



Věc: Posudek závěrečné práce

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

Autorka: **Ing. Tereza Voňavková**

Škola, program, obor: **ČVUT FS, P2301 strojní inženýrství, 3901VO10 biomechanika**

Více než deset let se na Fakultě strojní ČVUT v Praze věnujeme výzkumu zaměřenému na podélné předpětí lidských cév. Zprvu, v době výzkumných záměrů (Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství I a II) leželo těžiště naše zájmu v materiálových vlastnostech stěn. Při něm jsme naráželi na nutnost zabývat se zbytkovou napjatostí a deformací cév. Postupně se ukázalo, že chceme-li konstitutivní modely smysluplně použít, musíme mít dobrou představu o okrajových podmínkách. To nás přivedlo ke studiu podélného předpětí, protože zatímco je světová odborná literatura bohatá na publikace zabývající se materiálovými modely a chováním, které předpovídají, studium realistických okrajových podmínek je, jak příznačně, poněkud na okraji. Od okrajové podmínky na čelech trubice (rozuměj tepny) je už jen malý krok k jejímu vnějšímu povrchu.

Ing. Tereza Voňavková nastoupila k doktorskému studiu na odboru biomechaniky 1. 10. 2013 po té, co u nás absolvovala jak své magisterské, tak bakalářské studium. V nich se postupně dostala od experimentální simulace perkutánní intervence zaměřené zejména na kinematiku k výpočetnímu modelování napjatosti a deformace v cévách. Od počátku se zapojila do u nás běžících grantů, zejména NT13302 *Optimalizace fyzikálních charakteristik cévních náhrad pro nízké průtoky* a následně NV15-27941A *Využití neantigenního rybího kolagenu při konstrukci implantátů a jako nosiče léků*, TAO4010330 *Vývoj resorbovatelné kolagen-kalcium fosfátové nanovrstvy s řízenou elucí antibiotik pro zvýšení životnosti implantátů* které ale svým zaměřením spadaly mimo téma její disertace.

Téma jako takové se od počátku mělo týkat mechaniky obalu tepny – tukového obalu, který mechanicky interaguje s předepjatou cévou, když její stěna přenáší tlakový puls. Postupně se vyjasnilo, že sám výzkum mechanických vlastností tukové tkáně není to hlavní, neboť mu chybí přesah v aplikovatelnosti. Až když jsou poznatky o mechanice tukové vrstvy implementovány do výpočetního modelu pro napjatost a deformaci lidské aorty, dostáváme se k biomechanice krevního oběhu, která je podstatná pro úplné porozumění fyziologii našeho těla.

Tohoto stavu bylo v doktorandčině snažení dosaženo někdy okolo roku 2018, když už na fakultě nepůsobila, ale byla zaměstnána ve Fakultní nemocnici Motol. Ještě před odchodem mimo akademickou půdu se jí ale podařilo, s podporou studentských grantů SGS13/176/OHK2/3T/12 a SGS16/207/OHK2/3T/12, dokončit experimentální část práce věnovanou zjištění elastických vlastností perivaskulární tkáně. Následnou část práce založenou na modelu dvouvrstvé silnostěnné nádoby z nelineárních materiálů (aorta anizotropní, tuk izotropní) zatíženém vnitřním tlakem a předepínací silou numericky provedenou v Maple, která svým zaměřením již spadá do aktuálně probíhajícího grantu GA18-26041S **Vliv podélného předepnutí na mechanickou odezvu**

nelineárních elastických a viskoelastických trubic, již doktorandka prováděla v kombinované formě studia.

V době jejího prezenčního studia (1. 10. 2013 až 30. 9. 2017) se jí podařilo aktivně se zúčastnit několika zahraničních vědeckých konferencí, kde vystoupila se svými přednáškami (COMPLAS 2015, ECCOMAS 2016). Absolvovala také zahraniční letní školu pořádanou prof. Holzapfelem v Grazu (6th Summer School on Biomechanics: Trends in Modeling and Simulation, 2014). Navíc se v té době stala spoluautorkou článku otištěného v prestižním časopise, který předznamenal finální náplň dizertace, neboť se zaměřoval na vliv podélného předpětí na biomechaniku břišní aorty ovšem bez uvážení interakce s perivaskulární tkání (Horný, L., Netušil, M., & Voňavková, T. (2014). Axial prestretch and circumferential distensibility in biomechanics of abdominal aorta. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 13(4), 783–799).

Jak bylo řečeno, předložená dizertační práce se zabývá studiem vlivu interakce s okolím, mohli bychom s troškou zjednodušení říkat studiem vlivu okrajových podmínek, na mechanickou odezvu lidské břišní aorty. Jako okrajové podmínky jsou zahrnuty (1) předepínací síla a (2) tuková tkáň obalující aortu zevnějšku. Materiálový model pro perivaskulární tkáň identifikovala sama autorka v rámci své disertace, model pro stěnu aorty je přejet z literatury. Výsledkem výpočetního modelu založeného na analytické teorii je popis kinematiky interakce a stavů napjatosti a deformace interagujících těles. Nejdůležitějším výsledkem, po mém soudu, je zjištění, že ačkoliv má tukový obal kinematicky omezující charakter, tak je tento kompenzován právě podélným předpětím. Tj. stejně jako u jednovrstvé trubice, podélné předpětí vede ke zvýšení obvodové poddajnosti a roztážitelnosti tepny. Tukový obal, samozřejmě, navíc vede ke snížení napěťové špičky.

Dosažené výsledky jsou podle mne nové a rozvíjí poznání v oboru biomechaniky krevních cév. Tomu odpovídá i fakt, že se je podařilo prosadit do zahraničního impaktovaného časopisu jako: Voňavková, T., & Horný, L. (2020). Effect of axial prestretch and adipose tissue on the inflation–extension behavior of the human abdominal aorta. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 23(3), 81–91.

Závěrem konstatuji, že předložená práce splňuje nároky kladené disertační práci v doktorském studijním programu a doporučuji její obhajobu.

V Praze 13. 8. 2020

doc. Ing. Lukáš Horný, Ph.D.
školitel doktorandky