

Revista Portuguesa de Cardiologia

Portuguese Journal of **Cardiology**

www.revportcardiol.org



ARTIGO DE REVISÃO

Tomografia computadorizada multicorte na avaliação de candidatos a implantação de prótese aórtica percutânea

Gustavo Pires de Morais*, Nuno Bettencourt, Guida Silva, Nuno Ferreira, Olga Sousa, Daniel Caeiro, João Rocha, Mónica Carvalho, Daniel Leite, Pedro Braga, Conceição Fonseca, Vasco Gama

Serviço de Cardiologia, Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho, Vila Nova de Gaia, Portugal

Recebido a 27 de abril de 2011; aceite a 24 de maio de 2011

PALAVRAS-CHAVE

Estenose aórtica grave;
Substituição valvular aórtica percutânea;
Tomografia Computorizada Multicorte

KEYWORDS

Severe aortic stenosis;
Transcatheter aortic valve implantation;
Multislice computed tomography

Resumo A substituição valvular aórtica percutânea é uma opção emergente para o tratamento da estenose aórtica grave sintomática em doentes recusados para substituição valvular cirúrgica. Os autores fazem uma revisão da literatura na utilização da Tomografia Computorizada Multicorte na avaliação de candidatos a implantação de prótese aórtica percutânea, no apoio ao procedimento e seguimento pós-intervenção. Os autores descrevem, ainda, a experiência de um Centro na utilização desta técnica de imagem no contexto de substituição valvular aórtica percutânea.

A Tomografia Computorizada Multicorte é um método de imagem de eleição na selecção e exclusão de candidatos a implantação valvular aórtica percutânea, permitindo avaliação da anatomia coronária e relação dos ostia coronários com a estrutura valvular aórtica, avaliação precisa do anel valvular e restante raiz aórtica, câmara de saída do ventrículo esquerdo, aorta e acessos vasculares periféricos. As imagens obtidas por Tomografia Computorizada Multicorte são informação central na escolha da dimensão da prótese a implantar, permitem apoio à punção vascular durante o procedimento por métodos de fusão de imagem e efectuar seguimento à adequada aposição da prótese.

© 2011 Sociedade Portuguesa de Cardiologia. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos os direitos reservados.

Multislice computed tomography in the selection of candidates for transcatheter aortic valve implantation

Abstract Transcatheter aortic valve implantation is an emerging treatment option for severe symptomatic aortic stenosis in patients considered unsuitable for surgical valve replacement. The authors review the use of multislice computed tomography in the selection of candidates for transcatheter aortic valve replacement, procedural support and post-interventional follow-up. A single-center experience of the role of this imaging technique is also described.

*Autor para correspondência.

Correio electrónico: gpmorais@gmail.com (G. Pires de Morais).

Multislice computed tomography is an essential imaging tool in the selection and exclusion of candidates for transcatheter aortic valve implantation, providing evaluation of coronary anatomy and the relationship of the coronary ostia with the aortic valve structure, and accurate analysis of the valve annulus and aortic root, left ventricular outflow tract, aorta and peripheral vascular access routes. Multislice computed tomography is also central to the choice of appropriate prosthesis size. In addition, it guides arterial puncture by image fusion techniques and enables correct prosthesis apposition to be verified. This review aims to describe the role of computed tomography in this increasingly common interventional valve procedure, providing an overview of current knowledge and applications.

© 2011 Sociedade Portuguesa de Cardiologia. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introdução

A doença valvular aórtica degenerativa representa actualmente a maioria dos casos de doença valvular nativa e é uma causa significativa de morbidade e mortalidade, especialmente em idosos¹. A progressão da estenose aórtica é lenta até ao aparecimento de sintomas, resultando então numa taxa de mortalidade superior a 50% nos primeiros dois anos²⁻⁴. A valvulotomia aórtica simples não altera o curso natural da estenose aórtica⁵ e, portanto, a substituição valvular é o único tratamento eficaz nos estados avançados da doença. O tratamento cirúrgico é uma opção com bons resultados na maioria dos doentes. Uma selecção adequada de candidatos garante uma boa durabilidade da prótese valvular, mesmo em doentes idosos quando cuidadosamente seleccionados^{1,6-10}. No entanto, uma percentagem significativa de doentes (30-40%) com Estenose Aórtica Grave (EAOs) não são referenciados ou não são aceites para cirurgia de substituição valvular^{2,5}. As principais razões para este facto incluem a idade avançada, depressão da função sistólica ventricular esquerda, e múltiplas comorbilidades^{5,6,11}.

Desde a primeira implantação de uma válvula aórtica efectuada por via percutânea num ser humano — por Alain Cribier¹², em 2002 —, a substituição valvular aórtica por via percutânea (TAVI, *Transcatheter Aortic Valve Implantation*) evoluiu significativamente, sendo actualmente uma alternativa de tratamento em grupos de alto risco⁴. O número total de centros mundiais com experiência neste procedimento tem crescido de forma relevante e o número de procedimentos tem vindo a crescer exponencialmente. Os registos indicam > 50000 doentes de alto risco submetidos a TAVI: o sucesso de procedimento ronda os 95% e a mortalidade reportada aos 30 dias varia entre os 5 e os 18%¹³.

Apesar da evidência de bons resultados hemodinâmicos a curto e médio prazo, a TAVI enfrenta vários desafios de segurança, incluindo a incidência de complicações vasculares, optimização do posicionamento e entrega da prótese, consequências a longo prazo de *leaks* paravalvulares, ocorrência de acidentes vasculares isquémicos, incidência de bloqueio de condução aurículo-ventricular com necessidade de *pacings* ventricular provisório e/ou permanente, e a própria durabilidade da prótese¹⁴. Existem, actualmente, dois modelos de prótese percutânea aprovados na Europa: a válvula Edwards SAPIEN (Edwards Lifesciences Inc, Irvine, California, EUA), expansível por balão, e a prótese *CoreValve* (Medtronic Inc, Minneapolis, Minnesota, EUA), auto-expansível.

Os métodos de imagem são fundamentais na selecção de doentes e na preparação do procedimento de implantação valvular. Ao contrário da cirurgia, em que há

exposição anatómica directa, na implantação percutânea o operador tem de se basear em dados imagiológicos pré- e intra-procedimento, suportados em modalidades de imagem cardiovascular com capacidade de aquisição de grandes volumes de informação e subsequente processamento e reconstrução multiplanar ou 3D¹⁵.

A ecocardiografia transtorácica, a ecocardiografia transesofágica, e a angiografia da aorta com contraste foram, nos últimos anos, os métodos de imagem de diagnóstico mais utilizados para determinação das dimensões do anel e raiz da aorta e no apoio à selecção adequada da prótese a implantar¹⁵. A tecnologia de tomografia computadorizada tem vindo a evoluir com maior número de detectores e, conseqüentemente, maior resolução espacial e temporal, quando comparada a gerações anteriores. Esta evolução para a Tomografia Computorizada Multidetectors (TCMD) permitiu a obtenção de informação anatómica detalhada do anel aórtico, relação anatómica do anel valvular e *ostia* das artérias coronárias, e do arco aórtico^{13,15}. O uso da TCMD permite, ainda, completar o estudo pré-intervenção nos doentes seleccionados com uma avaliação adequada das vias de acesso vascular arterial para entrega da prótese valvular. Desta forma, a TCMD contribui de várias formas para o diagnóstico e gestão da EAOs.

Este artigo pretende avaliar o contributo da TCMD na avaliação pré-implantação de próteses valvulares aórticas por via percutânea, com referência específica à prótese percutânea *CoreValve* por ser esta a experiência do nosso Centro Hospitalar.

Sobre a prótese aórtica *CoreValve*

A *CoreValve* é uma bioprótese tricúspide de pericárdio porcino, montado e suturado num *stent* auto-expansível fabricado numa liga de nitinol. Existem dois tamanhos disponíveis: 23 mm (anel aórtico 20-24 mm) e 29 mm (anel aórtico 24-27 mm); o sistema de entrega, actualmente de terceira geração, tem calibre 18F¹⁵.

A válvula é transportada numa bainha introdutora por via femoral ou subclávia retrógrada e expande para o formato pré-definido quando a bainha é retirada. A prótese foi conceptualizada em três partes: a porção inferior da prótese tem força radial para expandir e evitar o colapso; a porção média inclui o tecido de pericárdio porcino e é constricta para evitar a oclusão das artérias coronárias; e a porção superior fixa a prótese na aorta ascendente¹⁵. A entrega é efectuada sob *pacings* ventricular rápido. Pode efectuar-se uma pós-dilatação, se necessário, de acordo com a posição da prótese e se houver evidência de insuficiência aórtica.

Seleção de doentes para implantação de prótese aórtica percutânea

A seleção de doentes para TAVI envolve múltiplas considerações de âmbitos diferentes. Não obstante a evolução dos métodos técnicos, a avaliação clínica é fundamental no acompanhamento do doente com EAoS, na avaliação dos candidatos a TAVI e na seleção de um *timing* e procedimento adequados, de acordo com o conhecimento científico actual e a vontade e qualidade de vida do doente. Inerente a todo este processo está a avaliação do grau de estenose aórtica: para este efeito, a ecocardiografia é o método de primeira linha, pela fácil disponibilidade e fiabilidade¹⁶.

A avaliação do risco cirúrgico combina a avaliação clínica e um conjunto de *scores* de risco validados (*EuroSCORE*,

STS Predicted Risk of Mortality score, *Amber score*), de acuidade variável¹⁸. Não está recomendado avançar para TAVI se a estimativa da esperança de vida for inferior a um ano¹⁶.

A seleção do doente para TAVI envolve quatro passos: (1) confirmação da severidade da EAoS; (2) avaliação dos sintomas; (3) análise do risco cirúrgico, da esperança de vida e qualidade de vida; (4) avaliação da exequibilidade e exclusão de contra-indicações a TAVI¹⁶. Os três primeiros pontos não são, no entanto, do âmbito deste documento.

A decisão sobre a elegibilidade de um doente para TAVI deverá envolver uma equipa de Cardiologistas, Cirurgiões Cardíacos e Anestesiologistas, bem como o Médico Assistente do candidato¹⁶. A seleção de candidatos é baseada em recomendações internacionais e do fabricante das próteses percutâneas. A Tabela 1 resume as recomendações para a

Tabela 1 Tabela-matriz de indicações e orientações gerais para seleção de candidatos a TAVI com CoreValve e para seleção da dimensão da prótese a implantar (adaptado das recomendações do fabricante)

Elementos de acordo com as indicações para a marca CE Elements below reflect indications for use according to the CE mark								
Achados Diagnósticos Diagnostic Findings	Não-invasivo Non-invasive		Angiografia / Angiography				Critérios de Seleção / Selection Criteria	
	Eco Echo	TC/RM CT/MRI	VE LV	Raiz Ao Ao Root	AC CAG	Vascular	Recomendado Recommended	Não recomendado Not recommended
Trombo auricular ou ventricular Atrial or ventricular thrombus	X	*					Não presente / Not present	Presente / Present
Estenose subaórtica Sub aortic stenosis	X	X	X				Não presente / Not present	Presente / Present
Fracção de ejeção VE LV ejection fraction	X	*	X				≥ 20%	<20% sem reserva contráctil without contractile reserve
Insuficiência Mitral Mitral Regurgitation	X						≤ Grau 2 / ≤ Grade 2	> Grau 2 causa orgânica > Grade 2 organic cause
Diâmetro do acesso vascular Vascular access diameter		X				X	≥ 6mm diâmetro / diameter	< 6mm diâmetro / diameter
Doença vascular e aórtica Aortic and vascular disease		X				X	Nenhuma a moderada None to moderate	Doença vascular severa Severe vascular disease
Indicações para CoreValve 26mm / Indications for 26 mm CoreValve Device								
Diâmetro do anel Annulus diameter	X	X					20-23mm	< 20mm ou/or > 23mm
Diâmetro da aorta ascendente Ascending aorta diameter		X		X			≤ 40mm	> 40mm
Indicações para CoreValve 29mm / Indications for 29mm CoreValve Device								
Diâmetro do anel Annulus diameter	X	X					23-27mm	< 23mm ou/or > 27mm
Diâmetro da aorta ascendente Ascending aorta diameter		X		X			≤ 43mm	> 43mm
Orientações médicas genéricas para o uso de CoreValve Generic medical guidance for use of CoreValve								
Achados Diagnósticos Diagnostic Findings	Não-invasivo Non-invasive		Angiografia / Angiography				Critérios de Seleção / Selection Criteria	
	Eco Echo	TC/RM CT/MRI	VE LV	Raiz Ao Ao Root	AC CAG	Vascular	Recomendado Recommended	Não recomendado Not recommended
Hipertrofia do VE LV Hypertrophy	X	X					Normal a moderada 0.6-1.6cm Normal to moderate	Severa >1.7cm Severe
Doença coronária Coronary artery disease		X			X		Nenhuma, média ou distal >70% None, mid or distal	Lesões proximais >70% Proximal lesions
Angulação do arco aórtico Aortic arch angulation		X				X	Angulação larga Large radial turn	Angulação aguda Sharp turn
Angulação da raiz aórtica Aortic root angulation		X				X	< 30 graus < 30 degrees	30-45 graus 30-45 degrees
Doença vascular e aórtica Aortic and vascular disease		X				X	Nenhuma ou ligeira None or light	Doença moderada Moderate disease
Diâmetro do acesso vascular Vascular access diameter		X				X	> 6mm	Calcificada e tortuosa < 7mm Calcified and tortuous
Considerações Anatômicas para CoreValve 26mm / Anatomic Considerations for 26mm CoreValve Device								
Diâmetro dos seios de Valsalva Sinus of Valsalva width	X	X		X			≥ 27mm	< 27mm
Altura dos seios de Valsalva Sinus of Valsalva height	X	X		X			≥ 15mm	< 15mm
Considerações Anatômicas para CoreValve 29mm / Anatomic Considerations for 29mm CoreValve Device								
Diâmetro dos seios de Valsalva Sinus of Valsalva width	X	X		X			≥ 29mm	< 29mm
Altura dos seios de Valsalva Sinus of Valsalva height	X	X		X			≥ 15mm	< 15mm

*Elementos que, não sendo recomendados pelo fabricante, podem ser determinados por TCMD.

Fonte: Medtronic Inc., USA.

Ao: aorta; AC: arteriografia coronária; RM: ressonância magnética; VE: ventriculo esquerdo.

selecção de doentes para TAVI com *CoreValve*, e integra o uso dos meios de imagem com os critérios de selecção. De notar que as recomendações mais recentes sobre os métodos de imagem — quando comparadas a versões prévias — dão destaque mais expressivo ao uso da TCMD ou da Ressonância Magnética. Na nossa opinião, bem como de outros autores, a TCMD permite avaliações adicionais, como a avaliação da presença de trombos auriculares ou ventriculares ou — perante aquisições na totalidade do ciclo cardíaco — a avaliação da fracção de ejeção ventricular esquerda, determinações que estão usualmente alocadas à ecocardiografia¹⁸⁻²¹.

A TAVI com *CoreValve* não está recomendada nas seguintes situações:

- Presença de trombo intraventricular ou estenose subaórtica
- Acessos vasculares de calibre < 6 mm
- Fracção de ejeção ventricular esquerda < 20% sem reserva contráctil
- Anel aórtico < 20 ou > 27 mm
- Bicuspidia aórtica
- Calcificação valvular assimétrica significativa
- Diâmetro da raiz aórtica > 43 mm
- Doença vascular grave em geral

Papel da tomografia computadorizada multidetectores

A multi-modalidade de imagem está directamente associada à avaliação do doente com doença cardiovascular e a procedimentos vasculares. A TCMD desempenha um papel crucial no planeamento de TAVI.

Planear a TAVI

As recomendações actuais¹⁶ identificam vários parâmetros que devem ser considerados no planeamento da TAVI. No global, devem ser observados os parâmetros seguintes:

1. Avaliação da anatomia coronária

A angiografia coronária convencional está recomendada na avaliação da anatomia coronária¹⁶. A avaliação anatómica não invasiva pode, no entanto, ser efectuada por TCMD com bons resultados demonstrados em indivíduos com doença valvular, mesmo com ritmo cardíaco desfavorável²². Esta abordagem tem a vantagem de permitir uma determinação precisa da localização dos ostia coronários e da relação entre os folhetos valvulares e os óstios coronários²³⁻²⁵. Esta informação é relevante porque pode condicionar a exequibilidade do procedimento em casos de variação anatómica²⁶. Porém, na população de doentes actualmente propostos para TAVI o valor da coronariografia por TCMD (CTA) é muito limitado. A elevada prevalência de aterosclerose coronária e a intensa calcificação coronária associada a este grupo etário diminui fortemente a acuidade diagnóstica da técnica na exclusão de doença coronária. No futuro, a expansão da TAVI a populações mais jovens e com menores comorbilidades associadas poderá relançar o valor da CTA neste contexto; actualmente, porém, o diagnóstico

de doença coronária exige a realização de coronariografia invasiva.

Perante o achado de doença coronária que determine revascularização, a escolha do método — cirúrgico, percutâneo ou híbrido — bem como a cronologia de intervenção devem ser objecto de discussão pela equipa multidisciplinar. Pelo risco acrescido, a TAVI não é recomendável na presença de doença coronária proximal não passível de revascularização.

2. Avaliação do anel aórtico

As dimensões do anel valvular aórtico condicionam a selecção do tamanho da prótese a implantar, pelo que a correcta avaliação deste parâmetro assume um papel preponderante na avaliação dos candidatos a TAVI. Esta selecção visa diminuir o risco de insuficiência paravalvular e o potencial de migração protésica. Apesar de ainda não estar estabelecido um *gold standard* para esta determinação, as recomendações conjuntas da Sociedade Europeia de Cirurgia Cardiotorácica, Sociedade Europeia de Cardiologia e Associação Europeia de Intervenção Cardiovascular Percutânea destacam a TCMD e a ressonância magnética cardíaca como métodos que permitem avaliar com acuidade o anel valvular e estruturas anexas, sobretudo quando comparados com a avaliação bidimensional por ecocardiografia transtorácica ou transesofágica²⁷ (Figura 1).

O anel aórtico tem uma anatomia tridimensional complexa, não monoplanar e não circular, assemelhando-se estruturalmente a uma «coroa»; para efeitos práticos, o anel aórtico deve ser representado como um anel virtual definido pela tangente mais caudal dos três pontos de ancoragem das cúspides valvulares, com formato eliptóide²⁶⁻³¹. Não se trata, portanto, de um verdadeiro «anel».

Na cirurgia cardíaca, as estimativas não-invasivas pelos métodos usuais de ecocardiografia transtorácica e transesofágica nem sempre são conversíveis na escolha correcta da dimensão da prótese, e o cirurgião utiliza dilatadores durante o procedimento para medição do anel aórtico. No procedimento cirúrgico as diferenças de medição poderão ter menor impacto, considerando que a prótese é suturada aos tecidos adjacentes²⁸. Para efeitos de TAVI, as medições têm de ser efectuadas recorrendo apenas a métodos de imagem, que adquirem, por isso, uma importância acrescida. Um estudo com 33 doentes submetidos a cirurgia de substituição valvular aórtica mostrou uma boa concordância entre as dimensões do anel aórtico obtidas por TC e pelos métodos directos intraoperatórios³². As dimensões obtidas por TCMD apresentam menor variabilidade inter-observador quando comparadas com a ecocardiografia transtorácica ou com a aortografia com contraste, mas o mesmo já não se verifica na comparação com a ecocardiografia transesofágica^{33,34}.

3. Avaliação da raiz aórtica e da aorta ascendente

A par das dimensões do anel valvular, a anatomia da raiz aórtica e da aorta ascendente são parâmetros de relevo na selecção dos doentes, na determinação da dimensão da prótese a implantar e na antevisão de complicações durante o procedimento. A ecocardiografia convencional, por ser bidimensional, fornece uma avaliação limitada da raiz aórtica³⁰.

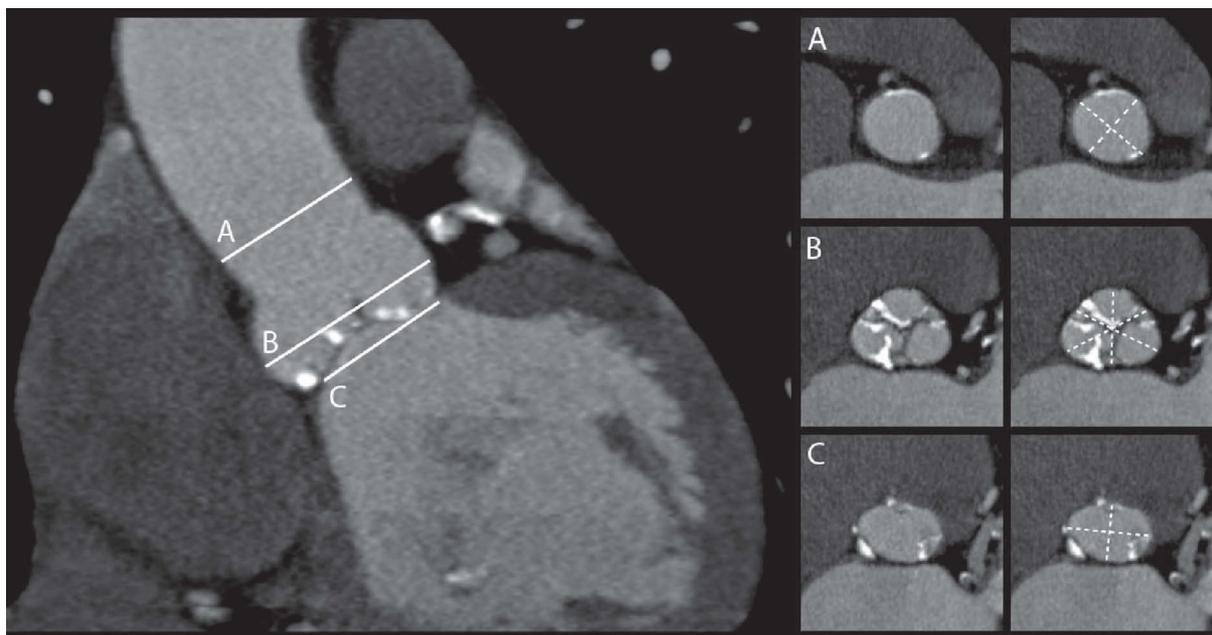


Figura 1 Seções para determinação de parâmetros na avaliação do anel aórtico e raiz aórtica com os respectivos planos de corte e medições a efectuar. A. Aorta ascendente; B. Seios de Valsalva; C. Anel aórtico.

A TCMD fornece dados anatómicos tridimensionais precisos. A determinação do diâmetro dos seios de Valsalva e da junção sinotubular — apesar deste último parâmetro não surgir na última versão das recomendações do fabricante — é importante para a escolha da dimensão adequada da prótese a implantar. Estas medidas podem condicionar a incidência de *leak* paravalvular após o procedimento³⁵.

A avaliação da relação entre as cúspides aórticas e os *ostia* das coronárias pode ser importante para evitar a oclusão coronária durante a aposição protésica³⁶. Está demonstrado que a relação anatómica entre o anel aórtico, os *ostia* coronários e as cúspides tem variabilidade muito acentuada. Numa coorte de 169 doentes, concluiu-se que em 49% daquela população a distância entre o anel e os *ostia* era inferior ao comprimento das cúspides³⁵; neste caso, poder-se-á estar perante um maior risco de oclusão ostial durante o procedimento, o que pode, em alguns casos, ser resolvido por angioplastia ou pontagem cirúrgica³⁷. Finalmente, a avaliação da aorta ascendente visa excluir angulações da aorta que limitem o procedimento e fornecer informações anatómicas que garantam uma correcta aposição da porção superior da prótese valvular à parede da aorta.

Não está recomendado o procedimento nos casos em que a altura e/ou o diâmetro dos seios de Valsalva são inferiores a 15 mm e a 29 mm, respectivamente. Um diâmetro da aorta ascendente superior a 43mm desaconselha também a técnica de TAVI.

4. Avaliação da câmara de saída do ventrículo esquerdo

A câmara de saída do ventrículo esquerdo é composta por dois componentes: um muscular, mais extenso, e um fibroso; a existência de uma protusão subaórtica significativa ou de um septo hipertrofiado pode representar um obstáculo à aposição adequada da prótese aórtica pelo que alguns autores consideram a sua presença uma contra-indicação a TAVI²⁶.

5. Avaliação dos acessos vasculares periféricos

A prevalência de doença arterial periférica é elevada na população de candidatos a TAVI. Apesar da evolução da tecnologia associada a TAVI, que tem permitido calibres mais reduzidos dos sistemas de entrega, a presença de calcificações graves (sobretudo circulares), tortuosidade arterial, diâmetros pequenos do lúmen arterial (geralmente < 6-9 mm, dependendo do sistema de entrega utilizado) e estenoses significativas estão associadas a complicações potencialmente fatais dos acessos vasculares. Neste sentido, estas situações têm de ser sistematicamente excluídas no estudo destes indivíduos³⁸. A TCMD permite uma avaliação milimétrica de todo o trajecto vascular até à raiz da aorta, seja por via femoral ou subclávia, e é o método de eleição para este efeito³⁸.

Outros parâmetros determináveis por TCMD na avaliação dos candidatos

A técnica de TCMD permite ainda a avaliação de outros parâmetros relevantes para a avaliação e estratificação do doente com estenose valvular aórtica:

A. *Seleção de doentes: avaliação da área valvular aórtica por planimetria.* Vários métodos permitem estimar a área valvular. Todos utilizam princípios físicos diferentes. A ecocardiografia — o método *standard* actual^{39,40} — estima a área valvular aórtica pela equação da continuidade utilizando fluxos Doppler (permite ainda definir área anatómica por planimetria valvular, apesar da sua relativa baixa resolução espacial). A cateterização do ventrículo esquerdo estima a área valvular com base nos gradientes medidos e no débito cardíaco. A TCMD utiliza a visualização directa da estrutura valvular com resolução adequada à realização

de planimetria. Para tal, assim como na planimetria por ecocardiografia, é importante a selecção de planos correctos de corte que correspondam ao orifício exacto, definido pelas extremidades das cúspides valvulares: em alguns casos, o orifício valvular não está num plano exactamente paralelo ao do anel valvular, podendo resultar em sobrestimativa da área³⁸.

Em geral, os métodos de imagem que utilizam métodos hemodinâmicos para estimar a área valvular diferem sistematicamente dos que utilizam parâmetros anatómicos. A ecocardiografia, apesar de subestimar a área valvular — sobretudo por presumir uma câmara de saída do ventrículo esquerdo de conformação cilíndrica uniforme — continua a ser o método de eleição pela fácil acessibilidade, pelos resultados demonstrados, e por ser uma técnica não invasiva. A determinação da área valvular por planimetria em TCMD tem boa correlação com a ecocardiografia transesofágica e pode ser utilizada como estratégia alternativa na determinação da área valvular aórtica se os outros métodos falharem ou evidenciarem resultados contraditórios, não obstante a tendência à sobrestimativa da área valvular^{38,41,42}. Halpern et al. demonstraram que quando a área da câmara de saída do ventrículo esquerdo medida por tomografia computadorizada era usada na equação da continuidade, as diferenças entre a TCMD 64 cortes e a ecocardiografia eram minimizadas de 0,60 para 0,14 cm²⁴³. Este ajuste é particularmente útil na estenose aórtica grave⁴⁴.

B. Avaliação da anatomia da válvula aórtica. A anatomia e morfologia exactas da válvula aórtica devem ser devidamente estudadas. Esta avaliação tem repercussões clínicas e técnicas importantes e — apesar de ser classicamente efectuada por ecocardiografia — pode ser realizada por TCMD, com elevada fiabilidade. A presença de bicuspidia aórtica está associada a maiores taxas de posicionamento protésico inadequado e maior incidência de insuficiência paraprotésica: neste sentido, não se recomenda proceder a TAVI nos casos de bicuspidia⁴⁵. A avaliação da extensão e localização de calcificações valvulares pode ser importante na antecipação de complicações relacionadas com o procedimento, como ajustamento desfavorável da prótese ao anel valvular e raiz aórtica (com insuficiência valvular subsequente), embolização de cálcio e maior dificuldade na progressão do catéter pelo orifício valvular¹³. A avaliação por TCMD é adequada na confirmação da morfologia valvular aórtica, e é a técnica de eleição na identificação e localização precisa das áreas de calcificação valvular e arterial.

C. Avaliação da calcificação valvular. Na maioria dos casos, a EAo é resultado de um processo degenerativo que envolve calcificação. Rosenhek et al.⁴⁶ demonstraram que o grau de calcificação valvular é preditor do prognóstico da EAoS, com pior prognóstico para os doentes com calcificação moderada a grave, e propuseram substituição valvular precoce nestes doentes. Em ecocardiografia, o grau de calcificação da válvula aórtica pode apenas ser determinado de forma aproximada; no entanto, a TCMD permite avaliação e quantificação detalhada do cálcio valvular de forma reprodutiva³⁸. Pohle et al.

encontraram uma associação entre o número de factores de risco cardiovascular e a percentagem de doentes com calcificação valvular aórtica em 1000 doentes submetidos a tomografia computadorizada⁴⁷.

Apoio ao procedimento vascular

Os dispositivos para implantação valvular percutânea têm evoluído no sentido de facilitar a orientação e libertação da prótese com maior facilidade e precisão. No entanto, a hemorragia do local de acesso é um dos principais factores condicionantes da morbimortalidade dos doentes sujeitos a TAVI. A evolução da tecnologia de fusão de imagem de TC com angiografia permite obter imagens que permitem prever a posição de placas de ateromatose não visualizáveis com a técnica de angiografia convencional e orientar o operador no local de punção vascular e alinhamento da agulha mais adequados, evitando perfuração de placas de ateroma e complicações associadas (Figura 2). Estudos recentes mostram bons resultados na previsão de placas de aterosclerose, estudo e abordagem de bifurcações e na reconstrução de incidências não visualizáveis com angiografia. São, porém, necessários mais dados, para uma validação da utilidade clínica destas técnicas de fusão e do seu impacto na redução da radiação utilizada³⁰.

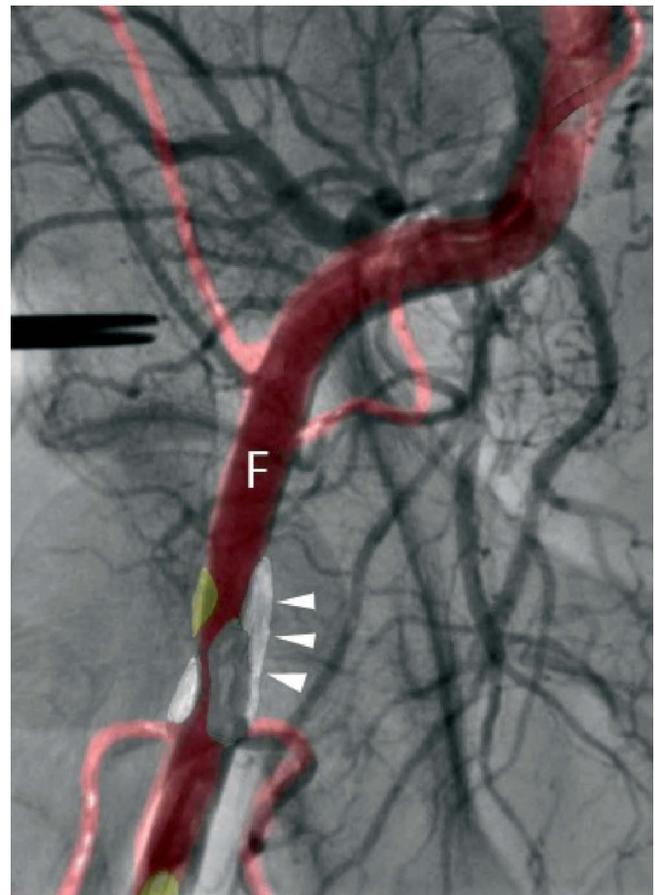


Figura 2 Fusão de imagem TCMD/Angiografia para orientação da punção vascular no início do procedimento. São visíveis placas calcificadas (setas) na artéria femoral comum (F).

Seguimento pós-implantação

O *follow-up* dos doentes submetidos a implantação valvular aórtica percutânea é fundamentalmente clínico. A avaliação da função e posição da prótese recém implantada na raiz aórtica é um dado adicional para confirmar o sucesso do procedimento e prever a evolução do doente. Para este efeito a ecocardiografia, por ser um método mais disponível e menos invasivo é — tal como na avaliação inicial do doente — essencial, e fornece informação estrutural e de fluxos Doppler. A TCMD no pós-TAVI permite acrescentar informação quanto ao correcto posicionamento e expansão da prótese valvular e excluir complicações (Figura 3), sejam estas relacionadas com todo o procedimento de entrega da prótese, sejam relacionadas com os acessos vasculares, com elevada resolução espacial⁴⁸.

A experiência já existente com tomografia computadorizada multicorte no pós-procedimento indica que é frequente uma expansão incompleta e não-uniforme da estrutura metálica de nitinol da *CoreValve* nos segmentos proximal e distal. Porém, o segmento médio, o mais importante por se tratar do segmento funcional, mantém uma correcta e quase simétrica expansão⁴⁸. Estes achados estão provavelmente relacionados com a pressão dos folhetos nativos calcificados e com o posicionamento final da prótese na raiz da aorta. Surpreendentemente, no estudo de Schultz et al.⁴⁸, foi constatado subdimensionamento da prótese valvular na maioria da população estudada tratando-se, no entanto, de uma população reduzida. Não existem dados disponíveis para compreender melhor se existem implicações práticas futuras deste facto.

Desvantagens da técnica

Apesar das vantagens múltiplas da avaliação por TCMD, deverá estar sempre em perspectiva que a obtenção das imagens implica a injeção de produtos de contraste em

doentes frequentemente com algum grau de disfunção renal, bem como a emissão de radiação ionizante em dose variável. Estas desvantagens podem ser reduzidas com o aperfeiçoamento da técnica de aquisição e com os novos equipamentos de tomografia computadorizada^{47,49,50}. No mesmo sentido, a avaliação de volumes de ejeção, fluxos e gradientes transvalvulares não são passíveis de execução isolada com TCMD.

Experiência do Serviço de Cardiologia do Centro Hospitalar de Gaia/Espinho

O Serviço de Cardiologia do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho foi, em Agosto de 2007, o primeiro centro ibérico a proceder à implantação de próteses aórticas percutâneas⁵¹. O equipamento de tomografia computadorizada disponível é um Somatom Sensation Cardiac 64 (Siemens AG). O equipamento TCMD funciona diariamente como apoio a estudos e procedimentos do Serviço de Cardiologia e outros serviços hospitalares que pretendam colaboração para estudos. É uma ferramenta fundamental no estudo dos doentes candidatos a TAVI.

Até Março de 2011, foram avaliados por TCMD 136 potenciais candidatos a implantação percutânea de prótese valvular aórtica, dos quais 44% do sexo masculino. A média de idades foi 78.3 ± 9.2 anos (Tabela 2).

A técnica utilizada para aquisição de imagem divide-se em duas fases: uma aquisição não sincronizada da árvore vascular incluindo os eixos femorais até aos vasos do pescoço, e uma aquisição com sincronização electrocardiográfica para visualização optimizada da raiz aórtica, anel aórtico e *ostia* das artérias coronárias. Nos indivíduos com insuficiência renal relevante (Clearance Creatinina < 30 mLmin⁻¹) é apenas efectuada a aquisição não sincronizada. A dose média de radiação envolvida nas aquisições sincronizada e não sincronizada foi $433,9 \pm 134,9$ e $524 \pm 172,5$ mGy.cm, respectivamente. Apesar do acréscimo de radiação resultante

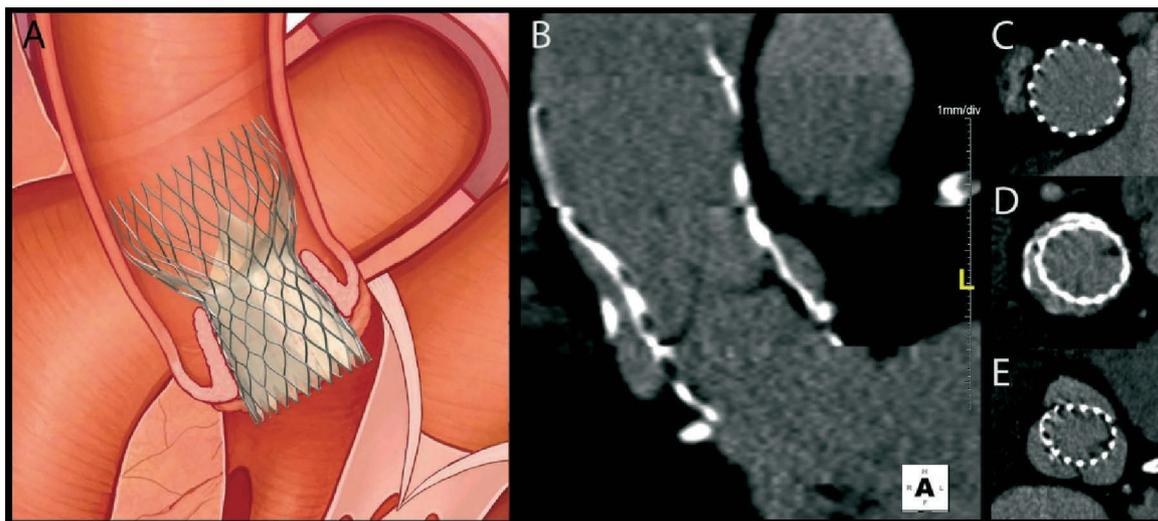


Figura 3 Esquema da aposição da prótese Corevalve na raiz aórtica (A) e corte coronal por TCMD 24 horas pós-implantação de CoreValve (B), com evidência de diferentes graus de aposição protésica de acordo com o nível na raiz aórtica: aorta ascendente (C); junção sino-tubular (D); seios de Valsalva (E).

Tabela 2 Dados da população estudada

Parâmetro	Sexo feminino	Sexo masculino	Global
Total (n,%)	76 (55,9)	60 (44,1)	136 (100)
Idade	80,6 ± 6,2	75,3 ± 11,4	78,3 ± 9,2
Anel valvular max (média, mm)	25,2 ± 3,1	24,4 ± 3,4	24,9 ± 3,3
Anel valvular min (média, mm)	18,7 ± 3,2	19,1 ± 3,1	18,9 ± 3,1
Altura seios de Valsalva (mm)	19,2 ± 3,6	18,8 ± 3,8	19,0 ± 3,7
Seios de Valsalva (média, mm)	27,4 ± 3,1	32,1 ± 4,0	29,3 ± 4,2
Aorta ascendente max (mm)	35,7 ± 7,0	35,7 ± 4,8	35,8 ± 8,3
Aorta ascendente mín (mm)	35,6 ± 4,8	33,5 ± 4,8	33,3 ± 7,2

de uma aquisição adicional sincronizada, a informação obtida pela avaliação da raiz aórtica, seios de Valsalva e anel aórtico com precisão acrescida parece-nos suplantá-la, na prática, esta desvantagem.

A experiência com a técnica de fusão de imagem TC e angiografia convencional tem evoluído e é utilizada para diminuir a incidência de complicações vasculares relacionadas com a punção do vaso e o acesso vascular femoral em todos os procedimentos de implantação de *CoreValve*, com bons resultados.

Conclusões

A TAVI é uma técnica promissora, em rápida evolução.

A movimentação fisiológica das estruturas cardíacas durante o ciclo cardíaco torna crítica a necessidade de utilização de *scanners* de topo de gama (mínimo de 64 cortes), com aquisição de grandes volumes de informação com resolução espacial e temporal suficientes. A TCMD permite a avaliação precisa da câmara de saída do ventrículo esquerdo, caracterização completa da raiz aórtica, da válvula aórtica e da artéria aorta; permite, ainda, avaliar com precisão os trajetos vasculares envolvidos na entrega da prótese valvular, antevendo complicações ou obstáculos ao procedimento.

Com o previsível crescimento do número de procedimentos, a TCMD continuará a assumir um papel central na avaliação dos doentes e programação de TAVI e poderá, no futuro, contribuir para o desenvolvimento de próteses específicas para cada doente com base na avaliação prévia da estrutura complexa que é a raiz aórtica.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

A todos os elementos do Serviço de Cardiologia cujo trabalho no dia a dia permitiu o avanço na experiência de implantação valvular aórtica percutânea no nosso Serviço.

Bibliografia

- Vahanian A, Baumgartner H, Bax J, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2007;28:230-68.
- Ross J Jr, Braunwald E. Aortic stenosis. *Circulation*. 1968;38:61-7.
- Turina J, Hess O, Sepulcri F, et al. Spontaneous course of aortic valve disease. *Eur Heart J*. 1987;8:471-83.
- Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med*. 2010;363:1597-607.
- lung B, Baron G, Butchart EG, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on valvular disease. *Eur Heart J*. 2003;24:1231-43.
- lung B. Decision-making in elderly patients with severe aortic stenosis: Why are so many denied surgery? *Eur Heart J*. 2005;26:2714-20.
- Chukwuemeka A, Borger MA, Ivanov J, et al. Valve surgery in octogenarians: a safe option with good medium-term results. *J Heart Valve Dis*. 2006;15:191-6.
- Melby SJ, Zierer A, Kaiser YP, et al. Aortic valve replacement in octogenarians. Risk factors for early and late mortality. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:1651-7.
- Roberts WC, Ko JM, Garner WL, et al. Valve structure and survival in octogenarians having aortic valve replacement for aortic stenosis (± aortic regurgitation) with versus without coronary artery bypass grafting at a single US medical center (1993-2005). *Am J Cardiol*. 2007;100:489-95.
- Kolh P, Kerzmann A, Honore C, et al. Aortic valve surgery in octogenarians: predictive factors for operative and long-term results. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;31:600-6.
- Charlson E, Legedza AT, Hamel MB. Decision-making and outcomes in severe symptomatic aortic stenosis. *J Heart Valve Dis*. 2006;15:312-21.
- Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*. 2002;106:3006-8.
- Grube E, Buellesfeld L, Mueller R, et al. Progress and current status of percutaneous aortic valve replacement: results of three device generations of the corevalve revalving system. *Circ Cardiovasc Interv*. 2008;1:167-75.
- Masson JB, Kovac J, Schuler G, et al. Transcatheter aortic valve implantation. Review of the nature, management, and avoidance of procedural complications. *JACC Cardiovasc Interv*. 2009;2:811-20.

15. Tops LF, Delgado V, Van der Kleij F, et al. Percutaneous aortic valve therapy: clinical experience and the role of multi-modality imaging. *Heart*. 2009;95:1538-46.
16. Vahanian A, Alfieri O, Al-Attar N, et al. Transcatheter valve implantation for patients with aortic stenosis: a position statement from the European association of cardio-thoracic surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*. 2008;29:1463-70.
17. Dewey TM, Brown D, Ryan WH, et al. Reliability of risk algorithms in predicting early and late operative outcomes in high risk patients undergoing aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008;135:180-7.
18. Hur J, Kim YJ, Lee HJ, et al. Left atrial appendage thrombi in stroke patients: detection with two-phase cardiac CT angiography versus transesophageal echocardiography. *Radiology*. 2009;251:683-90.
19. Shapiro MD, Neilan TG, Jassal DS, et al. Multidetector computed tomography for the detection of left atrial appendage thrombus: a comparative study with transesophageal echocardiography. *J Comput Assist Tomogr*. 2007;31:905-9.
20. Tomoda H, Hoshiai M, Furuya H, et al. Evaluation of intracardiac thrombus with computed tomography. *Am J Cardiol*. 1983;51:843-52.
21. Nakazato R, Tamarappoo BK, Smith TW, et al. Assessment of left ventricular regional wall motion and ejection fraction with low-radiation dose helical dual-source CT: Comparison to two-dimensional echocardiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2011;5:149-57.
22. Bettencourt N, Rocha J, Carvalho M, et al. Multislice computed tomography in the exclusion of coronary artery disease in pre surgical valve disease patients. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2:279-81.
23. Meijboom WB, Mollet NR, Van Mieghem CA, et al. Preoperative computed tomography coronary angiography to detect significant coronary artery disease in patients for cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48:1658-65.
24. Gilard M, Cornily JC, Pennec PY, et al. Accuracy of multislice computed tomography in the preoperative assessment of coronary disease in patients with aortic valve stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:2020-4.
25. Reant P, Brunot S, Lafitte S, et al. Predictive value of noninvasive coronary angiography with multidetector computed tomography to detect significant coronary stenosis before valve surgery. *Am J Cardiol*. 2006;97:1506-10.
26. Piazza N, De Jaegere PP, Schultz CJ, et al. Anatomy of the aortic valve complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv*. 2008;1:74-81.
27. Schultz CJ, Moelker AD, Tzikas A, et al. Cardiac CT: necessary for precise sizing for transcatheter aortic implantation. *Eurointervention*. 2010;6:G6-G13.
28. Schultz CJ, Moelker AD, Piazza N, et al. Three dimensional evaluation of the aortic annulus using multislice computer tomography: are manufacturer's guidelines for sizing the percutaneous aortic valve replacement helpful? *Eur Heart J*. 2010;31:849-56.
29. Shoenhagen P, Numburi U, Halliburton SS, et al. Three-dimensional imaging in the context of minimally invasive and transcatheter cardiovascular interventions using multi-detector computed tomography: from pre-operative planning to intra-operative guidance. *Eur Heart J*. 2010;31:2727-40.
30. Shoenhagen P, Morat Tuzcu E, Kapadia SR, et al. Three-dimensional imaging of the aortic valve and aortic root with computed tomography: new standards in the era of transcatheter valve repair/implantation. *Eur Heart J*. 2009;30:2079-86.
31. Wood DA, Tops LF, Mayo JR, et al. Role of multislice computed tomography in transcatheter aortic valve replacement. *Am J Cardiol*. 2009;103:1295-301.
32. Dashkevich A, Blanke P, Siepe M, et al. Preoperative assessment of aortic annulus dimensions: comparison of noninvasive and intraoperative measurement. *Ann Thorac Surg*. 2011;91:709-14.
33. Tzikas A, Schultz CJ, Piazza N, et al. Assessment of the aortic annulus by multi-slice computed tomography, contrast aortography and trans-thoracic echocardiography in patients referred for transcatheter aortic valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;77:868-75.
34. Hutter A, Opitz A, Bleiziffer S, et al. Aortic annulus evaluation in transcatheter aortic valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2010;76:1009-19.
35. Tops LF, Wood DA, Delgado V, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography: implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008;1:321-30.
36. Webb JG, Chandavimol M, Thomson CR, et al. Percutaneous aortic valve implantation retrograde from the femoral artery. *Circulation*. 2006;113:842-50.
37. Walther T, Falk V, Kempfert J, et al. Transapical minimally invasive aortic valve implantation: the initial 50 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008;33:983-8.
38. Pfleiderer T, Achenbach S. Aortic valve stenosis: CT contributions to diagnosis and therapy. *J Cardiovasc Comp Tomogr*. 2010;4:355-64.
39. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:1-25.
40. De la Morena G, Saura D, Oliva MJ, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the assessment of aortic valve stenosis. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:9-13.
41. Shah RG, Novaro GM, Blandon RJ, et al. Aortic valve area: meta-analysis of diagnostic performance of multi-detector computed tomography for aortic valve area measurements as compared to transthoracic echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2009;25:601-9.
42. Abdulla J, Sivertsen J, Kofoed KF, et al. Evaluation of aortic valve stenosis by cardiac multi-slice computed tomography compared with echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *J Heart Valve Dis*. 2009;18:634-43.
43. Halpern EJ, Mallya R, Sewell M, et al. Differences in aortic valve area measured with CT planimetry and echocardiography (continuity equation) are related to divergent estimates of left ventricular outflow tract area. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192:1668-73.
44. Utsunomiya H, Yamamoto H, Horiguchi J, et al. Underestimation of aortic valve area in calcified aortic valve disease: Effects of left ventricular outflow tract ellipticity. *Int J Cardiol*. 2011 Jan 12. [Epub ahead of print].
45. Zegdi R, Ciobotaru V, Noghin M, et al. Is it reasonable to treat all calcified stenotic aortic valves with a valved stent? Results from a human anatomic study in adults. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51:579-84.
46. Rosenhek R, Binder T, Porenta G, et al. Predictors of outcome in severe, asymptomatic aortic stenosis. *N Engl J Med*. 2000;343:611-7.
47. Pohle K, Otte M, Ropers D, et al. Association of cardiovascular risk factors to aortic valve calcification as quantified by electron beam computed tomography. *Mayo Clin Proc*. 2004;79:1242-6.
48. Schultz CJ, Weustink A, Piazza N, et al. Geometry and degree of apposition of the CoreValve revalving system with multislice

- computed tomography after implantation in patients with aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54:911-8.
49. Duarte R, Bettencourt N, Costa JC, et al. Coronary computed tomography angiography in a single cardiac cycle with a mean radiation dose of approximately 1 mSv: initial experience. *Rev Port Cardiol*. 2010;29:1667-76.
50. Sousa PJ, Gonçalves PA, Marques H, et al. Radiation in cardiac CT: predictors of higher dose and its reduction over time. *Rev Port Cardiol*. 2010;29:1655-65.
51. Caeiro D, Fontes-Carvalho R, Lima R, et al. Implantação da válvula aórtica por via percutânea. *Rev Port Cardiol*. 2010;29:1699-712.