

Mecânica de Aneurismas da Aorta Abdominal – Análise Numérica e Experimental

Lucas Boabaid Ibrahim, Djenane C. Pamplona, Luciano de Almeida Ferreira, Stefane Xavier Lopes, Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio, e-mail: lboabaid@tecgraf.puc-rio.br.

Introdução

Aneurismas são uma das maiores causas de mortalidade no mundo ocidental. Mais de 15 mil pessoas morrem anualmente nos Estados Unidos por rompimento ou dissecação de aneurismas de aorta. São ameaças silenciosas, porque a artéria pode inchar sem causar dor. A maioria das pessoas descobre ter aneurismas quando se submetem a exames por outros motivos. Na maioria das vezes, a dor se manifesta apenas quando o aneurisma sofre ruptura ou dissecação, as rupturas em geral matam instantaneamente. Os aneurismas da aorta abdominal, quando não operados, podem apresentar complicações como a trombose aguda, embolia arterial, corrosão de corpo vertebral e compressão de estruturas vizinhas. Porém, a complicação mais freqüente e temida dos aneurismas é a ruptura.

Este artigo apresenta análise numérica e experimental da formação de aneurismas na aorta abdominal. Para a análise numérica foi utilizado o código de elementos finitos ABAQUS (Hibbitt et al., 2001) com elementos de casca e material incompressível, homogêneo e isotrópico. A análise experimental foi realizada em tubos de silicone com a geometria da aorta fabricados em nosso Laboratório.

Análise numérica do tubo de silicone com a geometria da aorta abdominal

A análise numérica foi realizada para tubos de silicone com a mesma geometria utilizada na análise experimental, i.e., com a geometria aproximada da aorta abdominal. Foi utilizada uma malha contendo 1916 nós e 1805 elementos do tipo S4R (quadrilátero com integração reduzida).

Primeiramente, foi aplicada a tração no tubo, seguida de acréscimo na pressão através de incrementos crescentes. Neste último passo, a pressão começou a crescer até atingir a pressão crítica. A pressão crítica é a máxima pressão suportada pelo material durante o ensaio.

Na análise o tubo de silicone foi traçado de 10%, sendo a pressão crítica encontrada de 7,771 KPa, a tensão máxima foi de 139,54 KPa.

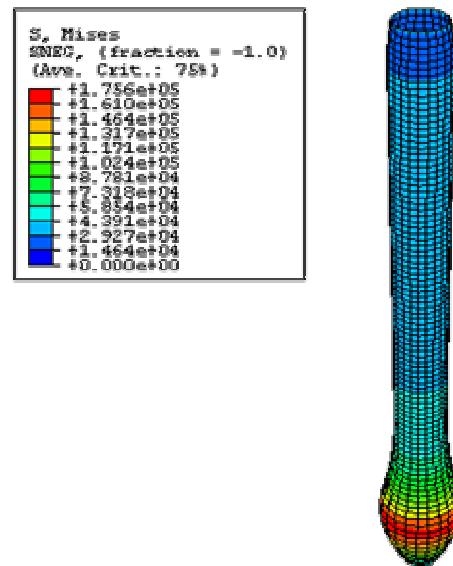


Figura 1: Configuração final do tubo de silicone para uma tração de 10%.

Análise experimental do tubo de silicone com a geometria da aorta abdominal

Para a confecção dos tubos foi utilizada a borracha de silicone B1, DU LÁTEX – Produtos Industriais Ltda. Após a elaboração de diversos testes de tração em corpos de prova cilíndricos com 0,8 cm e 0,5 cm de diâmetros externo e interno respectivamente, fabricados com diferentes concentrações de catalisador foi escolhida a concentração de 0,5% de catalisador para a massa total de silicone. Este ensaio teve o objetivo de determinar a constante elástica do material a ser empregado na análise numérica.

A artéria de silicone fabricada para a análise tem as seguintes dimensões: diâmetros interno e externo da parte inferior: 2,3 e 2,8 cm; diâmetros interno e externo da parte superior: 2,8 e 3,8 cm e comprimento de 40 cm.

O tubo de silicone foi fixado em um aparato metálico prendendo-se suas extremidades nos bocais com braçadeiras plásticas. A distância entre as braçadeiras corresponde ao comprimento inicial do tubo de silicone a ser ensaiado. O tubo de silicone foi então tracionado regulando-se a altura do suporte metálico.

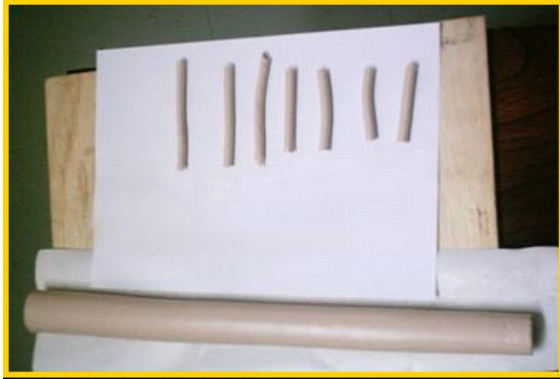


Figura 2: Corpos de prova e tubo de silicone.

Através de bombeamento suave aumentou-se a pressão interna até que o bulbo (simulação do aneurisma) se formasse. Foram registrados então a pressão crítica, por meio de aparato desenvolvido especialmente para este objetivo Fig 3, quando ocorreu a formação do bulbo.

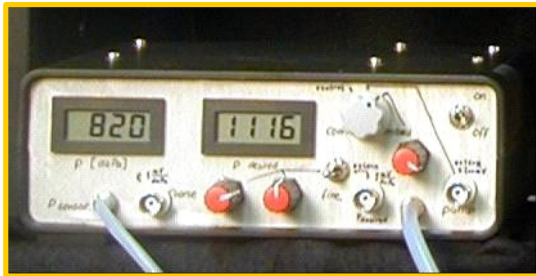
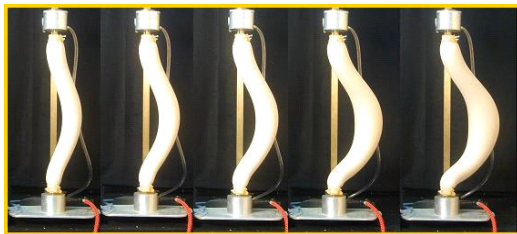


Figura 3: Aparato desenvolvido para bombeamento suave, registro e controle da pressão interna.



12,35 12,78 13,02 12,72 11,72

Figura 4 – Seqüência da pressurização do tubo de silicone com tração de 10%, pressões em (KPa).

Discussão e conclusão

Uma diferença máxima de 31% foi encontrada na comparação das pressões críticas obtidas numérica e experimentalmente, nas diversas análises que foram realizadas em diferentes tubos, Tab.1. Esta diferença nos resultados certamente deve-se às imperfeições observadas nos tubos confeccionados.

Resultado experimental (KPa)	11,200
Resultado numérico (KPa)	7,771

Tabela 1 – Pressão crítica experimental e numérica para tubos de silicone, com tração de 10%.

Estes são os resultados iniciais de uma pesquisa que se inicia. A fabricação de um novo molde que permitirá a obtenção de tubos menos imperfeitos. Após a realização da análise experimental o tubo será seccionado e sua geometria (mesmo que imperfeita) será utilizada no modelo numérico. Após esta validação numérico experimental em silicone a análise numérica será realizada com as equações constitutivas recentemente publicadas na literatura (Holzapfel, 2006) e (Sacks, 2006).

Referências bibliográficas

- Erasmio Simão da Silva et all, Variation of infrarenal aortic diameter: A necropsy study. J. of Vascular Surgery, Vol. 29-5, pp. 920-927, 1999.
- Holzapfel, G.A, "A New Constitutive Framework for Arterial Wall Mechanics and a Comparative Study of Material Models", a ser publicado J. of Biomechanics , 2006.
- Sacks M.S., 2006, "The effects of aneurysms on the biaxial mechanical behavior of human abdominal aorta" a ser publicado no J. of Biomechanics , 2006.