

Effect of blood viscoelastic property in hemodynamic simulations of carotid arteries

Efeito da propriedade viscoelástica do sangue em simulações hemodinâmicas de artérias carótidas

J.A. Felgueiras¹ | L.C. Sousa^{1,2} | C.C. António^{1,2} | E. Azevedo^{3,4} | C.F. Castro^{1,2} | S.I.S. Pinto^{1,2(*)}

¹Engineering Faculty, University of Porto, Porto, Portugal

²Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering (LAETA-INEGI), Porto, Portugal

³Department of Neurology, Centro Hospitalar Universitário São João, Porto, Portugal

⁴Department of Clinical Neurosciences and Mental Health, Faculty of Medicine, University of Porto, Portugal

(*)Email: spinto@fe.up.pt

abstract

The study of the influence of the blood viscoelastic property in numerical simulations is still a challenge in the scientific community, mainly in patient-specific arteries with complex geometry. It is well-known from the literature that considering the viscoelastic property of blood is important in arteries with small calibre such as coronary arteries. However, as far as we know, it is not verified for arteries with medium calibre such as carotid arteries (≈ 8 mm diameter). Thus, the novelty of the present work highlights the comparison of the hemodynamic descriptors when using the purely shear-thinning non-Newtonian model, Carreau model, and the viscoelastic non-Newtonian property of blood, multi-mode sPTTmodel, for the flow simulation in patient-specific carotid arteries. The differences are clearly notable in the bifurcation region with a 67% increase of the relative residence time when considering the viscoelastic model. Thus, it is evident that using the viscoelastic property of blood (sPTT model), so far the most realistic model, should be considered in arteries with large cross-sectional areas, such as carotid arteries.

Keywords: viscoelasticity, hemodynamic simulations, carotid arteries, atherosclerosis.

resumo

O estudo da influência da propriedade viscoelástica do sangue em simulações numéricas ainda é um desafio na comunidade científica, principalmente em artérias específicas de pacientes com geometria complexa. É bem sabido da literatura que a consideração da propriedade viscoelástica do sangue é importante em artérias de pequeno calibre como as coronárias. No entanto, até onde sabemos, não está comprovado para artérias de médio calibre, como as artérias carótidas (≈ 8 mm de diâmetro). Assim, a novidade do presente trabalho destaca a comparação dos descritores hemodinâmicos ao usar o modelo puramente pseudoplástico não-Newtoniano, modelo de Carreau, e a propriedade viscoelástica não-Newtoniana do sangue, modelo sPTT multimodo, para a simulação do fluxo em artérias carótidas específicas do paciente. As diferenças são claramente notáveis na região de bifurcação com um aumento de 67% do tempo de residência relativo quando considerado o modelo viscoelástico. Assim, fica evidente que o uso da propriedade viscoelástica do sangue (modelo sPTT), até ao momento o modelo mais realista, deve ser considerado em artérias com grandes áreas transversais, como as artérias carótidas.

Palavras-chave: viscoelasticidade, simulações hemodinâmicas, artérias carótidas, aterosclerose.