



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

Modelování vlivu změn hemodynamických veličin na rychlost pulsní vlny v aortě

David Leitemann¹, Josef Pražák², Svatava Konvičková³

Príspevek poukazuje na zmenu chování cévní stěny při změnách tlaku, objemového toku a tepové frekvence. Je diskutován způsob modelování vnějšího prostředí aorty a ovlivnění průběhu pulsní vlny ve stěně aorty vnějším prostředím. Je prezentován experiment proveden na prasečích aortách. Závěrem je stručně popsána experimentální linka, jejíž třetí generace bude umožňovat zjišťování interakce aorty s okolím.

Klíčová slova: CVS, pulsní vlna, céva, experiment

Úvod

Pulsní vlna generovaná srdečním cyklem a šířená systémovým oběhem může být charakterizována svojí rychlostí šíření. Jedná se o parametr, který může být užitečný pro odhad materiálových vlastností cévní stěny. Na základě těchto již známých vlastností jsme schopni se rozhodnout, zda aorta vykazuje nějaké patologické znaky, či je ve stavu fyziologickém.

Metoda

Signál získaný tlakovým čidlem je přetransformován na veličinu vypovídající o mechanických vlastnostech cévní stěny; efektivní hodnota modulu pružnosti nebo útlum apod. Rychlost pulsní vlny je vypočtena z časových záznamů tlaků získaných tlakovými čidly umístěnými před a za kontrolním úsekem aorty. Předpokladem je, že tlakové záznamy získané v různých místech reprezentují stejné chování cévy s určitým časovým zpožděním ve směru toku. Vzdálenost snímačů je známa stejně tak jako snímací frekvence tlaků. Lze vypočítat dobu za kterou se pulsní vlna šíří cévní stěnou od prvního tlakového čidla k druhému, tedy také její rychlost. Cévy s rozdílnými mechanickými vlastnostmi se vyznačují odlišnými hodnotami rychlosti pulsní vlny.

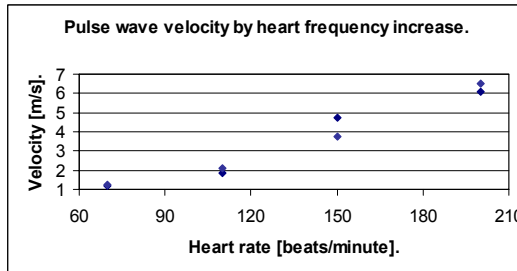
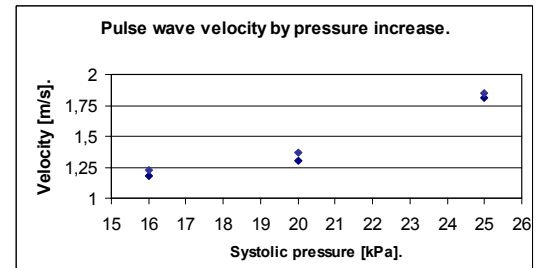
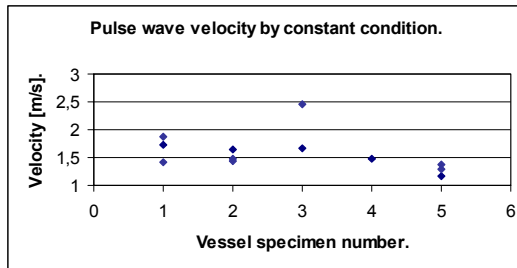
Výsledky

Na vzorcích prasečích aort byla zjišťována rychlost pulsní vlny při konstantních podmínkách (obr.1) a dále závislosti rychlosti na systolickém tlaku (obr.2) a rychlosti na tepové frekvenci (obr.3). První experiment potvrdil reprodukovatelnost měření. Druhý experiment potvrdil nelineární chování materiálu cévní stěny. Závislost naměřenou při třetím experimentu neumíme přesně vysvětlit. Domníváme se, že je chování cévy nemalou měrou ovlivněno okolním prostředím. Za tímto účelem vnikla experimentální linka třetí generace (obr.4), která umožní zjistit jak se jednotlivé části

¹ Ing.; ČVUT fakulta strojní, Laboratoř biomechaniky člověka, Technická 4, 166 07 Praha; e-mail: leiterma@fsid.cvut.cz

² RNDr., CSc.; Ústav termomechaniky AV ČR, Dolejškova 5, 182 00 Praha; e-mail: prazak@it.cas.cz

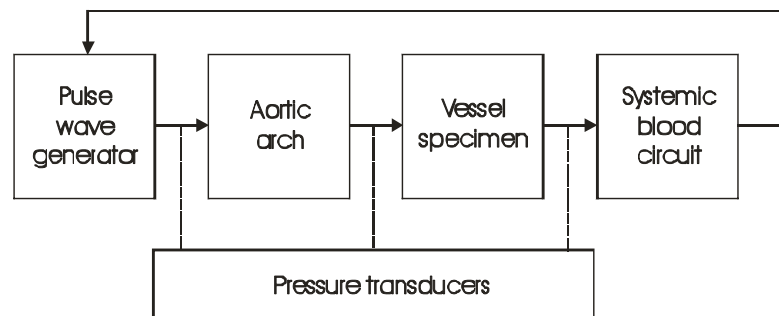
³ Doc. Ing., CSc.; ČVUT fakulta strojní, Laboratoř biomechaniky člověka, Technická 4, 166 07 Praha; e-mail: konvicko@fsid.cvut.cz



Obr. 1: Rychlost pulsí vlny při konstantních podmínkách: krevní tlak 16/10kPa (120/80mmHg), tepová frekvence 70tepů/min., systémový odpor 110MPa.s.m⁻³

Obr. 2: Závislost rychlosti pulsí vlny na systolickém tlaku

Obr. 3: Závislost rychlosti pulsí vlny na tepové frekvenci



Obr. 4: Experimentální linka třetí generace. PWS – generátor pulsí vlny, AA – aortální oblouk, VS – vzorek cévy, BSC – systémový krevní oběh, PT – tlakové snímače

podílejí na ovlivnění chování aorty. První a druhý tlakový snímač jsou použity pro nastavení elasticity odpovídající hodnotě aortálního oblouku. Druhý a třetí jsou určeny pro výpočet rychlosti pulsí vlny v aortálním segmentu. Systémový odpor je řízen dle tepové frekvence podle Frank-Starlingovy křivky.

Závěr

Největšími rozdíly mezi současnou a předcházející verzí experimentální linky jsou kompartmenty reprezentující systémový odpor a elasticitu oblouku aorty. Systémový odpor modelovaný hydrostatickým tlakem vyvolaným vodním sloupcem se ukázal jako velmi nevhodný kvůli velké setrvačnosti kapaliny a vniku silných odrazových vln. Odpor modelovaný postupným větvením krevního řečiště se problémem setrvačnosti a zpětných vln minimalizoval. Nově byl zaveden kompartment zastupující oblouk aorty. Důvodem bylo přiblížení průběhu krevního tlaku při srdečním cyklu k fyziologii.

Reference

- Šrámek B.B., Valenta J., Klimeš F.: *Biomechanics of the Cardiovascular System*. Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University, Prague, Cz, Foundation for Biomechanics of Man, Irvine CA, USA, 1995.
- Valenta J., Klimeš F., Komárek P., Kittnar O.: *Biomechanika srdečně cévního systému*. ČSSB, ÚH ČSAV, ČVUT FS, 1992.
- Y.C. Fung.: *Biomechanics Circulation*. Springer, USA, 1997