

Alterações do padrão do fluxo sanguíneo após tratamento endovascular do aneurisma sacular da aorta abdominal com triplo stent: modelo em suínos.

Alterations of blood flow pattern after triple stent endovascular treatment of saccular abdominal aortic aneurysm: a porcine model.

JAHIR RICHARD DE OLIVEIRA¹; MAURÍCIO DE AMORIM AQUINO¹; SVETLANA BARROS²; GUILHERME BENJAMIN BRANDÃO PITTA³; ADAMASTOR HUMBERTO PEREIRA³.

R E S U M O

Objetivo: determinar as alterações do padrão do fluxo sanguíneo após tratamento endovascular do aneurisma sacular de aorta abdominal com triplo stent. **Métodos:** estudo hemodinâmico de sete suínos das raças *Landrace* e *Large White* portadores de aneurismas saculares de aorta abdominal infrarrenal artificialmente produzidos segundo técnica descrita. Os animais foram submetidos a implante de triplo stent para correção endovascular do aneurisma e reavaliados por duplex scan quanto ao padrão do fluxo sanguíneo antes e após o implante dos stents. A análise estatística foi realizada com o teste *Mann-Whitney* não pareado. **Resultados:** verificou-se uma queda significativa da velocidade sistólica média de 127,4cm/s na fase pré-stent para 69,81cm/s na fase pós-stent. Houve ainda mudança no padrão do fluxo de turbilhonar no saco aneurismático para laminar intrastent. **Conclusão:** o estudo demonstrou alterações do padrão do fluxo sanguíneo do aneurisma sacular de aorta abdominal após tratamento endovascular com triplo stent.

Descritores: Fluxo Sanguíneo Regional. Aneurisma Sacular. Aneurisma da Aorta Abdominal. Stents. Suínos.

INTRODUÇÃO

O tratamento endovascular dos aneurismas de aorta abdominal tem se tornado uma alternativa cirúrgica cada vez mais utilizada em lugar da cirurgia tradicional¹. Obtém-se êxito no tratamento quando se consegue a completa supressão do fluxo sanguíneo e da pressão sistêmica no interior do saco aneurismático, o que prevenirá o risco de rotura²⁻⁴. Embora tenhamos alcançado significativos avanços tecnológicos desde a primeira geração de endopróteses de aorta, informações recentes de acompanhamento pós-operatório tardio têm indicado uma porcentagem significativa de complicações com necessidade de reintervenção cirúrgica. A razão do insucesso no tratamento, em muitos desses casos, ainda está ligada à endoprótese empregada (vazamento tipo III)⁵⁻⁷.

A deterioração do material das próteses hoje comercializadas, formadas pela associação de uma estrutura metálica com revestimento de PTFE ou poliéster tem sido motivo de estudos⁸⁻¹⁰. Surge assim, um novo método terapêutico, baseado em estudos hemodinâmicos experimentais, os stents multicamadas: próteses metálicas não revestidas, capazes de promover redirecionamento do

fluxo sanguíneo dentro do saco aneurismático, prevenindo sua expansão e ruptura, mesmo sem a supressão total do fluxo no saco aneurismático⁸⁻¹⁴.

O objetivo deste estudo é analisar experimentalmente os efeitos do implante de três stents com mesmo desenho (triplo stent) sobre o redirecionamento do fluxo sanguíneo do aneurisma sacular em suínos e determinar possíveis alterações no padrão do fluxo sanguíneo na aorta abdominal após tratamento.

MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL), protocolo nº 61-A, e seguiu rigorosamente os princípios éticos da experimentação animal do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), baseados na Resolução do Conselho Federal de Medicina Veterinária nº 714/02^{15,16}.

A amostra foi constituída de sete suínos, oriundos do cruzamento das raças *Landrace* e *Large White*, fêmeas, com peso variando de 20 a 25 Kg, fornecidos pelo mesmo produtor, adequadamente vacinados e vermifugados de acordo com a idade e portadores de aneurisma de aorta

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil; 2 - Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL), Maceió, AL, Brasil; 3 - Programa de Pós-Graduação em Ciências Cirúrgicas do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

abdominal infrarrenal produzidos artificialmente segundo a técnica de Perini¹⁷ modificada, conforme descrição: - Exposição da aorta abdominal por via transabdominal, com incisão mediana xifopúbica, seguida da exposição da aorta por dissecação circunferencial entre as artérias renais e a trifurcação distal (artérias ilíacas comuns e tronco da artéria ilíaca interna); - Escolhido um segmento de 3cm para a confecção do aneurisma, os ramos foram reparados com fio de linha 3.0, e administrada heparina intravenosa (100UI/kg); procedeu-se em seguida ao pinçamento da aorta proximal e distal ao segmento escolhido e realização de arteriotomia longitudinal seguida da sutura do remendo com pericárdio bovino em forma de bolsa previamente confeccionada de 3x3 cm, com fio de polipropileno 6.0, em sutura contínua (Figura 1); - Quinze dias após a cirurgia foi realizada avaliação por Duplex Scan, para confirmação da perviedade dos aneurismas, bem como, as análises dos parâmetros de fluxo sanguíneo pré-implante do stent. Em seguida, foram submetidos ao implante do triplo stent e reavaliação do fluxo sanguíneo, para análise das variáveis. A anestesia foi realizada seguindo o protocolo de anestesia geral para suínos do CCEB/UNCISAL.

Implante dos Stents

O acesso vascular para aortografia foi obtido através de dissecação cirúrgica da artéria femoral direita, sendo a punção arterial realizada sob visão direta com Jelco nº 16. Após o avanço do fio-guia hidrofílico 0,035x260 cm ponta angulada, foi introduzida bainha 5F de 11cm. A bainha foi avançada sob controle fluoroscópico até a artéria ilíaca comum. Na sequência, foi realizada aortogra-



Figura 1. Aneurisma sacular após liberação do fluxo sanguíneo.

fia com cateter angiográfico MP 5F de 100cm para identificação do aneurisma, seguida do posicionamento do cateter na aorta torácica, acima do local do aneurisma.

Posteriormente, foi realizado o acesso vascular para o implante dos stents, através de dissecação cirúrgica da artéria carótida direita, sendo a punção arterial realizada sob visão direta com Jelco nº 16. Após o avanço do fio-guia hidrofílico 0,035x260 cm ponta angulada, foi introduzida uma bainha 7F de 11cm. A bainha foi avançada sob controle fluoroscópico até o arco aórtico, sendo o fio guia posicionado na aorta torácica com auxílio de um cateter IM.

Após posicionamento do cateter femoral no interior do saco aneurismático para controle angiográfico, seguiu-se a inserção sequencial com liberação dos stents pela carótida direita, na seguinte ordem de tamanhos: 8x40 mm, 9x40 mm e 10x40 mm, iniciando a liberação a partir da trifurcação da aorta suína. Em seguida, foi realizada aortografia de controle com cateter angiográfico MP 5F, via carótida direita (Figura 2).

Os stents de nitinol utilizados no experimento foram fabricados pela empresa Braile Biomédica (Brasil), com sistema de liberação *over the wire*, tipo autoexpansível, compatíveis com introdutor 7F. O stent apresenta um desenho de células fechadas, com tranças de monofilamento com forma tubular, formando losangos (diamond shape), com marcas radiopacas proximais e distais em ouro.

Foram registradas as imagens através do Duplex Scan 30 minutos antes do implante dos stents e 30 minutos após o implante dos stents.

As imagens foram avaliadas quanto à mudança do padrão de fluxo turbilhonar e laminar, bem como, o pico de velocidade sistólica obtido na aorta aneurismática. A mudan-

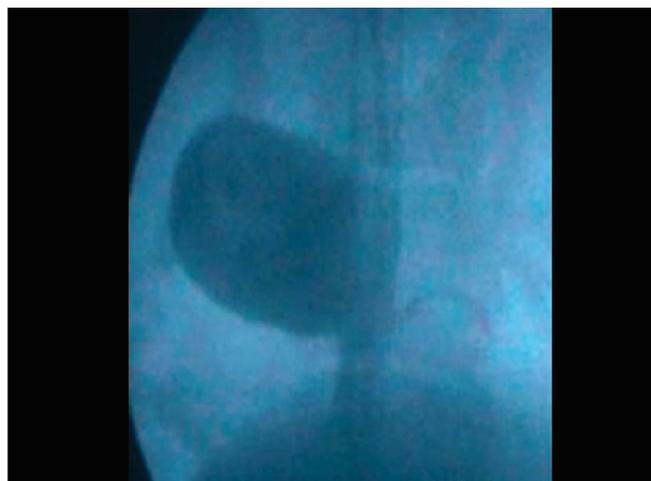


Figura 2. Aortografia pós-implante do stent.

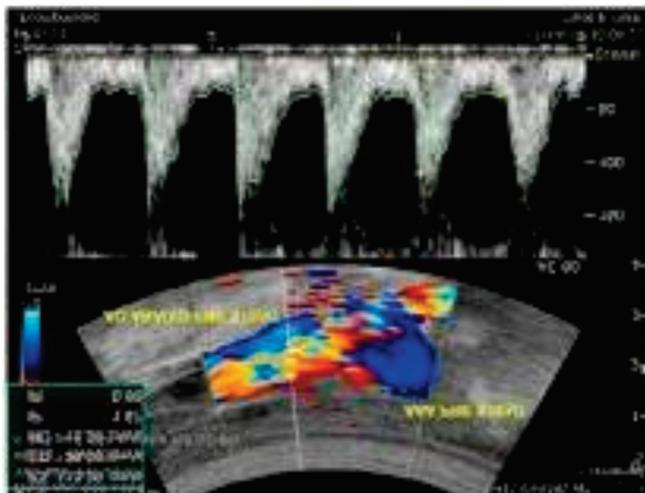


Figura 3. Aneurisma pré-stent no animal 1.

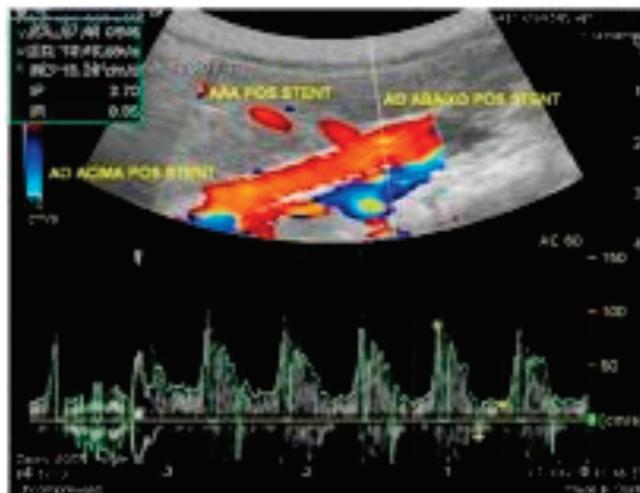


Figura 4. Aneurisma pós-stent.

ça padrão de fluxo turbilhonar para laminar após liberação dos stents também foi evidenciada através da aortografia.

Variáveis em estudo

Variável primária

Alteração do padrão do fluxo sanguíneo após tratamento endovascular do aneurisma sacular de aorta. O fluxo foi quantificado por ecografia vascular, com a utilização de um ultrassom portátil.

Variáveis secundárias

Média da velocidade do fluxo sangue na aorta; frequência de trombose do saco aneurismático.

Como informações complementares, avaliaram-se as médias: de idade do animal, do seu peso e o tempo de procedimento.

A análise estatística foi realizada com teste *Mann-Whitney* não pareado e calculando o intervalo de confiança (IC) de 95% para cada ponto estimado. A hipótese estatística de H_0 (Fluxo pré-stent = Fluxo pós-stent) e H_1 (Fluxo pré-stent \neq Fluxo pós-stent) foi avaliada pelo programa estatístico GraphPad InStat® Prism 5 (2012) Versão para Windows. O tamanho amostral se baseou em estudos prévios sobre o tema, realizados em suínos¹⁸⁻²¹.

RESULTADOS

Todos os sete animais foram submetidos, com sucesso, ao implante dos stents, sem dificuldade técnica. O tempo de procedimento cirúrgico foi 190 minutos, e não

se observou nenhuma intercorrência, tais como mau posicionamento, migração ou expansão inadequada dos stents.

Na tabela 1, estão descritas as variáveis quantitativas que constituem a Velocidade Pico Sistólico (PS) e Índice de resistência (IR) antes e depois do implante triplo stent, que revelam alterações significativas, ou seja, queda da velocidade sistólica após a colocação dos stents, bem como, a queda do índice de resistência em muitos dos animais. No parâmetro da velocidade sistólica observou-se uma queda significativa com uma média de velocidade pré-stents de 127,4cm/s com IC 79,93 \pm 174,8 e uma média de velocidade pós-stents de 69,81cm/s com IC 40,18 \pm 99,43, confirmando a mudança do padrão de fluxo sanguíneo.

As variáveis qualitativas, que representam a mudança no padrão do fluxo de turbilhonar no saco aneurismático para laminar intrastent, após o tratamento com triplo stent, foram demonstradas através do duplex scan (Figuras 3 e 4).

DISCUSSÃO

O tratamento do aneurisma de aorta abdominal através da técnica endovascular vem sendo executado com frequência crescente. Com isto, vêm sendo observados também vazamentos relacionados às endopróteses⁶, geralmente decorrentes de defeitos precoces de seus componentes ou fadiga do material. Recentemente, surgiu um novo stent que trouxe um conceito diferente para o tratamento dos aneurismas¹². Esses stents com múltiplas camadas permitem o redirecionamento do fluxo no

Tabela 1. Distribuição dos valores das medidas do Fluxo sanguíneo do aneurisma de aorta.

Animal	Tabela Triplo Stent			
	Pico de velocidade sistólica cm/s (PS)		Índice de resistência (IR)	
	Pré-stent	Pós-stent	Pré-stent	Pós-stent
1	110,29	87,49	0,6/8	0,85
2	50,33	24,89	1,0	0,07
3	189,86	95,43	0,88	0,67
4	163,22	86,89	1,0	0,66
5	178,35	98,33	1,0	0,83
6	110,39	71,23	0,87	0,76
7	89,04	24,39	0,65	1,17

saco aneurismático, levam à queda da pressão local e impedem sua expansão.

Vários modelos de avaliação de fluxo do aneurisma de aorta já foram descritos. Através da análise dinâmica do fluxo da aorta observa-se o comportamento do fluxo e compara-se endopróteses e stents no tratamento do aneurisma de aorta. Verifica-se assim, que as alterações de pressão e alterações do padrão de fluxo ocorrem através da mudança da velocidade sistólica no uso de stent. Também Augsburg *et al.* apresentam, através de um modelo de aneurisma em silicone, as alterações no padrão de fluxo, bem como, a mudança no volume de fluxo após uso de stents no aneurisma¹³. Já Jiang *et al.*, avaliam através de estudos em cães com aneurismas artificialmente produzidos, o comportamento do padrão de fluxo através de angiorressonância e simulações computacionais da dinâmica de fluidos²².

Nesse estudo pioneiro, um modelo experimental em suíno foi utilizado para avaliar as alterações do padrão de fluxo com duplex scan após implante do triplo stent no tratamento do aneurisma da aorta em animais previamente submetidos à confecção de aneurisma sacular com pericárdio bovino pela técnica de Perini modificada¹⁷.

ABSTRACT

Objective: to determine the blood flow pattern changes after endovascular treatment of saccular abdominal aortic aneurysm with triple stent.

Methods: we conducted a hemodynamic study of seven Landrace and Large White pigs with saccular aneurysms of the infrarenal abdominal aorta artificially produced according to the technique described. The animals were subjected to triple stenting for endovascular aneurysm. We evaluated the pattern of blood flow by duplex scan before and after stent implantation. We used the non-paired Mann-Whitney test for statistical analysis. **Results:** there was a significant decrease in the average systolic velocity, from 127.4cm/s in the pre-stent period to 69.81cm/s in the post-stent phase. There was also change in the flow pattern from turbulent in the aneurysmal sac to laminar intra-stent. **Conclusion:** there were changes in the blood flow pattern of saccular abdominal aortic aneurysm after endovascular treatment with triple stent.

Keywords: Regional Blood Flow. Saccular Aneurysm. Aortic Aneurysm, Abdominal. Stents. Swine.

As alterações no padrão de fluxo sanguíneo em nosso estudo foram obtidas através da análise do duplex scan, sendo realizadas duas análises do fluxo, ou seja, uma do animal com aneurisma antes do implante dos stents e outra após o implante dos stents. Obtivemos a análise do padrão do fluxo sanguíneo e também dos parâmetros de velocidade sistólica e o índice de resistência.

No parâmetro da velocidade sistólica observou-se uma queda significativa com uma média de velocidade pré-stents de 127,4cm/s com IC 79,93±174,8 e uma média de velocidade pós-stents de 69,81cm/s com IC 40,18±99,43, confirmando a mudança do padrão de fluxo sanguíneo.

As imagens pelo duplex scan apresentaram mudança no padrão do fluxo, ou seja, de turbilhão no saco aneurismático para laminar intrastent, podendo o saco aneurismático apresentar-se com fluxo sanguíneo ou excluído. A ultrassonografia com Doppler em suínos mostrou ser possível a análise não só da presença de fluxo no interior do saco aneurismático, como também das características hemodinâmicas deste fluxo, com maior número de informações.

Concluindo, este estudo demonstrou alterações do padrão do fluxo sanguíneo do aneurisma sacular de aorta abdominal após tratamento endovascular com o triplo stent.

REFERÊNCIAS

1. Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg.* 1991;5(6):491-9.
2. Dias NV, Ivancev K, Malina M, Resch T, Lindblad B, Sonesson B. Intra-aneurysm sac pressure measurements after endovascular aneurysm repair: differences between shrinking, unchanged, and expanding aneurysms with and without endoleaks. *J Vasc Surg.* 2004;39(6):1229-35.
3. Ellozy SH, Carroccio A, Lookstein RA, Minor ME, Sheahan CM, Juta J, et al. First experience in human beings with a permanently implantable intrasac pressure transducer for monitoring endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2004;40(3):405-12.
4. Sonesson B, Dias N, Malina M, Olofsson P, Griffin D, Lindblad B, et al. Intra-aneurysm pressure measurements in successfully excluded abdominal aortic aneurysm after endovascular repair. *J Vasc Surg.* 2003;37(4):733-8.
5. Conrad MF, Crawford RS, Pedraza JD, Brewster DC, Lamuraglia GM, Corey M, et al. Long-term durability of open abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2007;46(4):669-75.
6. Hobo R, Buth J; EUROSTAR collaborators. Secondary interventions following endovascular abdominal aortic aneurysm repair using current endografts. A EUROSTAR report. *J Vasc Surg.* 2006;43(5):896-902.
7. Leurs LJ, Buth J, Laheij RJ. Long-term results of endovascular abdominal aortic aneurysm treatment with the first generation of commercially available stent grafts. *Arch Surg.* 2007;142(1):33-41; discussion 42.
8. Balderi A, Antonietti A, Pedrazzini F, Ferro L, Leotta L, Peano E, et al. Treatment of a hepatic artery aneurysm by endovascular exclusion using the multilayer cardiatis stent. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2010;33(6):1282-6.
9. Benjelloun A, Henry M, Ghannam A, Vaislic C, Azzouzi A, Maazouzi W, et al. Endovascular treatment of a tuberculous thoracoabdominal aneurysm with the multilayer stent. *J Endovasc Ther.* 2012;19(1):115-20.
10. Canic S, Ravi-Chandar K, Krajcer Z, Mirkovic D, Lapin S. Mathematical model analysis of wallstent and aneurx: dynamic responses of bare-metal endoprosthesis compared with those of stent-graft. *Tex Heart Inst J.* 2005;32(4):502-6.
11. Euringer W, Südkamp M, Rylski B, Blanke P. Endovascular treatment of multiple HIV-related aneurysms using multilayer stents. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2012;35(4):945-9.
12. Henry M, Polydorou A, Frid N, Gruffaz P, Cavet A, Henry I, et al. Treatment of renal artery aneurysm with the multilayer stent. *J Endovasc Ther.* 2008;15(2):231-6.
13. Augsburger L, Farhat M, Asakura F, Ouared R, Stergiopoulos N, Rüfenacht D. Hemodynamical effects of CARDIATIS braided stents in sidewall aneurysm silicone models using PIV. Available from: <http://www.cardiatis.com/images/stories/info/etude%20luca%20in%20vitro.pdf>
14. Liou TM, Li YC. Effects of stent porosity on hemodynamics in a sidewall aneurysm model. *J Biomech.* 2008;41(6):1174-83.
15. Conselho Federal de Medicina Veterinária. Resolução do Conselho Federal de Medicina Veterinária nº 714/02. Disponível em: http://www.cfmv.org.br/portal/legislacao_resolucoes.php
16. Ibama. Lei Federal 9605/98. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/fauna/legislacao/lei960598.pdf>
17. Perini SC. Modelo de aneurisma de aorta abdominal com bolsa de pericárdio bovino [dissertação]. Porto Alegre/RS : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Medicina; 2008.
18. Castro Júnior C, Pereira AH, Pasa MB. Morphometric analysis of the intimal reaction after stent implantation in iliac arteries submitted to angioplasty in pigs. *Acta Cir Bras.* 2006;21(3):139-43.
19. Dutra CF, Pereira AH. Digital morphometric analysis of the aortic wall in pigs following implantation of dacron-covered stents versus non-covered stents. *Acta Cir Bras.* 2004;19(3):210-9.
20. França LHG, Pereira AH, Perini SC, Argenta R, Aveline CC, Mollerke RO, et al. Modelo experimental de aneurisma sacular de artéria ilíaca comum com pericárdio bovino em suínos. *J vasc bras.* 2005;4(4):353-6.

21. Ferreira LM, Hochman B, Barbosa MVJ. Modelos experimentais em pesquisa. Acta Cir Bras. 2005;20(Suppl 2):28-34.
22. Jiang J, Johnson K, Valen-Sendstad K, Mardal KA, Wieben O, Strother C. Flow characteristics in a canine aneurysm model: a comparison of 4D accelerated phase-contrast MR measurements and computational fluid dynamics simulations. Med Phys. 2011;38(11):6300-12.

Recebido em: 03/01/2016

Aceito para publicação em: 06/04/2016

Conflito de interesse: nenhum.

Fonte de financiamento: nenhuma.

Endereço para correspondência:

Jahir Richard de Oliveira

E-mail: jrRichardoliveira@hotmail.com