

Oponentský posudek disertační práce

Název práce: Mechanical Properties of Perivascular Adipose Tissue and its Effect on Biomechanics of Abdominal Aorta

Autorka práce: Ing. Tereza Voňavková

Předložená disertační práce Ing. Terezy Voňavkové je zaměřena na ověření hypotézy, že perivaskulární tuková tkáň (PTT) významným způsobem ovlivňuje mechanický stav břišní aorty při jejím fyziologickém zatížení. Pro potvrzení vědecké hypotézy disertantka realizovala experimentální testy

in vitro pro zjištění mechanických vlastností perivaskulární tukové tkáně, kdy následně s požitím takto získaných materiálových parametrů stanovila konstitutivní model této specifické tkáně. V další části předložené disertační práce Ing. Voňavková použila jí navržený konstitutivní model pro realizaci analytických simulací chování inflace-extenze lidské abdominální aorty.

Disertační práce obsahuje 77 stran textu psaného v anglickém jazyce, kdy práce je členěna celkem do osmi kapitol. První tři kapitoly obsahují přehledný a obsažný úvod do problematiky, kdy se Ing. Voňavková odkazuje na velké množství citovaných zdrojů a je zjevné, že má komplexní přehled o současném stavu dané problematiky. Následuje stručný přehled anatomických souvislostí a odpovídající teoretický základ pro použité metody. Čtvrtá kapitola je věnována stanovení vědecké hypotézy a dílčích cílů práce. Pátá kapitola poměrně podrobně popisuje použité metody a materiál. Následující šestá kapitola obsahuje prezentaci výsledků experimentálních měření a výpočtových modelů. Kapitoly sedm a osm jsou pak věnovány podrobné diskusi výsledků a prezentaci závěrů disertační práce. Text disertační práce je poněkud obtížně čitelný, čtenář se snadno ztratí v textu a je nutné se opakovaně vracet k dílčím částem. Jazykovou úroveň práce považuji za velmi dobrou, formální a stylistická úroveň je vysoká. Jako drobnou výtku uvádím, že bývá zvykem sazba matematických výrazů na střed stránky.

Pro dosažení cílů práce disertantka navrhla, realizovala a vyhodnotila řadu experimentálních měření na kadaverózních vzorcích perivaskulární tukové tkáně *in vitro*. Bohužel v práci chybí detailnější informace o podmínkách realizace těchto testů, hlavně postrádám protokol podmínek, za kterých byly vzorky odebírány, skladovány a transportovány. Tyto podmínky mohly významným způsobem ovlivnit validitu získaných materiálových parametrů, proto by bylo vhodné je v práci uvést. Vlastní měření byla realizována standardními postupy, které byly relevantní a validovány pro tento typ zkoušek. Otázkou je poměrně malý počet testovaných vzorků a široký rozptyl věku dárců, nicméně s ohledem na obtížnou dostupnost relevantních vzorků je tento počet pochopitelný. S vědomím tohoto omezení je také třeba přistupovat k hodnocení výsledků experimentálních měření. Získané materiálové parametry Ing. Voňavková použila pro stanovení vlastního konstitutivního modelu perivaskulární tukové tkáně,

kdy tento model je zcela nový. V navrženém modelu byla tuková tkáň uvažována jako nestlačitelný materiál, kdy autorka se odkazuje na práce autorů Comley and Fleck 2010 a Sommer et al. 2013. S ohledem na vnitřní strukturu této specifické tkáně považuji volbu nestlačitelnosti jako zjednodušení, které ne zcela odpovídá realitě v makroskopickém měřítku. Comley and Fleck 2010 experimentálně změřili viskozitu lipidů, kdy tato byla natolik nízká, že tyto lze na úrovni mikromechanického modelu považovat za nestlačitelný materiál. Sommer et al. 2013 ve své práci uvádí pouze předpoklad pro nestlačitelnost s odkazem na práci *Miller-Young JE, Duncan NA, Baroud G. Material properties of the human calcaneal fat pad in compression: experiment and theory. J Biomech 2002; 35:1523-31*. K předpokladu nestlačitelného materiálu mi v práci chybí hlubší diskuse a zdůvodnění. V další části své práce disertantka provedla řadu analytických simulací chování lidské abdominální aorty při inflačním a extenzním testu. K simulacím využila již dříve publikovaný konstitutivní model abdominální aorty, který rozšířila právě o vlastní model perivaskulární tukové tkáně. V analytických simulacích variovala tloušťku PTT, kdy sledovala mechanickou odezvu systému na zatížení vnitřním tlakem. Dále na tomto modelu provedla řadu simulací, kdy systém zatížila osovým předepnutím o různé velikosti a opět sledovala odezvu systému na zatížení vnitřním tlakem. Výsledky disertační práce jsou prezentovány přehledně, lze z nich činit odpovídající závěry a potvrdily v úvodu deklarovanou pracovní hypotézu. Pro větší přehlednost mi v práci chybí porovnání modelů abdominální aorty s perivaskulární tukovou tkání a bez ní při inflačním testu. Takto by bylo možné hodnotit velikost vlivu PTT na dosud v odborné literatuře prezentované výsledky. Diskuse v práci je až na výše uvedené výjimky velmi podrobná a snaží se objektivně zhodnotit dosažené výsledky práce.

Předmět disertační práce považuji za velmi unikátní, protože k dané problematice lze najít naprosto minimální množství publikovaných prací. Praktický přínos předložené práce spatřuji v rozšíření možností analytických modelů a současně ve zpřesnění konstitutivního modelu abdominální aorty na základě implementace reálných materiálových parametrů perivaskulární tukové tkáně. Ukazuje se, že tato specifická tkáň má význam pro mechanickou odezvu abdominální aorty. O kvalitě předložené práce vypovídá i několik publikací, které Ing. Voňavková publikovala v odborných časopisech a které mají dobrou odezvu v podobě počtu citací.

Na základě výše uvedeného, a to i přes uvedené připomínky považuji předloženou disertační práci Ing. Terezy Voňavkové s názvem *Mechanical Properties of Perivascular Adipose Tissue and its Effect on Biomechanics of Abdominal Aorta* za velmi kvalitní a **doporučuji ji k obhajobě**.

V Jihlavě dne 10. listopadu 2020

.....
doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D.

Doplňující otázky:

1. Proč byla v práci uvažována perivaskulární tuková tkáň jako nestlačitelný materiál? S ohledem na strukturu tohoto typu tkáně lze předpokládat jistou míru stlačitelnosti (např. *Sun et al.: Comparison of porcine and human adipose tissue loading responses under dynamic compression and shear: A pilot study. J Mech Behav Biomed Mater. 2021, 113, 104112*).
2. Čím si vysvětlujete situaci, kdy na grafu (Obr. 28, str. 53) je počáteční hodnota osového napětí σ_{zz} u modelu $H_{PT} = 40 \text{ mm}$ oproti očekávání větší pro osové předpětí $\lambda_{z\zeta}^{ini} = 1$ než pro stejný model s osovým předpětím $\lambda_{z\zeta}^{ini} = 1,1$?
3. Můžete vzájemně porovnat modely abdominální aorty s perivaskulární tukovou tkání a bez ní při inflačním testu? Vhodnými parametry mohou být např. velikosti napětí σ_{rr} , $\sigma_{\theta\theta}$ a σ_{zz} .