

Simulação numérica da expansão de stents para angioplastia com utilização do método de hidroconformação

Rogério de Araújo, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, email: rogerau_mat@yahoo.com.br

Sonia A. G. Oliveira, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, email: sgoulart@mecanica.ufu.br

Tobias Anderson Guimarães, Centro Federal de Educação Tecnológica de Divinópolis, email: asptobias@yahoo.com.br

Introdução

Nos Estados Unidos, as doenças do coração matam por volta de um milhão de pessoas todos os anos (Filho et al., 2002). A estenose ou bloqueio do fluxo sanguíneo é ocasionada por acúmulo de placas de gordura na parede arterial. O grande desenvolvimento na tecnologia, fez com que novas técnicas de tratamento como a Angioplastia Coronária Transluminal Percutânea (ACTP) e novos dispositivos como o stent fossem criados na tentativa de diminuir estas doenças. Um stent para angioplastia é uma prótese metálica em formato cilíndrico composto por unidades repetidas (células), distribuídas ao longo de uma superfície cilíndrica cuja função é reforçar a parede arterial após o procedimento de angioplastia. Durante o seu implante, o stent, é levado até a região obstruída com a ajuda de um cateter com um pequeno balão na sua extremidade. Quando o mesmo chega à região, ele é expandido aplicando-se uma pressão através de um fluido no interior do balão. No caso do stent, um dos objetivos da simulação numérica é o estudo de seu comportamento mecânico podendo assim prever possíveis falhas, antes mesmo de ser implantado em seres humanos. O principal objetivo deste trabalho é comparar a geometria desenvolvida por Guimarães (2005) com outra baseada em modelos comerciais apresentados por Serruys e Kutryk (1998).

Metodologia

Neste trabalho, foi utilizado o método da hidroconformação de tubos e análise de elementos finitos explícitos para simular o processo de expansão de um stent. A análise foi realizada no programa Stampack[®], para avaliação de parâmetros de projeto, tais como, pressão necessária para expansão, campo de deformação plástica e variação da espessura relativa. O aço inoxidável 316L foi adotado como material de fabricação do stent. Como este material é isotrópico, o modelo de Von Mises para o cálculo de tensão equivalente é usado para estimar o estado de deformação plástica. Os modelos de stents possuem as mesmas dimensões dos disponíveis comercialmente. Cabe ressaltar que estas dimensões estão em escala ampliada da ordem de 100/1, de forma a otimizar o tempo de cálculo computacional. Para a criação da malha de elementos finitos foram adotados elementos triangulares do tipo casca (Araujo, 2007) em uma distribuição de malha não estruturada. A pressão

utilizada no processo foi de 42 MPa em escala ampliada, equivalente a aproximadamente 0,42 MPa em escala real. A execução da simulação foi iniciada, tomando um tempo computacional total de aproximadamente 10 horas.

Análise dos resultados

As Fig. 1 (a) e (b) mostram a forma inicial e final do modelo geométrico do stent desenvolvido por Guimarães (2005) e o stent comercial, respectivamente. Na simulação por elementos finitos, o tempo total de expansão foi de 1.5×10^{-3} s e a magnitude da pressão aplicada nos dois modelos foi estimada por tentativas e erros.

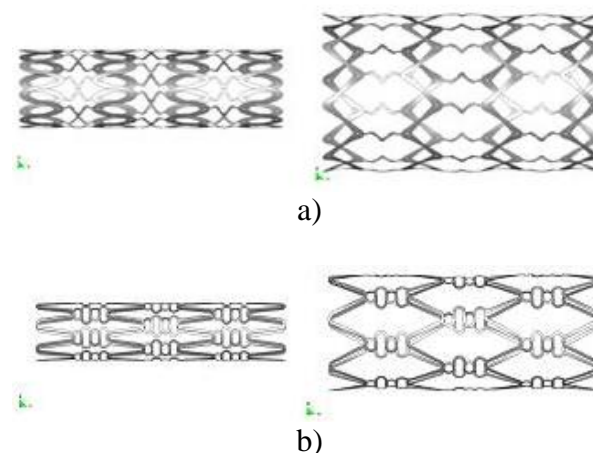


Figura 1: Forma inicial e final do stent (a) e stent comercial (b).

No stent desenvolvido por Guimarães (2005) a região que sofre o maior grau de deformação plástica, é a região próxima aos três furos do elemento de rigidez, como mostra a Fig. 2 (a), acontecendo assim um encruamento dessa região, contribuindo com o fortalecimento estrutural do modelo de stent. Já na Fig. 2 (b), pode-se observar que a deformação plástica está distribuída de maneira bem uniforme ao longo da estrutura do stent comercial, o que também contribui para o seu enrijecimento estrutural.

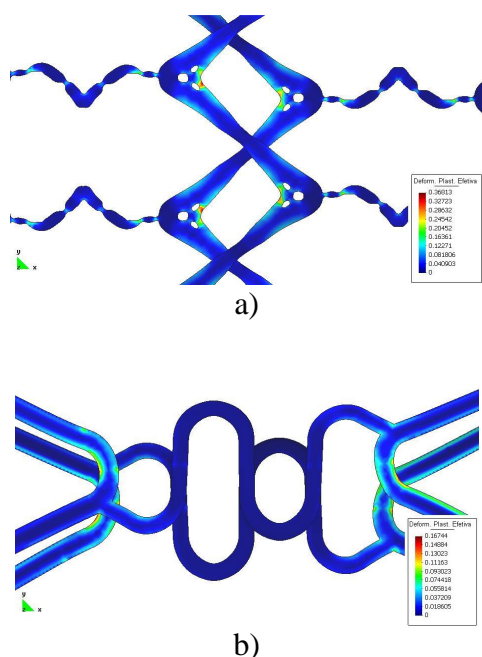


Figura 2: Regiões do stent (a) e stent comercial (b) com maior deformação plástica.

As Fig 3 (a) e (b) mostram os diagramas de zona de segurança do stent e stent comercial, podendo ser observadas as regiões sujeitas a falha, ao afinamento, à baixa deformação, rugas, etc.

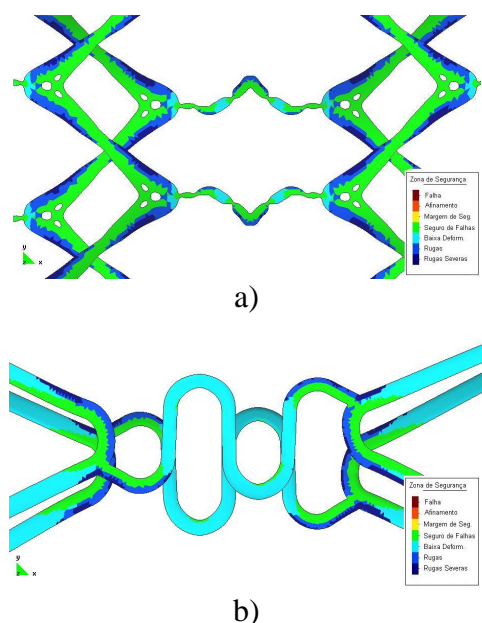


Figura 3: Diagramas de zonas de Segurança do stent (a) e stent comercial (b).

Observa-se que ambos os modelos apresentaram uma expansão uniforme ao longo de suas estruturas. Deve-se dar bastante importância a este resultado, pois uma expansão não uniforme nas extremidades pode ferir a parede arterial colaborando com o aparecimento da restenose.

Conclusões

Neste trabalho foi utilizada uma nova metodologia para simulação de expansão de stent para angioplastia utilizando o processo de hidroconformação de tubos.

Nesta metodologia foi simulada numericamente a expansão de um modelo de stent desenvolvido por Guimarães (2005) e um modelo baseado em stents comerciais, ambos utilizando o programa de elementos finitos explícito Stampack®, em sua plataforma de simulação do processo de hidroconformação.

Os resultados obtidos para a simulação de expansão de stent e do stent comercial, apresentaram resultados muito satisfatórios. Ambos os modelos tiveram uma boa expansão, com relação aos seus diâmetros originais, com uma pressão muito menor que aquela nominalmente utilizada por cardiologistas. A estrutura do modelo de stent mostrou uma boa distribuição da energia de deformação plástica absorvida durante o processo de simulação da expansão, o que também pode ser observado para o modelo de stent comercial. O modelo de stent apresentou ótimas características mecânicas, provando que a sua geometria satisfaz algumas especificações requeridas para o procedimento de angioplastia. Sendo assim, pode-se concluir que este modelo de stent possui uma grande disposição ao implante na parede de uma artéria, podendo apresentar um menor risco de restenose após o procedimento de angioplastia. A simulação do modelo de stent comercial foi de extrema importância para este trabalho, pois serviu como base de referência para análise dos resultados obtidos da simulação do stent, ou seja, o procedimento de simulação numérica da expansão de stents para angioplastia utilizando o processo de hidroconformação de tubos disposto pelo software Stampack® mostrou ser eficaz na predição de possíveis falhas estruturais dos modelos usados na angioplastia.

Referências bibliográficas

Filho, E. G. S., Abdo, G. L., Orel, M., Gun, Prevenção da restenose pós-angioplastia coronária: mito ou realidade?. Revista Medicina, Vol. 81(1/4), pp 31-41, 2002.

Serruys, P. W., Kutryk, M. J. B., Handbook of Coronary Stents. Ed. Martin Dunitz, 1998.

Guimarães, T. A., Aplicação da técnica de otimização topológica no projeto de células de stents para angioplastia, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, Brasil, 2005.

Araujo, R., Simulação numérica do processo de expansão de stents para angioplastia por hidroconformação, 2007, 96 p., Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

Agradecimentos

À FAPEMIG pelo apoio financeiro.