

O stent descoberto não promove reações em artérias renais e parênquima renal em suínos

Uncovered stent does not provoke reactions in renal arteries and renal parenchyma in swines

Rubio BOMBONATO¹, José Honório PALMA², José Augusto MARCONDES³, Aury Nunes de MORAES⁴, João Luiz da ROCHA⁵, Marcio Rodrigo MARTINS⁶, Rodrigo Mezzalira TCHAICK⁷, Enio BUFFOLO⁸

RBCCV 44205-1066

Resumo

Objetivo: Avaliar as alterações histológicas da aorta, artéria renal e parênquima renal, em suínos, induzidos pelo stent metálico descoberto implantado em localização transrenal na aorta abdominal.

Métodos: Foram utilizados 10 suínos com peso médio de 86,6 quilos e idade média de 6 meses, submetidos a implante de stent metálico posicionado na aorta, no nível das artérias renais, após 100 dias do implante. Os stents foram liberados por auto-expansão com laparotomia. Foram realizadas análises anatômicas e histológicas da aorta abdominal, artérias renais e parênquima renal. Os cortes histológicos foram realizados nos seguintes locais: 1) transição entre a aorta normal e aorta contendo stent; 2) porção contendo os óstios das artérias renais, 3) parênquima renal. As lâminas foram coradas pela técnica da hematoxilina e eosina e

analisadas conforme protocolo de análise histológica aplicada na prática clínica dos laboratórios de patologia.

Resultados: Os achados macroscópicos revelaram espessamento da parede aórtica; artérias renais pérvias; estrutura anatômica renal normal. Análises microscópicas, próximas aos stents, evidenciaram espessamento da parede vascular, artérias renais sem alterações e parênquima renal preservado.

Conclusão: O stent de aço inoxidável descoberto produziu importante reação inflamatória com espessamento da parede da aorta. No entanto, as artérias renais permaneceram pérvias e o parênquima renal sem alterações isquêmicas ou embólicas.

Descritores: Contenedores. Artéria renal. Obstrução da artéria renal. Aorta abdominal. Suínos.

1. Doutorado (responsável técnico pelo serviço de cirurgia cardiovascular INCOR - Itajaí, SC, Hospital Maternidade Marieta Konder Bonhausem)
2. Livre docente (Professor Livre Docente de Cirurgia Cardiovascular da Unifesp)
3. Hemodinamicista (Hemodinamicista da UNIFESP - Escola Paulista de Medicina São Paulo, SP)
4. Professor Doutor (Chefe do Serviço de Anestesiologia Veterinária do Hospital Veterinário do curso de Medicina Veterinária da Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UNDESC.)
5. Patologista (Patologista responsável pelo Laboratório Rocha de Criciúma, SC)
6. Graduado (Residente de Cirurgia Geral do Hospital São José, Criciúma, SC.)
7. Graduado (Residente de Cirurgia Cardiovascular do Serviço da Santa Casa de Curitiba, PR)

8. Livre Docente (Professor Titular da Disciplina de Cirurgia Cardiovascular da UNIFESP - Escola Paulista de Medicina, SP)

Trabalho realizado no Hospital Maternidade Marita Konder Bonhausem, Itajaí, SC.

Endereço para correspondência: Rubio Bombonato. R. 1901, 111, apto. 803. Balneário Camboriú, SC. CEP 88330-819.

Email: rubiobombonato@terra.com.br

Artigo recebido em 17 de setembro de 2008

Artigo aprovado em 5 de junho de 2009

Abstract

Objective: To assess the histological changes of the aorta, the renal arteries and the renal parenchyma in swine, induced by a metallic uncovered stent implanted in transrenal position in the abdominal aorta.

Methods: Ten pigs with a mean weight of 86.6 kg and mean age of 6 months underwent implantation of metal stent graft placed in the aorta at the level of the renal arteries after 100 days of implantation. The self-expanding stents were released by laparotomy. Anatomic and histological analyses of the abdominal aorta, the renal arteries and the renal parenchyma were performed. Histological slices were performed in the following sites: 1) transitional zone between the aorta with and without stent graft; 2) portion of the renal arteries ostia; 3) renal parenchyma. The slices were stained through the hematoxylin and eosin stain

technique and analyzed according the protocol of histological analyses applied in the clinical practice of pathology labs.

Results: The macroscopic findings showed thickening of the aortic wall; patent renal arteries; and normal anatomic renal structures. Microscopic analyses, close to the stents, showed thickening of the vascular wall, renal arteries without changes, and preserved renal parenchyma.

Conclusion: The uncovered stainless steel stent caused a significant inflammatory reaction with thickening of the aortic wall. However, the renal arteries remained patent and the renal parenchyma did not present embolic or ischemic changes.

Descriptors: Stents. Renal artery. Renal artery obstruction. Aorta, abdominal. Swine.

INTRODUÇÃO

O tratamento endovascular tem sido amplamente utilizado no tratamento do aneurisma de aorta abdominal (AAA) e se mostrado uma importante alternativa à correção cirúrgica convencional, especialmente em pacientes com comorbidades associadas [1-3].

A técnica de fixação junto ao óstio das artérias renais ou supra-renal do stent foi originalmente proposta por Lawrence et al. [4] com o intuito de prevenir a migração e otimizar o pólo hemostático no extremo cefálico do stent. Logo após, a aplicação desta técnica estendeu-se, também, ao implante do stent infra-renal, com resultados satisfatórios [5-9].

A correção endovascular do aneurisma de aorta é uma alternativa terapêutica realizada por meio da implantação de endopróteses via transvascular, tendo como principal objetivo excluir o aneurisma da circulação sistêmica. A inserção da endoprótese aórtica causa uma reação inflamatória endotelial produzindo alterações macroscópicas, microscópicas e laboratoriais [10-13].

Embora a maioria das publicações disponíveis sobre procedimentos intravasculares inclua estudos sobre artérias coronárias, os mecanismos de formação da neointima em outras artérias humanas, como artérias ilíacas e aorta, são considerados similares [14]. Os estudos têm mostrado sinais de reação inflamatória após a colocação do stent tanto na aorta como em outras artérias e relacionado à hiperplasia neointimal com as complicações, principalmente reestenose, em humanos e modelos animais [13].

Entre as alterações produzidas após a implantação de endopróteses aórticas, as repercussões renais têm sido crescentemente abordadas pela literatura. Os efeitos fisiológicos sobre a função renal após fixação do stent metálico não-recoberto sobre o óstio das artérias renais

não são completamente conhecidos. Diversos estudos relatam que a fixação junto à artéria renal tem se mostrado segura em avaliações realizadas em curto e médio prazo [15-24]. Estes estudos demonstraram por meio de análises bioquímicas e imaginológicas que a implantação de stents transrenal é segura. No entanto, os efeitos histológicos desta técnica em longo prazo ainda não são completamente compreendidos [8,25-27]. Entre as consequências da implantação do stent transrenal podemos destacar alterações no fluxo renal, estenose do óstio arterial renal e alterações da própria parede da aorta em resposta ao stent [28,29]. Demonstramos, em estudo recente, as alterações histológicas produzidas no endotélio aórtico induzidas pelo stent não-recoberto. Observamos importante hiperplasia neointimal limitada à região do stent [13].

No presente estudo, abordaremos a perviedade e as reações histológicas na região do óstio das artérias renais, assim como as alterações do parênquima renal induzidas pelo stent de aço não-recoberto posicionado em topografia transrenal, na aorta abdominal em suínos. As análises histológicas foram realizadas por um patologista seguindo protocolos de análises histopatológicas aplicados na prática clínica.

MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Hospital Veterinário da Universidade do Estado de Santa Catarina, na cidade de Lages, SC. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP, sob nº 0845/03 em 25/07/2003.

Foram utilizados 10 suínos de raça cruzamento F1 (Landrace x Large White) provenientes da suinocultura do CAV (Centro Agro Veterinário), com peso médio de $86,6 \pm 2,44$ kg e idade média de $6,35 \pm 0,15$ meses, em boas condições sanitárias. Os animais foram submetidos a 12

horas de jejum previamente aos procedimentos cirúrgicos.

Todos os animais foram pré-medicados com uma associação de atropina 0,025 mg/kg/IM e com intervalo de 10 minutos foi administrado xilazina 1 mg/kg, todos por via IM. Após a sedação e com um cateter, foi efetuada venóclise da veia marginal da orelha, para administração de fármacos anestésicos e fluidoterapia (5mL/kg/hora). Um outro cateter foi colocado na artéria central da orelha para medir pressão arterial direta e coleta de sangue para exames de gasometria. Após a indução, foi utilizado um spray de lidocaína 10% para dessensibilização das cordas vocais e laringe, seguido da intubação com sonda endotraqueal usando balão de baixa pressão, de acordo com diâmetro traqueal. Após a intubação apropriada e anestesia inalatória com halotano foi mantida 1,5 CAM (concentração alveolar mínima) em um circuito semifechado com fluxo de oxigênio de 40ml/kg. Em seguida, os animais foram colocados em ventilação mecânica utilizando ventilador a volume (15 mililitros por quilo de peso). Foram avaliados durante o procedimento anestésico os seguintes parâmetros: frequência cardíaca, frequência respiratória, aferições de pressão arterial sistólica, diastólica e média, por monitorização não-invasiva e temperatura esofágica.

Com manobras de dissecação transmesentérica se identificou a aorta abdominal na emergência das artérias renais e se realizou uma bolsa com fio de propilene 4-0, 5 cm abaixo das artérias renais, introduzindo-se por punção um fio-guia "extra-duro", com diâmetro de 0,032 mm ou 0,035 mm. Foi empregado um sistema stent aórtico auto-expansível desnudo fornecido comercialmente pela Braile Biomédica® e contido em um cateter de PTFE, com diâmetros de 16, 18 e 20 milímetros, conforme medida do diâmetro da aorta estimado com um paquímetro pré-introdução. Após a introdução de um fio guia-metálico "extra-duro", se liberava na aorta abdominal o stent aórtico posicionando-o em frente às artérias renais por medidas pré-introdução que eram realizadas no sistema, marcando na estrutura do sistema com um fio de seda longo ou com o próprio fio-guia e identificado por manobras digitais. Com um aparelho de ultrassom convencional era confirmada a posição do stent aórtico, com colocação do transdutor diretamente sobre a aorta onde foi liberado o stent.

Após a colocação do stent, a perfuração realizada pela punção foi fechada pela bolsa previamente realizada com o fio de propilene 4-0 sem a colocação de clampes vasculares e sem administração de qualquer anticoagulante sistêmico, sendo realizado na sequência fechamento da cavidade abdominal por planos e sem colocação de drenos. No pós-operatório, foi usada uma associação de antibióticos a base de penicilina e estreptomicina a cada 24 horas associada ao uso de um analgésico a base de cetoprofeno na dose de 0,1mg/kg, os quais foram mantidos por 3 dias. Com cuidados rotineiros de alimentação e higiene, os animais foram

mantidos por 100 dias aguardando o abate em frigorífico comercial fiscalizado pela rede sanitária.

Após o abate, os animais tiveram a aorta abdominal, artérias renais e rins dissecados e extraídos para análises anatômicas e histológicas. O exame macroscópico dos rins e da aorta foi realizado logo após a extração dos mesmos e, em seguida, o material foi condicionado em bolsa térmica com gelo e encaminhado para o estudo histológico. As análises histológicas foram realizadas por um patologista utilizando métodos bem estabelecidos e aplicados na prática clínica dos laboratórios de patologia.

RESULTADOS

Os resultados observados se repetiram em todas as amostras estudadas. Portanto, os resultados estão apresentados de forma descritiva e representados por figuras que representam estas alterações encontradas em todas as amostras.

Macroscopia

Na Figura 1, encontra-se o segmento aórtico no qual estava posicionado o stent, com corte longitudinal. Podemos observar a transição entre a parede da aorta normal e a parede ao redor do stent. Evidenciamos a estrutura do stent completamente recoberta por uma fina camada de tecido com espessamento nas regiões das hastes metálicas do stent.

Observa-se, na Figura 2, a estrutura do stent recoberta por uma fina camada de tecido, porém as artérias renais permaneceram pervias, sem sinais de obstrução.

Ao exame macroscópico observamos, também, as estruturas renais preservadas, sem sinais embólicos ou alterações isquêmicas em todos os suínos estudados (Figura 3).

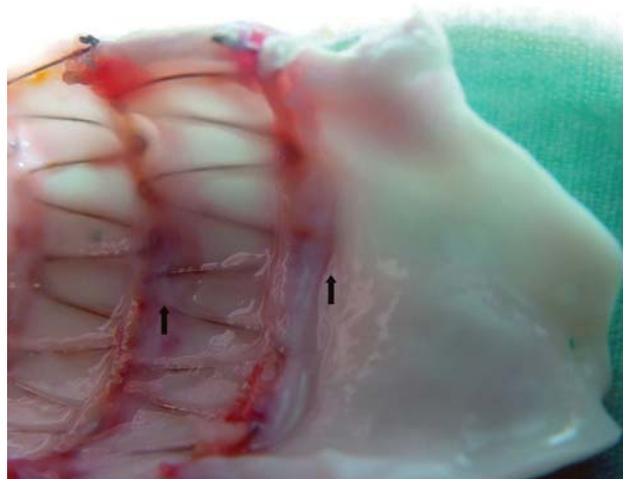


Fig. 1 - Corte longitudinal da aorta, no qual visibilizamos a transição entre a parede aórtica normal e a região espessada pelas reações induzidas pelo stent

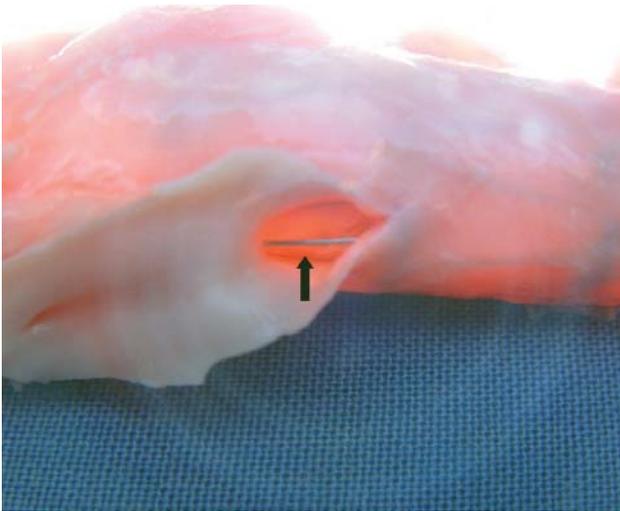


Fig. 2 - Visão externa da aorta abdominal com uma haste metálica do stent (flecha) passando sobre o óstio da artéria renal, sem sinais de obstrução

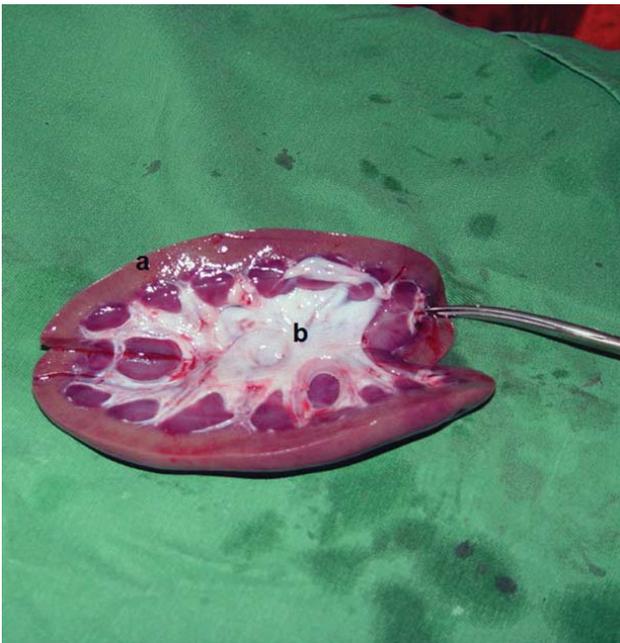


Fig. 3 - Corte longitudinal do rim: (a) Córtex, (b) Medula

Microscopia

A Figura 4 mostra corte longitudinal da aorta, corado com hematoxilina-eosina, na transição entre o segmento distal normal, com espessamento gradual da camada intimal à medida que se aproxima do stent, evidenciando a reação inflamatória induzida pelo aço inoxidável do stent.

A Figura 5 mostra o aspecto normal da artéria renal em região próxima ao stent.

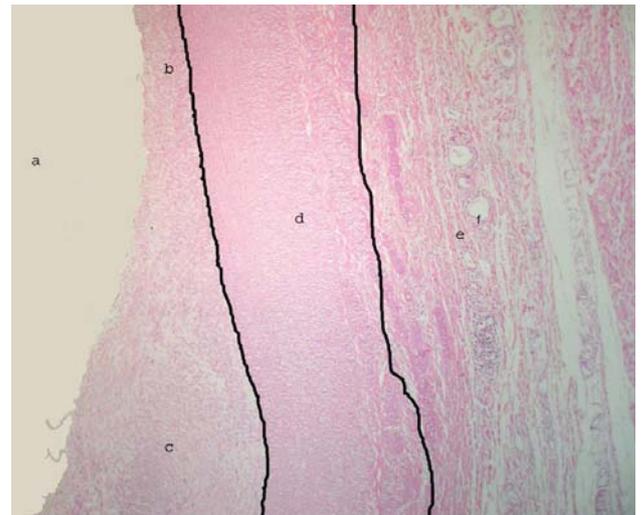


Fig. 4 - Corte longitudinal na transição entre o segmento distal normal e o espessamento gradual da aorta: (a) luz da aorta, (b) camada íntima com espessura normal, (c) camada íntima espessada (extremidade mais próxima do stent) com acúmulo de fibroblastos e colágeno, (d) camada média (muscular) contendo células musculares lisas, (e) camada adventícia contendo células adiposas, tecido conjuntivo frouxo e vasa vasorum, (f) vasa vasorum. 100X HE

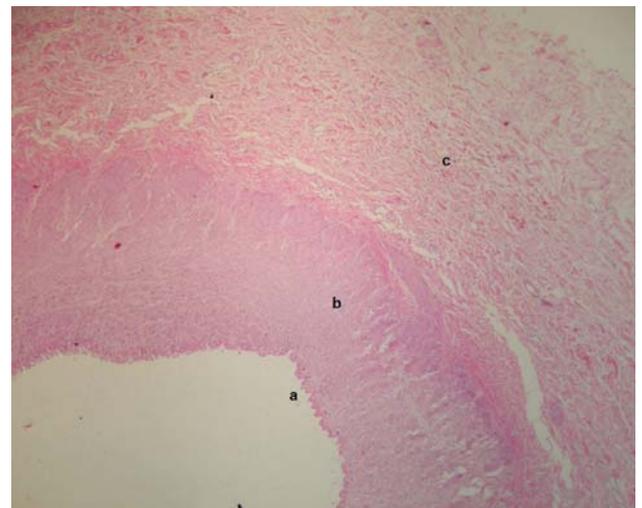


Fig. 5 - Corte transversal da artéria renal em frente ao stent: (a) camada íntima, (b) camada muscular média, (c) camada adventícia. 100X HE

Podemos observar, na Figura 6, a histologia do parênquima renal normal, sem sinais de eventos embólicos ou isquêmicos.

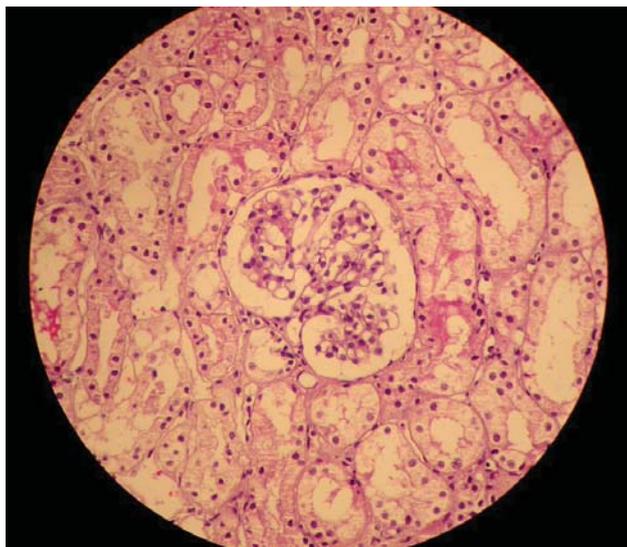


Fig. 6 - Corte histológico renal mostrando estruturas normais

DISCUSSÃO

Os efeitos histológicos e fisiológicos da fixação da fixação transrenal do stent aórtico ainda não são completamente conhecidos. Estudos experimentais têm demonstrado que a parede arterial apresenta uma resposta multifatorial à lesão mecânica denominada de hiperplasia intimal. Topograficamente, essa resposta ocorre principalmente na túnica íntima e é caracterizada por proliferação celular e espessamento intimal, que pode resultar em significativa redução da luz vascular [30-33]. Nosso grupo, em estudo experimental prévio, demonstrou importante reação inflamatória na parede aórtica limitada à região do stent sem comprometer a perviedade da aorta [13].

Diversos estudos monitoraram função renal dosando marcadores bioquímicos como uréia sérica, creatinina sérica e taxa de filtração glomerular após o implante do stent aórtico transrenal [7,8,23]. Estes estudos não evidenciaram alterações significativas na função renal em curto e médio prazo após o procedimento.

Sun e Stevenson [33] realizaram uma extensa revisão sistemática avaliando a função renal em curto e médio prazo após a fixação do stent transrenal. Os autores concluíram que a fixação de stents não-recobertos ao nível dos óstios das artérias renais não produziu disfunção renal significativa nos estudos analisados.

Avaliamos a reação histológica produzida pelo stent de aço inoxidável e armado com fio de poliéster na aorta dos nossos animais. Observamos que ocorreu uma importante reação inflamatória na região em que o stent foi posicionado (Figura 4). Em torno da cavidade deixada pelo fio metálico, observamos um pronunciado espessamento da camada

íntima (Figura 6). Com estes achados podemos afirmar que houve hiperplasia neo-intimal importante secundária a uma intensa resposta inflamatória.

Evidenciamos claramente, também, que as mudanças estruturais na parede aórtica foram restritas à região na qual o stent estava posicionado (Figura 2). Macroscopicamente observamos a perviedade das artérias renais (Figura 3) transfixada pelo fio metálico do stent. Adicionalmente, a análise histológica das artérias renais não revelou nenhuma anormalidade, sem sinais de oclusão. Estas evidências demonstram que a reação endotelial da aorta induzida pelo stent metálico não-recoberto não comprometeu a circulação renal.

A análise anatômica da estrutura renal revelou órgãos normais, sem sinais de comprometimentos isquêmicos ou embólicos (Figura 3). Da mesma forma, a análise histológica confirmou em detalhes a ausência de alterações em nível glomerular (Figura 6), reforçando as evidências de que o stent não produziu dano renal.

CONCLUSÃO

Nossos achados mostram claramente que o stent de aço inoxidável descoberto implantado na aorta de porcos produziu importante reação inflamatória evidenciada pelas análises macroscópicas e confirmada pela histologia. No entanto, ficou evidente neste estudo que a fixação do stent em frente à artéria renal não comprometeu a perviedade das artérias renais e não produziu danos histológicos no parênquima renal.

REFERÊNCIAS

1. Buth J, van Marrewijk CJ, Harris PL, Hop WC, Rimbau V, Laheij RJ, et al. Outcome of endovascular abdominal aortic aneurysm repair in patients with conditions considered unfit for an open procedure: a report on the EUROSTAR experience. *J Vasc Surg.* 2002;35(2):211-21.
2. Cao P, Verzini F, Parlani G, Romano L, De Rango P, Pagliuca V, et al. Clinical effect of abdominal aortic aneurysm endografting: 7-year concurrent comparison with open repair. *J Vasc Surg.* 2004;40(5):841-8.
3. Prinssen M, Verhoeven EL, Buth J, Cuypers PW, van Sambeek MR, Balm R, et al. A randomized trial comparing conventional and endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med.* 2004;351(16):1607-18.
4. Lawrence DD Jr, Charnsangavej C, Wright KC, Gianturco C, Wallace S. Percutaneous endovascular graft: experimental evaluation. *Radiology.* 1987;163(2):357-60.

5. Kichikawa K, Uchida H, Maeda M, Ide K, Kubota Y, Sakaguchi S, et al. Aortic stent-grafting with transrenal fixation: use of newly designed spiral Z-stent endograft. *J Endovasc Ther.* 2000;7(3):184-91.
6. Lobato AC, Quick RC, Vaughn PL, Rodriguez-Lopez J, Douglas M, Diethrich EB. Transrenal fixation of aortic endografts: intermediate follow-up of a single-center experience. *J Endovasc Ther.* 2000;7(4):273-8.
7. Izzedine H, Koskas F, Cluzel P, Mallet A, Maksud P, Deray G. Renal function after aortic stent-grafting including coverage of renal arterial ostia. *Am J Kidney Dis.* 2002;39(4):730-6.
8. Grego F, Frigatti P, Antonello M, Lepidi S, Ragazzi R, Iurilli V, et al. Suprarenal fixation of endograft in abdominal aortic aneurysm treatment: focus on renal function. *Ann Surg.* 2004;240(1):169-78.
9. Greenberg RK, Chuter TA, Lawrence-Brown M, Haulon S, Nolte L; Zenith Investigators. Analysis of renal function after aneurysm repair with a device using suprarenal fixation (Zenith AAA Endovascular Graft) in contrast to open surgical repair. *J Vasc Surg.* 2004;39(6):1219-28.
10. Gomes WJ, Buffolo E. Coronary stenting and inflammation: implications for further surgical and medical treatment. *Ann Thorac Surg.* 2006;81(5):1918-25.
11. Gabriel EA, Locali RF, Romano CC, Duarte AJ, Palma JH, Buffolo E. Analysis of the inflammatory response in endovascular treatment of aortic aneurysms. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007;31(3):406-12.
12. Schneider DB. Endovascular treatment of descending thoracic aortic aneurysms. In: *Mastery of vascular and endovascular surgery.* 1st ed. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins;2006. p.85-93.
13. Bombonato R, Palma JH, Marcondes JA, Moraes AN, Martins MR, Tchaick RM, et al. Reação histopatológica da parede da aorta abdominal ao stent não recoberto. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2006;21(2):198-205.
14. Byer A, Ussia G, Galleti G. Autologous vein lined and vein covered stents in swine arteries. An experimental study to assess and compare patency and intimal hyperplastic response. *J Cardiovasc Surg.* 1998;39(4):393-8.
15. Lawrence-Brown MM, Hartley D, MacSweeney ST, Kelsey P, Ives FJ, Holden A, et al. The Perth endoluminal bifurcated graft system: development and early experience. *Cardiovasc Surg.* 1996;4(6):706-12.
16. Shames M, Betros F, Dennien B, Gray-Weale A, Lippey E, Thursby P, et al. Transrenal versus infrarenal endograft fixation: influence on type I endoleaks. *Ann Vasc Surg.* 2002;16(5):556-61.
17. Carpenter JP, Fairman RM, Barker CF, Golden MA, Velazquez OC, Mitchell ME, et al. Endovascular AAA repair in patients with renal insufficiency: strategies for reducing adverse renal events. *Cardiovasc Surg.* 2001;9(6):559-64.
18. Greenberg RK, Lawrence-Brown M, Bhandari G, Hartley D, Stelter W, Umscheid T, et al. An update of the Zenith endovascular graft for abdominal aortic aneurysms: initial implantation and mid-term follow-up data. *J Vasc Surg.* 2001;33(2 Suppl):S157-64.
19. Böckler D, Krauss M, Mansmann U, Halawa M, Lange R, Probst T, et al. Incidence of renal infarctions after endovascular AAA repair: relationships to infrarenal versus suprarenal fixation. *J Endovasc Ther.* 2003;10(6):1054-60.
20. Bove PG, Long GW, Shanley CJ, Brown OW, Rimar SD, Hans SS, et al. Transrenal fixation of endovascular stent-grafts for infrarenal aortic aneurysm repair: mid-term results. *J Vasc Surg.* 2003;37(5):938-42.
21. Greenberg RK, Chuter TA, Sternbergh WC 3rd, Fearnot NE; Zenith Investigators. Zenith AAA endovascular graft: intermediate-term results of the US multicenter trial. *J Vasc Surg.* 2004;39(6):1209-18.
22. Hinchliffe RJ, Goldberg J, Macsweeney ST; Zenith Users Group. A UK multi-centre experience with a second-generation endovascular stent-graft: results from the Zenith Users Group. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004;27(1):51-5.
23. Mehta M, Cayne N, Veith FJ, Darling RC 3rd, Roddy SP, Paty PS, et al. Relationship of proximal fixation of renal dysfunction in patients undergoing endovascular aneurysm repair. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2004;45(4):367-74.
24. Surowiec SM, Davies MG, Fegley AJ, Tanski WJ, Pamoukian VN, Sternbach Y, et al. Relationship of proximal fixation to postoperative renal dysfunction in patients with normal serum creatinine concentration. *J Vasc Surg.* 2004;39(4):804-10.
25. Malina M, Lindh M, Ivancev K, Frennby B, Lindblad B, Brunkwall J. The effect of endovascular aortic stents placed across the renal arteries. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1997;13(2):207-13.
26. Espinosa G, Marchiori E, Silva LF, Araújo AP, Riguetti C, Baquero RA. Initial results of endovascular repair of abdominal aortic aneurysm with a self-expanding stent-graft. *J Vasc Interv Radiol.* 2002;13(11):1115-23.
27. Cayne NS, Rhee SJ, Veith FJ, Lipsitz EC, Ohki T, Gargiulo NJ 3rd, et al. Does transrenal fixation of aortic endografts impair renal function? *J Vasc Surg.* 2003;38(4):639-44.
28. Desgranges P, Hutin E, Kedzia C, Allaire E, Becquemin JP. Aortic stents covering the renal arteries ostia: an animal study. *J Vasc Interv Radiol.* 1997;8(1 Pt 1):77-82.

29. Sun Z, Zheng H. Cross-sectional area reduction of the aortic ostium by suprarenal stent wires: in vitro phantom study by CT virtual angiography. *Comput Med Imaging Graph.* 2004;28(6):345-51.
30. Schwartz RS. Pathophysiology of restenosis: interaction of thrombosis, hyperplasia, and/or remodeling. *Am J Cardiol.* 1998;81(7A):14E-17E.
31. Castagna MT, Mintz GS, Leiboff BO, Ahmed JM, Mehran R, Satler LF, et al. The contribution of "mechanical" problems to in-stent restenosis: an intravascular ultrasonographic analysis of 1090 consecutive in-stent restenosis lesions. *Am Heart J.* 2001;142(6):970-4.
32. Sullivan TM, Ainsworth SD, Langan EM, Taylor S, Snyder B, Cull D, et al. Effect of endovascular stent strut geometry on vascular injury, myointimal hyperplasia, and restenosis. *J Vasc Surg.* 2002;36(1):143-9.
33. Sun Z, Stevenson G. Transrenal fixation of aortic stent-grafts: short-to midterm effects on renal function--a systematic review. *Radiology.* 2006;240(1):65-72.