

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.

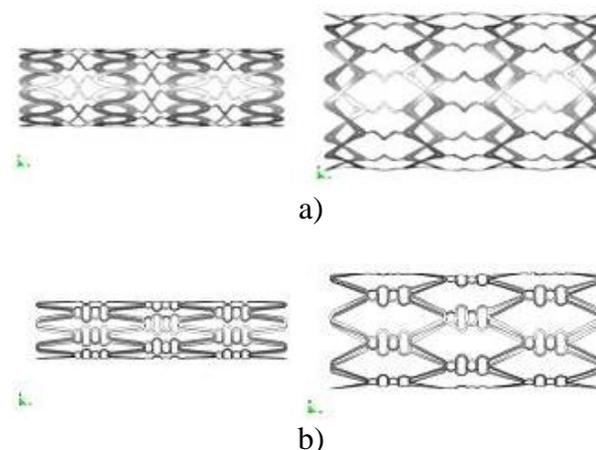


Figura 1: Forma inicial e final do stent (a) e stent comercial (b).

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.

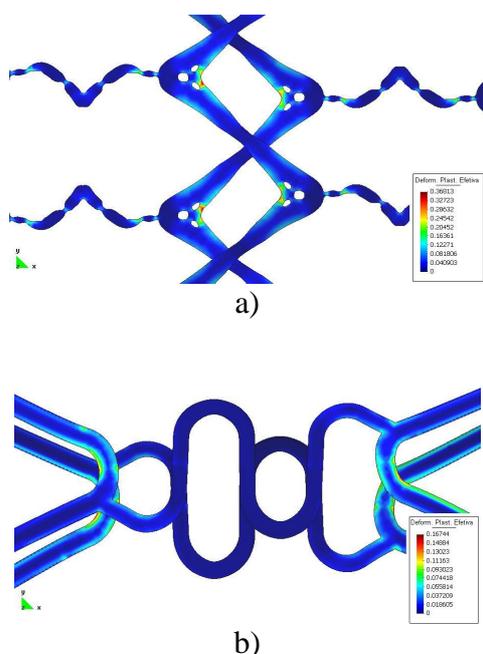


Figura 2: Regiões do stent (a) e stent comercial (b) com maior deformação plástica.

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.

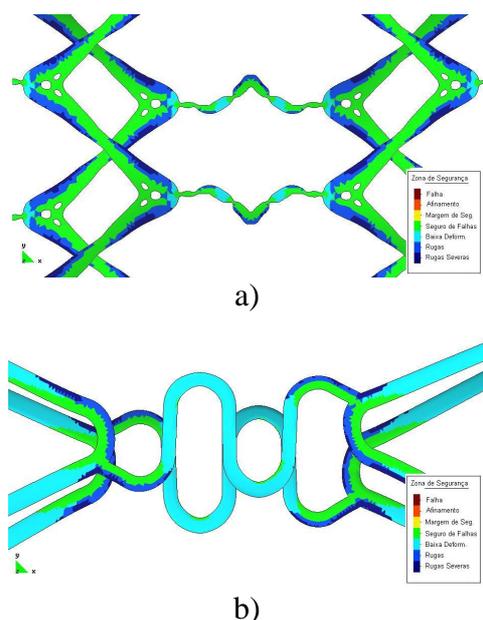


Figura 3: Diagramas de zonas de Segurança do stent (a) e stent comercial (b).

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.