

Papel de las imágenes cardíacas avanzadas en la planificación del reemplazo valvular aórtico percutáneo

Role of Advanced Cardiac Imaging in Transcatheter Aortic Valve Replacement Planning

GABRIEL MALUENDA^{1,2}, MIGUEL OYONARTE¹, MATÍAS SZTEJFMAN³

INTRODUCCIÓN

El vertiginoso desarrollo del reemplazo valvular aórtico percutáneo (RVAP) no hubiera sido posible sin la valiosa colaboración de las imágenes cardíacas multimodales, particularmente el ecocardiograma transesofágico (ETE) y la tomografía axial computarizada (TAC). Dada la elevada morbimortalidad asociada con la estenosis aórtica (EA) grave de riesgo quirúrgico alto, es de vital importancia una selección adecuada de los candidatos a RVAP para el éxito de un programa. (1) En esta revisión describimos el papel de estas técnicas para una selección adecuada de casos, la evaluación de la vía de acceso y la planificación del procedimiento en pacientes portadores de EA grave de riesgo quirúrgico alto.

OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN POR IMÁGENES

Los principales objetivos en la etapa previa al procedimiento comprenden:

1. Asegurar que el paciente tiene accesos apropiados para la vía propuesta.
2. Asegurar que el dispositivo propuesto se puede implantar de manera segura y exitosa en base a las características y las relaciones anatómicas de la válvula aórtica, la raíz aórtica, el ventrículo izquierdo (VI) y los *ostia* coronarios.
3. Seleccionar el tamaño apropiado del dispositivo.

DETERMINACIÓN DE ELEGIBILIDAD DEL ACCESO ILIOFEMORAL

Uno de los mayores desafíos al usar introductores vasculares de gran tamaño, requeridos para RVAP, es una evaluación detallada del sistema arterial iliofemoral, a fin de prevenir las temidas complicaciones vasculares. En efecto, en el estudio PARTNER, las complicaciones vasculares, que ocurrieron en el 15,3% de los pacientes, demostraron que están fuertemente vinculadas a muerte a corto y a largo plazos. (2)

Angiografía

La evaluación de los accesos vasculares se inicia de manera estándar con angiografía convencional, pues todos los pacientes luego de una coronariografía son derivados de rutina a angiografía de la aorta torácica, la aorta abdominal y el sistema iliofemoral. La angiografía aporta información inicial del tamaño de los vasos y del grado de ateromatosis, calcificación y tortuosidad.

Tomografía axial computarizada

La angio-TAC, debido a sus ventajas sobre las conocidas limitaciones de la angiografía, se ha convertido en el estándar para la evaluación de los accesos iliofemorales previo a RVAP. Dado que la función renal es una frecuente limitante de la cantidad de contraste que es posible administrar en estos pacientes, el estudio puede simplificarse—inmediatamente después de estudio invasivo— con la inyección de contraste a través de un catéter *pigtail* 4-5 Fr ubicado en la aorta abdominal, bajo las arterias renales usando una mezcla de 20 cm³ de contraste más 60 cm³ de solución salina en bolo, el cual se inyecta a razón de 4 cm³/seg durante 10 segundos (Figura 1). (3)

A continuación deben evaluarse en forma metódica y detallada los diámetros arteriales mínimos obtenidos en cortes axiales totalmente perpendiculares al eje mayor del vaso. En forma adicional, deben estudiarse el grado de calcificación y las angulaciones/tortuosidad de los vasos. En ausencia de calcificación significativa (calcificación > 180° en corte axial), gran ateromatosis o tortuosidad grave (> 90°), se exige que el diámetro menor de cada segmento arterial esté al menos 1 o 2 mm por sobre el diámetro externo del introductor que se ha previsto emplear a fin de permitir una canulación segura. (4) En caso contrario, debe considerarse un acceso alternativo, como el transapical, el transaxilar o el transaórtico. (5)

REV ARGENT CARDIOL 2014;82:139-144. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v82.i2.3513>

Recibido: 18/11/2013 Aceptado: 09/01/2014

Dirección para separatas: Dr. Gabriel Maluenda, Centro Cardiovascular, Hospital San Borja Arriarán, Universidad de Chile, Av. Santa Rosa 1234 - Santiago, Chile, Tel. +56-2-574-9342, e-mail: gabrielmaluenda@gmail.com

¹ Centro Cardiovascular, Hospital Clínico San Borja Arriarán, Universidad de Chile. Santiago, Chile

² Departamento de Cardiología, Clínica Alemana. Santiago, Chile

³ Departamento de Cardiología, Sanatorio Güemes. Buenos Aires, Argentina

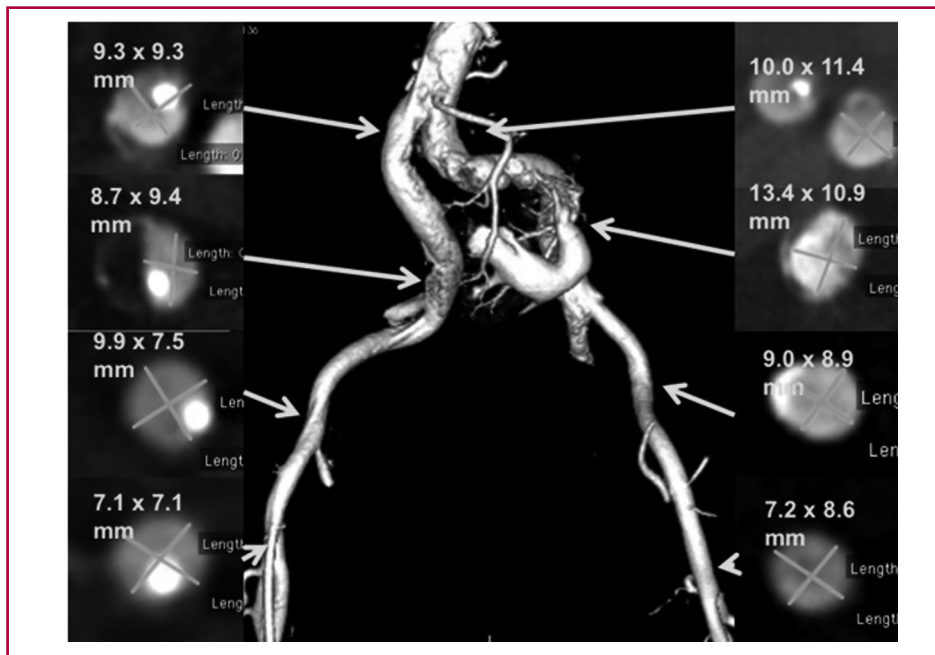


Fig. 1. Angio-TAC de ilíacas obtenida con inyección de 20 cm³ de contraste a través de un catéter pigtail posicionado bajo las arterias renales.

EVALUACIÓN DE LA RAÍZ AÓRTICA

La evaluación de la raíz aórtica debe incluir la medición de manera precisa y sistemática de:

1. El tamaño del anillo aórtico.
2. El grado de calcificación y su distribución en el aparato valvular.
3. La localización de los *ostia* coronarios.
4. Otros factores que puedan influir en el plan terapéutico, como el grado de enfermedad ateromatosa y los diámetros del arco aórtico y la aorta ascendente.

Ecocardiografía transesofágica

La evaluación actual de elegibilidad de un paciente para RVAP, incluyendo la determinación del tamaño de la prótesis, se basa mayormente en ecocardiografía transesofágica. (6) La determinación del tamaño del anillo se realiza a nivel del punto de inserción basal de las valvas aórticas o *hinge points*, lo que determina el tamaño del dispositivo que se ha de emplear. Estas determinaciones deben realizarse con vista en eje largo axial medioesofágico (110° a 140°, "vista de 3 cámaras") en sístole temprana. Obtenido perfecto alineamiento longitudinal de la cámara ventricular con el tracto de salida de VI y la aorta ascendente—con el fin de asegurar que el plano sagital seccione el anillo en su diámetro máximo—, el diámetro máximo del anillo se determina midiendo desde el borde del seno al *hinge point* del seno coronario derecho (Figura 2). (7) Mediciones oblicuas o fuera de plano son una fuente importante de error en la estimación del tamaño del anillo. Por otra parte, es importante evitar la inclusión en las mediciones de las calcificaciones voluminosas de las comisuras o las calcificaciones ectópicas, lo cual puede llevar a sobrestimar el tamaño del anillo. Cabe recordar que pueden ocurrir variaciones cíclicas importantes en la ubicación del plano sagital por la respiración o dentro del intervalo RR.

Las nuevas generaciones de ecocardiógrafos biplanares permiten adquisiciones simultáneas en los planos de eje corto y eje largo, lo cual puede facilitar la identificación del plano transversal al anillo, especialmente en casos de ventana ecográfica limitada. Por otro lado, evidencia inicial sugiere que el ETE tridimensional sería una alternativa más precisa al reducir la posibilidad de errores de mediciones, (8) aunque se requiere mayor evidencia.

Adicionalmente, el ecocardiograma permite evaluar otros aspectos de importancia en la selección de los candidatos a RVAP, como la presencia de insuficiencia mitral grave, disfunción sistólica grave del ventrículo izquierdo o hipertensión pulmonar grave. Si bien la presencia de estos criterios podría contraindicar el RVAP, por los malos resultados asociados, la plastia aórtica con balón puede emplearse como un método de selección, evaluando la mejoría de dichos parámetros como prueba terapéutica. (9)

Tomografía axial computarizada

La angio-TAC gatillada por electrocardiograma (ECG) o TAC cardíaca nos ha permitido comprender mejor la conformación tridimensional anatómica de la raíz aórtica, al proveer imágenes que pueden ser reconstruidas en diferentes ángulos y planos. De hecho, el anillo aórtico tiene típicamente una conformación oval más que circular, como quedó demostrado en estudios que compararon diferentes imágenes. (10) A diferencia del ETE, que obtiene medición del diámetro del anillo en eje largo, la TAC permite determinar los diámetros del anillo en todas sus dimensiones.

Los estándares mínimos para la ejecución adecuada de una TAC cardíaca en pacientes candidatos a RVAP exigen un equipo con capacidad multicorte de al menos 64 detectores con obtención de imágenes gatilladas por ECG (que se describen en detalle en la Tabla 1).

Fig. 2. Medición del tamaño del anillo aórtico por ecocardiograma transesofágico en "vista de 3 cámaras" tras alinear el ventrículo izquierdo, el tracto de salida ventricular izquierdo y la raíz aórtica. El diámetro máximo del anillo se determina midiendo desde el borde del seno al *hinge point* del seno coronario derecho (*flecha*).

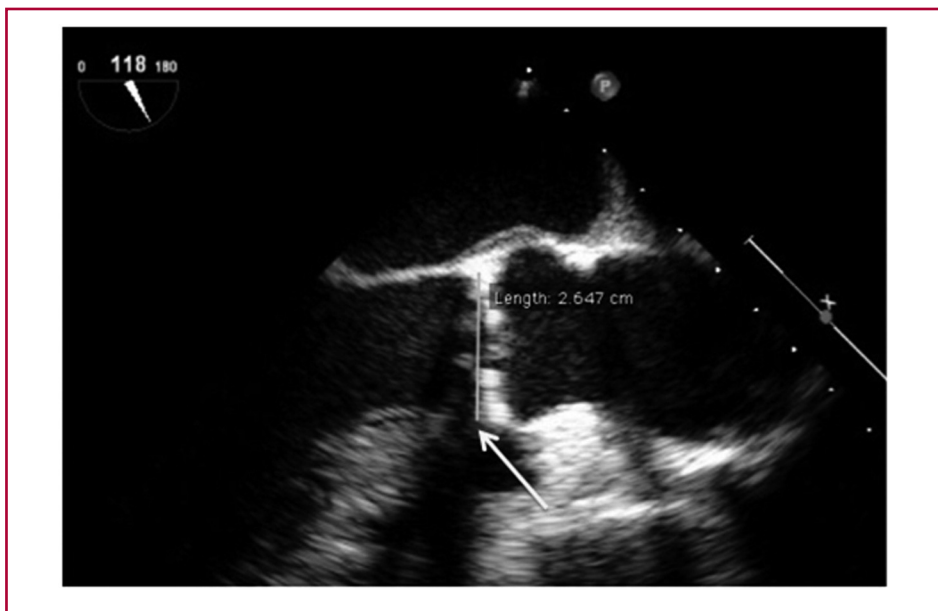


Tabla 1. Requisitos para angio-TAC cardíaca en evaluación de candidatos a reemplazo valvular aórtico percutáneo

Equipo con capacidad multicorte de al menos 64 detectores y obtención de imágenes gatilladas por electrocardiograma

- Obtener imágenes sin contraste gatilladas de manera estándar en todos los pacientes a fin de evaluar calcio
- Obtener imágenes gatilladas con protocolo retrospectivo con adquisición de todo el ciclo cardíaco
- Barrer de manera estándar desde el diafragma al arco aórtico (incluir el arco)
- En caso de esternotomía previa incluir también ambas mamas internas desde su origen
- Típicamente, inyectar 80-90 ml de contraste, de manera similar a protocolo coronario para escáner de 64 detectores, que puede reducirse a 70 ml o menos en caso de generaciones superiores a los 128 detectores
- Generar imágenes para análisis en sístole (30-40% del ciclo RR) para mediciones de la raíz aórtica, e imágenes del ciclo completo (0 a 90% del RR) para análisis de motilidad y función valvular

Para realización de angio-TAC periférica al mismo tiempo de angio-TAC cardíaca

- Programar adquisición para un segundo barrido, no gatillado, desde el diafragma hasta la bifurcación de las femorales
- En equipos de 64 detectores es probable que la adquisición de imágenes abdominopelvianas implique una segunda inyección de contraste IV, en cuyo caso se aconseja separar las dos adquisiciones y realizarlas en tiempos diferentes (> 48 horas)
- Como alternativa, especialmente en pacientes con insuficiencia renal significativa, pueden obtenerse imágenes de excelente calidad posicionando un catéter *pigtail* 5 Fr por vía femoral bajo las arterias renales con tan solo 20 ml de contraste, seguidos de un bolo de 60 ml de solución fisiológica

Fuerte evidencia actual apoya el uso de rutina de TAC cardíaca para la determinación del tamaño del anillo valvular aórtico y la selección de prótesis, lo cual se asocia con una reducción significativa en la tasa de insuficiencia aórtica paravalvular (IAP). (11) Otros determinantes de IAP son la excentricidad del anillo, la extensión y la asimetría en la distribución del calcio en el anillo y las comisuras, que son muy bien evaluados por la TAC cardíaca. (12)

Especial interés merece la determinación de la distancia entre el nacimiento de las coronarias y el anillo valvular, a fin de determinar el riesgo de oclu-

sión coronaria durante el RVAP. Una distancia menor de 10 mm se considera de riesgo alto, especialmente en presencia de velos largos y con un grado elevado de calcificación. (13) La TAC cardíaca nos permite además identificar la mejor proyección para el implante/liberación de la prótesis, lo cual debe realizarse con la emisión de los haces de los rayos X en forma perpendicular al plano valvular, a fin de asegurar la visualización tangencial de los tres senos de Valsalva. El empleo de métodos que determinan dichos ángulos de manera automatizada ha demostrado reducción de los tiempos de radioscopia, del volumen de contraste y

de la tasa de falla renal periprocedimiento y, a la vez, de la tasa de mala posición del dispositivo y de IAP. (14) También se ha sugerido la utilidad de la TAC cardíaca en la planificación del acceso quirúrgico transapical en pacientes que tienen una operación cardíaca previa. Si bien la presencia de estenosis aórtica bicúspide ha sido tradicionalmente una contraindicación para el ingreso de pacientes en los estudios aleatorizados, series clínicas recientes sugieren que la presencia de estenosis aórtica bicúspide con un “seudo” rafe identificado por tomografía –como ocurre en la gran mayoría de los casos– permitiría la ejecución del RVAP de manera segura si el dispositivo se acomoda a las dimensiones del anillo. (15)

Cabe destacar que el énfasis del estudio de pacientes con EA grave debe basarse en un abordaje multidisciplinario, en cuyo sentido son esenciales imágenes de múltiples modalidades, especialmente la integración apropiada de las imágenes obtenidas por ecocardiograma y TAC cardíaca.

¿CÓMO MEDIR APROPIADAMENTE EL ANILLO VALVULAR AÓRTICO?

Al igual que con el ETE, la determinación del tamaño del anillo se realiza a nivel del punto de inserción basal

de las valvas aórticas o *hinge points*. Inmediatamente por debajo de él se encuentra el tracto de salida del ventrículo izquierdo e inmediatamente por arriba, el seno de la raíz de la aorta.

En estación de trabajo con *software* apropiado para procesamiento de imágenes tomográficas, en modo reconstrucción multiplanar se obtienen cortes coronal, sagital y transversal (doble oblicua axial), con los tres planos bloqueados en ángulo de 90°. Es recomendable usar la fase sistólica, 30-40% del intervalo RR, para esta medición, aunque es preferible usar la secuencia de mejor calidad, si esta no se obtuvo en la fase sistólica.

Para identificar el anillo aórtico recomendamos seguir la metodología descrita por Kasel y colaboradores, (16) referida como la regla de *turn around*: primero, se centra el cursor en el punto medio de la raíz aórtica, a la vez que los ejes largos del plano coronal y sagital deben estar alineados (planos en doble oblicua) (Figura 3 A). Segundo, el plano axial se debe alinear a nivel de las valvas, arrastrando este plano desde la aorta hacia el ventrículo hasta que aparezca el punto de inserción más caudal de las valvas (*hinge points*) (Figura 3 A). Finalmente, el plano transversal (axial) se debe rotar alrededor de su propio eje para alinear los planos longitudinales y así asegurar que cada uno



Fig. 3. Imágenes tomográficas para ubicación del anillo aórtico (A), medición de dimensiones en plano axial (B) y planos sagital y coronal (C).

Tabla 2. Recomendaciones del tamaño de las prótesis CoreValve® (Medtronic Inc) y SAPIEN XT® (Edwards Lifescience) según mediciones tomográficas del anillo aórtico

	Rango diámetros (mm)	Rango perímetro (mm)	Rango área (mm ²)
CoreValve®			
23 mm	18-20	56,5-62,8	254,5-314,2
26 mm	20-23	62,8-72,3	314,2-415,5
29 mm	23-27	72,3-84,8	415,5-572,6
31 mm	26-29	81,7-91,1	530,9-660,5
SAPIEN XT®			
23 mm	19-22	60,0-71,0	300-400
26 mm	23-25	72,0-80,5	410-520
29 mm	26-28	81,5-88,0	530-620

de los tres *hinge points* sean individualmente tocados por el plano transverso (Figura 3 A).

Definido el anillo aórtico, en plano axial se determinan el diámetro máximo, el diámetro mínimo, el diámetro promedio, el perímetro y el área (Figura 3 B). También se puede medir el anillo en oblicua coronal y oblicua sagital a fin de corroborar las mediciones realizadas en el plano axial (Figura 3 C).

Como ya se ha mencionado, la selección de la prótesis basada en la medida del perímetro y el área del anillo parece reducir la tasa de IAP, (9) por lo cual ya hay información disponible respecto del tamaño más apropiado de la prótesis, según medición de los diámetros del anillo y del perímetro y área del anillo, los que deben ser concordantes (Tabla 2).

CONCLUSIONES

El estudio actual de pacientes portadores EA grave de riesgo quirúrgico alto debe basarse en un abordaje multidisciplinario, en cuyo sentido son esenciales imágenes de múltiples modalidades, especialmente la integración apropiada de las imágenes obtenidas por ecocardiograma y TAC cardíaca. Basados en la evidencia existente, recomendamos el uso de rutina de la angio-TAC para la evaluación de la vía de acceso y la selección apropiada del dispositivo a emplear, como también para la planificación del procedimiento.

Declaración de conflicto de intereses

El Dr. Ricardo Maluenda es Proctor de Edwards Lifescience. El Dr. Matías Szejfman es Consultor de Medtronic Inc.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ben-Dor I, Pichard AD, Gonzalez MA, Weissman G, Li Y, Goldstein SA, et al. Correlates and causes of death in patients with severe symptomatic aortic stenosis who are not eligible to participate in a clinical trial of transcatheter aortic valve implantation. *Circulation* 2010;122:S37-42. <http://doi.org/cqsq6p>

2. Génereux P, Webb JG, Svensson LG, Kodali SK, Satler LF, Fearon WF, et al. PARTNER Trial Investigators. Vascular complications after transcatheter aortic valve replacement: Insights from the PARTNER (Placement of AoRTic TraNscathetER Valve) trial. *J Am Coll Cardiol* 2012;60:1043-52. <http://doi.org/f2mwmp>
3. Joshi SB, Mendoza DD, Steinberg DH, Goldstein MA, Lopez CF, Raizon A, et al. Ultra-low-dose intra-arterial contrast injection for iliofemoral computed tomographic angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:1404-11. <http://doi.org/cthtpg>
4. Kurra V, Schoenhagen P, Roselli EE, Kapadia SR, Tuzcu EM, Greenberg R. Prevalence of significant peripheral artery disease in patients evaluated for percutaneous aortic valve insertion: preprocedural assessment with multi-detector computed tomography. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:1258-64. <http://doi.org/fwht5j>
5. Masson JB, Kovac J, Schuler G, Ye J, Cheung A, Kapadia S, et al. Transcatheter aortic valve implantation: review of the nature, management, and avoidance of procedural complications. *JACC Cardiovasc Interv* 2009;2:811-20. <http://doi.org/dv2xkk>
6. Jayasuriya C, Moss RR, Munt B. Transcatheter aortic valve implantation in aortic stenosis: the role of echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:15-27. <http://doi.org/cz9hjs>
7. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Gonçalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:937-65. <http://doi.org/ch8464>
8. Ng AC, Delgado V, van der Kley F, Shanks M, van de Veire NR, Bertini M, et al. Comparison of aortic root dimensions and geometries before and after transcatheter aortic valve implantation by 2- and 3-dimensional transesophageal echocardiography and multislice computed tomography. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010;3:94-102. <http://doi.org/fbwj3b>
9. Ben-Dor I, Pichard AD, Satler LF, Goldstein SA, Syed AI, Gaglia MA Jr, et al. Complications and outcome of balloon aortic valvuloplasty in high-risk or inoperable patients. *JACC Cardiovasc Interv* 2010;3:1150-6. <http://doi.org/c33j84>
10. Piazza N, Lange R, Martucci G, Serruys PW. Patient selection for transcatheter aortic valve implantation: patient risk profile and anatomical selection criteria. *Arch Cardiovasc Dis* 2012;105:165-73. <http://doi.org/qxw>
11. Jilaihawi H, Kashif M, Fontana G, Furugen A, Shiota T, Friede G, et al. Cross-sectional computed tomographic assessment improves accuracy of aortic annular sizing for transcatheter aortic valve replacement and reduces the incidence of paravalvular aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:1275-86. <http://doi.org/f2nck7>

12. Généreux P, Head SJ, Hahn R, Daneault B, Kodali S, Williams MR, et al. Paravalvular leak after transcatheter aortic valve replacement: the new Achilles' heel? A comprehensive review of the literature. *J Am Coll Cardiol* 2013;61:1125-36. <http://doi.org/f2f3t4>
13. Ribeiro HB, Nombela-Franco L, Urena M, Mok M, Pasian S, Doyle D, et al. Coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: a systematic review. *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6:452-61. <http://doi.org/qxx>
14. Samim M, Stella PR, Agostoni P, Kluin J, Ramjankhan F, Budde RP, et al. Automated 3D analysis of pre-procedural MDCT to predict annulus plane angulation and C-arm positioning: benefit on procedural outcome in patients referred for TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:238-48. <http://doi.org/qxz>
15. Maluenda G, Araya M, Ibañez-Arenas R. Successful transfemoral aortic valve replacement in a bicuspid aortic stenotic valve: Requirements for a safe implant. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;82:e826-30. <http://doi.org/qx2>
16. Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, Amaki M, Hahn RT, Kastrati A, et al. Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:249-62. <http://doi.org/qx3>