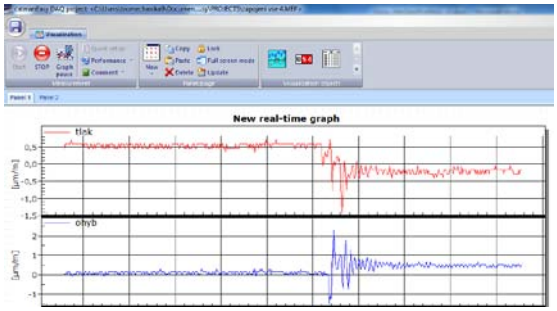
Spuštění měření tlačítkem „Start“.



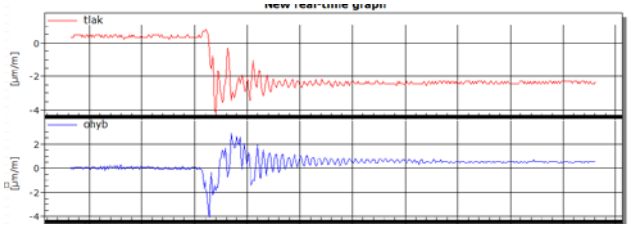
Ref. měřidlo (HBM typ U9B, 5 kN = 1 mV/V, # 143113068) při „0“ a 0,5kg zatížení.



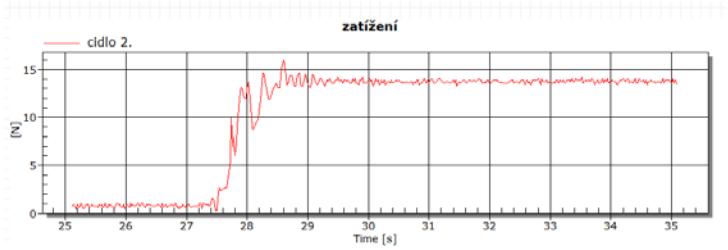
Tensometrické měření při „0“ a 0,5kg zatížení.



Tensometrické měření při „0“ a 1 kg zatížení.



Ref. Měřidlo při při „0“ a 1 kg zatížení.



II. část: měření v tahu.

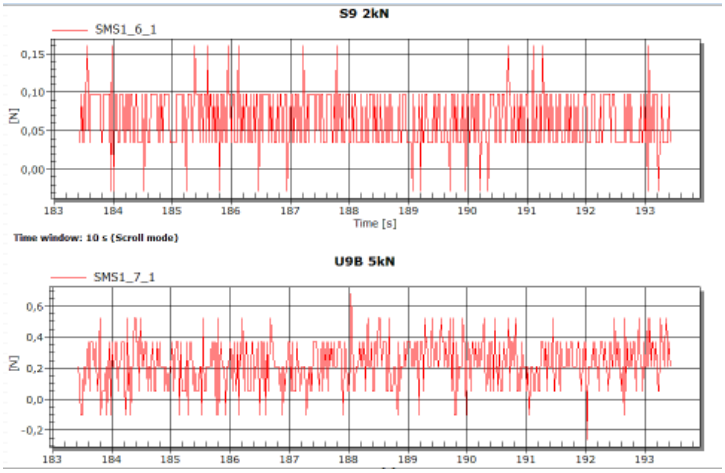
Tkaný proužek oválného průřezu 5 mm^2 a délky 160 mm v nezatíženém stavu.

Vyučujícím připravená zatěžovací stolice LS s připevněným přípravkem:

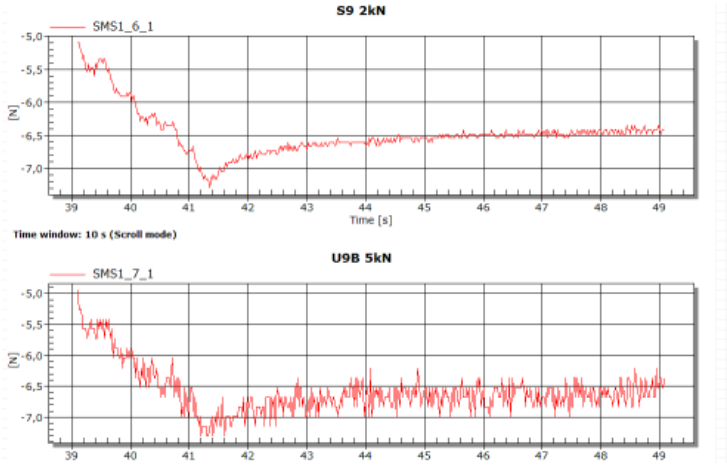
Spuštění měření je stejné jako v předchozím případě

Změření prodloužení vzorku:

Měření tahu – „nulové“ hodnoty , tj. bez zatížení:



Měření tahu – hodnoty při prodloužení o 30 mm:



Výpočty zjišťovaných veličin:

Pro měření tlaku a ohybu považujeme tensometrické snímače za stejné, proto se použijí kalibrační data a korekční koeficient získaný při měření v tlaku i na měření ohybu.
Při tomto tensometrickém měření tlaku jsou všechny tensometry zatěžovány stejně (souhlasně, tj. v tlaku), proto může, při malém rameni, být změřený údaj deformace v ohybu (tensometry jsou zatěžovány „opačně“, tj. jeden v tahu a druhý v tlaku) menší než deformace v tlaku.

Pro výpočty I. části je potřeba spočítat průřezové charakteristiky průřez S a modul průřezu W_O [1 s102,kap. 4.1] vzorec (18).
Mechanická napětí a deformace pro obě části měření se spočtou dle [1 s101,kap. 4.1] vzorec (14) až (16) a [1 s.101,102, kap. 4.1] tab. 1 a 2.
Velikost ramene ohybu pro výpočty v II. části (měření v tahu) dle vzorce $M_o = F \cdot r$, a protože je síla vyvozená zatěžovací stolicí LS měřena dvěmi snímači, tak každý ukazuje pouze polovinu této síly (výsledná síla se přepočítá pro každý snímač zvlášť).

U vypočteného ramene síly je použito skutečné (teoretické) zatížení a změřená deformace, u teoretického ramene síly je použito skutečné (teoretické) zatížení a změřená deformace je opravena korekčním koeficientem zjištěným při měření tlaku (poměr mezi teoretickou a změřenou deformací.

Výsledky budou zaznamenány do protokolu.

Použitá lit.

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012[]

Pilotní protokol

BIOMECHANIKA **Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou**	

Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou

BIOMECHANIKA

Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou

Zadání

1) Určete velikost napětí a deformace pro průřez mezikruží protetické náhrady zatížené na tlak pro různé velikosti zatěžujících sil. Ověřte teoreticky získané výsledky s výsledky měření. Dokažte Hookeův zákon.

2) Nalezněte velikost napětí a deformace pro průřez mezikruží protetické náhrady zatížené na ohyb pro různé velikosti ohybového momentu. Ověřte teoreticky získané výsledky s výsledky měření. Dokažte Hookeův zákon.

3) Nalezněte velikost napětí, zatěžovací síly (a Youngův modul pružnosti v tahu) pro tkaný proužek oválného průřezu 5 mm^2

Změřte zatížení části protézy dolní končetiny v tlaku a ohybu , při měření ohybu použijte stejné zatížení, jako pro měření tlaku a z naměřených hodnot určete velikost ramene páky na které je zatížehí umístěno. Dále zjistěte velikost namáhání v tahu pro tkaný proužek (znázorňující zatížení šlach a dalších pojivových tkání) dodaný vyučujícím. Měří se na měřicím přípravku s nosným elementem protézy – tlak a ohyb, zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.) – tah.

K měření použijte : Nosnou část protézy s nalepenými tensometry.

Vážní čidlo U9B

Silový převodník S9M

Výsledky měření uveďte do protokolu.

Pomůcky

PC s nainstalovaným programem CatmanEasy DAQ

Měřicí stanice eDAQ lite s příslušenstvím

Referenční měřítko

Závaží

Měřicí přípravek s nosným elementem protézy

Tkaný proužek oválného průřezu 5 mm^2 a délky 160 mm v nezatíženém stavu

Zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.)

BIOMECHANIKA

Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou

Postup měření

Příprava měřícího pracoviště a měřené úlohy – příprava závaží, měřítka, měřicího přípravku s nosným elementem protézy, zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.), měřených vzorků a spuštění programu CatmanEasy DAQ.

Započetí měření – nastavení „0“ na snímačích.

Odměření I. části (měření v tlaku a ohybu) měření zátěží 0,5 a 1 kg na desce upevněné na měřené části protézy v programu CatmanEasy DAQ. Záznam výsledků.

Odměření II. části (měření v tahu) je zaznamenána tahová síla 2 snímači, každý tak zachytí polovinu síly skutečně vyvinuté na vzorek.

Výpočet požadovaných hodnot z naměřených dat v obou částech měření.

Vytvoření protokolu.

Naměřená data

Tlak a ohyb:

	změřeno		
zátěž	deformace		zatížení
tlak+ohyb	tlak	ohyb	tlak+ohyb
N	µm/m	µm/m	N
5	0.8	0.4	6.1
10	3	0.6	13

Tah:

změřeno				
zatížení		text. proužek		
S9M	U9B	průřez	délka	prodloužení
N	N	mm^2	mm	mm
6.5	6.9	5	160	30

BIOMECHANIKA

Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou

Výsledky

Tlak a ohyb:

napětí				
vypočtené	referenční	teoretické	vypočtené	teoretické
σ_n	σ_n	σ_n	σ_o	σ_o
MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
0.17	0.035	0.028	0.084	0.014
0.63	0.074	0.057	0.126	0.011

deformace				
změřená	teoretická	změřená	referenční	teoretická
ε_{vo}	ε_{vo}	ε_n	ε_n	ε_n
µm/m	µm/m	µm/m	µm/m	µm/m
0.4	0.14	0.8	0.17	0.14
0.6	0.27	3	0.35	0.27

rameno síly	
vypočtené	teoretické
r	r
mm	mm
19.40	3.28
29.10	2.63

Tah:

snímač	zatěž. síla	norm. napětí	deformace	modul pružnosti
	F	σ_n	ε_n	E
	N	Mpa	-	Mpa
S9M	13	2.6	0.188	13.87
U9B	13.8	2.76	0.188	14.72

Závěr

Z měření j zřejmé, že každý snímač má jinou přesnost, a zejména tensometry jsou velmi citlivé na správnou kalibraci.

Měření ukazuje, že mezi teoretickým údajem a referenčním měřením není zásadní rozdíl, což pro měření přes tensometry neplatí – zde je v měření sice předpokládaný trend zachován, ale hodnoty se řádově liší.

Také je ze spočtených dat vidět, že výrazně chybný údaj z měření (tlaková deformace při zátěži 1 kg měřená tensometry) má značný vliv na výpočty ohybového zatížení (přes korekční koeficient). Tím je také dokázáno, že oba systémy nalepených tensometrů jsou nezávislé a nelze použít korekční koeficient zjištěný na jednom systému (měření tlaku) přenést na systém druhý (měření ohybu).

Použitá lit.

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012