

Doc. MUDr. Ondřej Hrušák, Ph.D.  
děkan fakulty  
2. lékařská fakulta  
Univerzita Karlova v Praze

Praha, Dejvice 2009–08–01

**Věc:** Posudok dizertačnej práce RNDr. Ferdinanda Vargu s názvom

## Enhanced Biomechanical Characteristics of Connective Tissue and Development of Artificial Implants.

Dizertant vo svojej práci prezentuje aktuálnu problematiku testovania biomateriálov s ohľadom na nové biomateriály. Práca je spracovaná v anglickom jazyku v rozsahu 90 strán. Autor rozdelil prácu do piatich logických celkov.

V prvej časti práce sa autor venuje doterajším metódam na testovanie biologických vzorkov. Pretože je cieľom práce identifikácia mechanických vlastností chrupky, chýbajú v prvej časti bližšie popísané modely materiálového správania sa chrupky. Nie sú tak uvedené základné charakteristické vlastnosti, pomocou ktorých môžeme identifikovať mechanické vlastnosti materiálu. Je na škodu, že autor nepopísal podrobnejšie jednotlivé používané mechanické testy. Autor sa v snahe o stručnosť tejto kapitoly tak dopustil niekoľkých nepresností (napr. v časti testovanie tlakom uvádza uchytenie chrupky do čelustí, čo nie je princípom väčšiny experimentálnych metód).

V druhej časti uvádza autor jednoduchý viskoelastický Kelvin-Voigtov model materiálu. Je na pováženie, či tento model dostatočne popisuje mechanické chovanie chrupky. Autor taktiež uvádza dynamickú rovnicu rovnováhy (1), bez toho aby prezentoval aj jej riešenie. Autor v tejto časti práce ako aj v nasledujúcich častiach používa neštandardné technické označenie, ako je napr. označenie plochy  $S$ , prípadne označenie objemovej hustoty energie  $\Delta E_N$ . Taktiež sa zvykne miesto označenie tangenciálny modul pružnosti používať označenie okamžitý modul pružnosti.

Za hlavný prínos práce považujem zavedenie novej metódy pre testovanie mechanických vlastností biomateriálov. Tato metóda je jednoduchá a umožňuje určenie vlastností priamo na mieste odobratia vzorkov, čo zjednodušuje a spresňuje celé meranie. Na druhej strane, by som po zavedení novej metódy očakával taktiež jej overenie na jednoduchom izotropnom materiále so známymi vlastnosťami. Autor v práci priamo testuje chrupka, ktorá je nelineárnym poroelastickým materiálom.

Prezentovaná metóda predpokladá zaťaženie rázom. Z inžinierskej praxe je známe, že tento spôsob zaťaženia spôsobuje vznik napäťových vln. Taktiež je otázne ako hrúbka vzorky ovplyvní spôsob merania a akým spôsobom autor stanovoval hrúbku vzorky pre výpočet pomernej deformácie.

Autor taktiež uvádza návrh experimentálneho zariadenia pre meranie mechanických vlastností šliach. V tejto časti by som mal výhrady k určovaniu predĺženia pri použití samosvorných čelustí.

Hore uvedené nedostatky práce vyvažuje jej experimentálna časť, kde autor novo vyvinutou metódou testuje široké spektrum vzorkov. V tejto časti dizertant preukázal schopnosť pracovať s experimentálnymi dátami. Autor taktiež podrobne rozoberá namerané výsledky v diskusii.



Za prínosné taktiež považujem hodnotenie mechanickej kvality testovaného vzorku na základe absorbovanej energie. Tento prístup je obzvlášť vhodný pri testovaní rázom, čo sa v inžinierskej praxi používa napr. pri testovaní kompozitov. Podľa mojich znalostí sa však jedná o unikátny prístup pri testovaní chrupky a biologického materiálu.

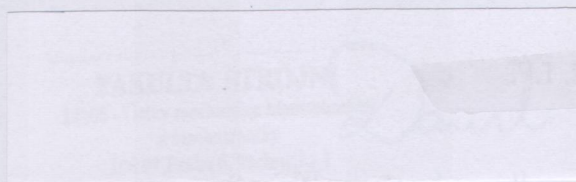
Z formálneho hľadiska je práca napísaná prehľadne. Autor v bohužiaľ v texte nevyhol niekoľkým preklepom a neštandardným anglickým formuláciám.

### Otázky

- Aký je efekt hrúbky vzorky na merané hodnoty?
- Ako vysvetlíte rozdiely v hodnotách modulu pružnosti vo vašej práci a v literatúre.
- Bola vykonaná verifikácia metódy na materiále so známymi parametrami?
- Je nutné využívať pre meranie laserový vibrometer, resp. je možné zjednodušiť Vašu konštrukciu?
- V práci navrhujete použiť pre popis chrupky viskoelastický model. Odráža tento model reálnu stavbu chrupky?

### Záver

Autor vo svojej práci preukázal schopnosť samotnej vedeckej práce a komplexného prístupu k riešenému problému. Navrhnuté zariadenie je možné priamo vziať ako vo výskume tak ja v klinickej praxi pre testovanie mechanických vlastností biomateriálov. Preto doporučujem túto prácu k obhajobe a po úspešnej obhajobe doporučujem udeliť dizertantovi titul Ph.D.



Doc. RNDr. Matej Daniel, Ph.D.  
Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky  
FS ČVUT v Praze