



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

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

**ZÁVISLOST KONSTITUTIVNÍCH ROVNIC LIDSKÉ VĚNČITÉ
TEPNY NA VĚKU**

Lukáš Horný¹, Jaroslav Valenta, Karel Vítek², Otmar Kittnar³

Abstrakt: Cílem našeho výzkumu bylo sestavení nelineární závislosti úhlu rozevření na věku člověka, zjištění závislosti napěťově deformačních charakteristik věnčitých tepen na věku. Jsou prezentovány konstitutivní rovnice pro obvodový směr u obou pohlaví. Je zřetelný nárůst tuhosti s věkem u obou pohlaví. Pro věkovou skupinu 35-45 let dochází ke stupňovitému skoku.

Úvod

Lidské věnčité tepny, které jsou umístěny na povrchu epikardu, jsou nejčastějším místem tvorby aterosklerotických plátů v lidském krevním oběhu. Endoteliální buňky tepenné stěny jsou vystaveny oscilujícímu smykovému napětí krevního toku a to ovlivňuje biochemické pochody, propustnost endotelu pro makromolekuly a vodu (Berthiaume, Frangos [1]). To může být hlavní faktor ovlivňující vznik aterosklerózy. Svůj vliv na její vznik má jistě i dynamická obvodová deformace daná pulzujícím tlakem krve. My jsme použili analytický model na simulaci vlivu stárnutí na obvodovou zbytkovou deformaci, konstitutivní rovnice lidských věnčitých tepen (ramus circumflex) podle dat získaných z literatury (Ozolanta and Purinya [2]).

Úhel rozevření a aging

Vztah mezi zbytkovým napětím, reologickými vlastnostmi tepenné stěny, remodelací a napěťovým gradientem je velmi komplexní. Poměr kolagenu k elastinu s věkem stále vzrůstá. To vede ke zvyšování tuhosti a radiálního gradientu napětí. Což naopak vede k mediální hypertrofii a ke vzrůstu poměru h (tloušťka stěny) k R poloměr tepny. Velké množství tkáně pak odpovídá změnou zbytkového napětí. Existuje tedy vztah mezi h/R a úhlem rozevření [3]. Na základě práce [4] je navržen vztah mezi úhlem rozevření, tloušťkou a poloměrem tepny:

$$\Theta = \Theta_0 \left(\frac{R(\tau)}{R_0(\tau_0)} \right) \left(\frac{h(\tau)}{h_0(\tau_0)} \right). \quad (1).$$

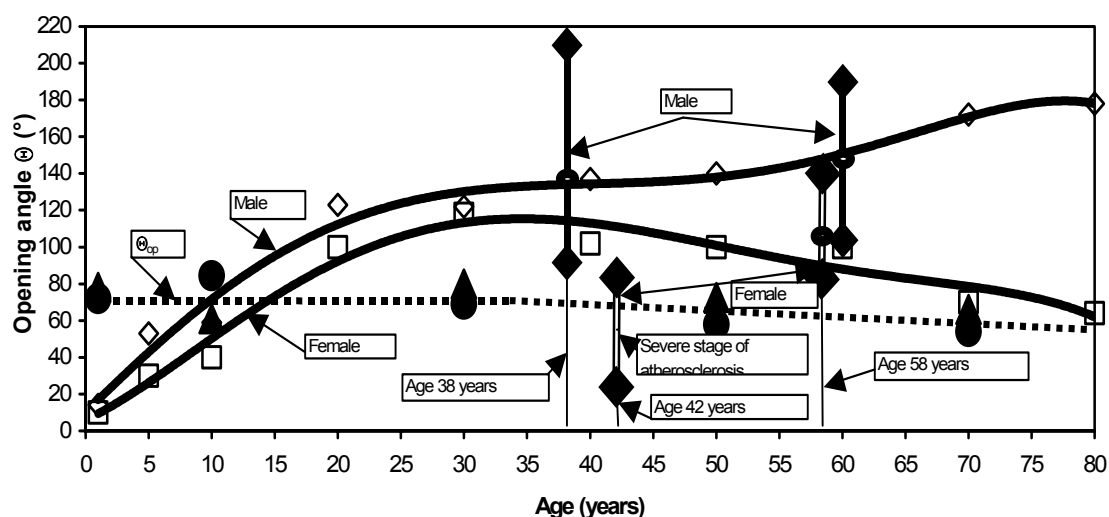
τ je biologický čas, $\tau_0 = 1$ rok, $R(\tau)$ a $h(\tau)$ jsou průměrné hodnoty středního poloměru a tloušťky tepny v daném čase. Obdobně výrazy ve jmenovateli v čase 1 rok. Obrázek 1.

¹ Ing. Lukáš Horný, FS ČVUT, Laboratoř biomechaniky člověka U205.3, Technická 4, Praha 6, 166 07, horny@biomed.fs.cvut.cz

² Ing. Karel Vítek, CSc., FS ČVUT, Odbor pružnosti a pevnosti U205.1, Technická 4, Praha 6, 166 07, vitek@fsid.cvut.cz

³ Doc. MUDr. Otmar Kittnar, CSc., LF UK, Ústav fyziologie, Albertov 5, Praha 2, 12800, otmar.kittnar@lfl.cuni.cz

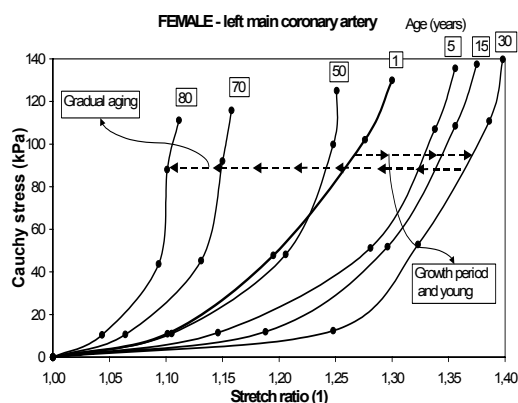
sumarizuje odhad korelace mezi úhlem rozevření a věkem, ukazuje také značný rozptyl v hodnotách úhlu rozevření. Tečkovaná čára vyznačuje teoretické hodnoty úhlu rozevření, jež by jako zbytková deformace produkovali zbytkové napětí, které by tvořilo celkové obvodové homogenním (po tloušťce stěny) při normálním krevním tlaku. Je vidět, že pouze v případě dětí je úhel rozevření menší než předpokládaný. Od adolescentních jedinců (asi od 15 let) dochází ke zvětšování hodnot úhlu rozevření, hodnoty větší než teoretické. Dochází tedy ke zvětšování úhlu rozevření, zbytkové deformace a napětí; to vede k poklesu mechanického namáhání intimy a vnitřních vrstev medie, kdežto adventitie je přetížena (Valenta et al. [5]).



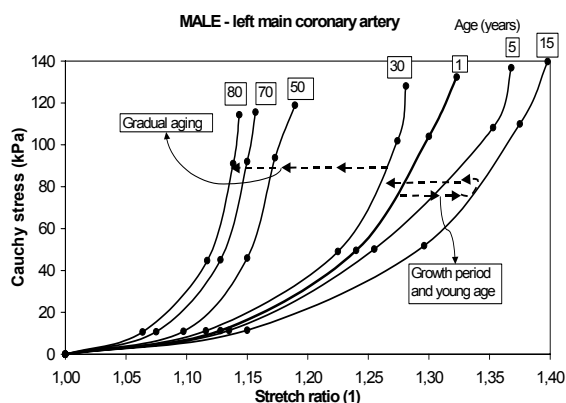
Obr.1 Závislost úlu rozevření na věku

Věkově závislé konstitutivní rovnice

Ozolanta a Purinya [2] vyšetřovali mechanické vlastnosti věnčitých tepen na 121 vzorcích. Byly rozděleny do šesti skupin podle věku. Zatěžování bylo v rozsahu od 0-110 kPa (Lagrangeovo napětí). Na základě nelineární regresní analýzy byla zjištěna teoretická závislost napětí-ovně deformační závislosti pro mužské (Obr2) a ženské (Obr3) věnčité tepny v obvodovém směru.



Obr.2 Mužská levá věnčitá tepna



Obr.3 Ženská levá věnčitá tepna

Závěr

Ze vzhledu získaných závislostí vyplývá, že u ženských věnčitých tepen dochází ke stupňovitému tuhnutí později než u mužů. Zvýšení poddajnosti ve věku od 0-15 let je u nich je u žen výraznější. Dále je vždy tužší levá věnčitá tepna než pravá. Ve věku od 35 do 45 let dochází u obou pohlaví ke stupňovitému vzrůstu tuhosti, celá křivka se posouvá doleva a zvyšují se tečny.

Tento výzkum byl podpořen grantem MSM 21 00000 12.

Literatura

- [1] F. Berthiaume and J.A. Frangos, Effects of flow in anchor age- dependent mammalian cells-secreted products, in: Physical Forces and the Mammalian Cell, J.A. Frangos, ed., *Academia ISO Press, New York*, 1993, 139 – 192
- [2] I. Ozolanta and B. Purinya, Age related changes of the biomechanical parameters and structure of coronary artery walls, *Contemporary Problems of Biomechanics (in Russian)* **2** (1985), 208 – 237
- [3] A. Badreck-Amoudi, C.K. Patel, T.P.C. Kane and S.E. Greenwald, The effect of age on residual strain in the rat aorta, *ASME Journal of Biomechanical Engineering* **118** (1996), 440 – 444.
- [4] J. Valenta, J. Svoboda, D. Valerianova and K. Vitek, Residual strain in human atherosclerotic coronary arteries and age related geometrical changes, *Bio-Medical Materials and Engineering* **9** (1999), 311 – 317.
- [5] J. Valenta, K. Vítek, R. Čihák, S. Konvičková, M. Sochor, L. Horný, Age related constitutive laws and stress distribution in human main coronary arteries with reference to residual strain, *Bio-Medical Materials and Engineering*, (*in press*)