

Implante valvular aórtico percutáneo con técnica de *balloon sizing* en anillo aórtico en pacientes mayores de 55 años con estenosis aórtica severa sintomática con válvula bicúspide degenerativa

Balloon Sizing technic on TAVR in patients with severe aortic stenosis with degenerative bicuspid aorta

Marco Gabriel Massano¹, Sebastián Lerga¹, Fabricio Torrent¹, Lucas Gerbaudo², Marcos De La Vega², Leonardo Danduch², Juan Moreno³

RESUMEN

Introducción y objetivos. El implante valvular aórtico percutáneo (TAVI) es un procedimiento que ha crecido exponencialmente en los últimos años y cuya indicación va aumentando a medida que se desarrollan nuevas prótesis y mejora su técnica de implantación. El objetivo de este pequeño estudio es demostrar que la técnica de *balloon sizing* es efectiva para colaborar con la elección del tamaño de la prótesis en pacientes con aorta bicúspide.

Métodos. Se le realizó *balloon sizing* a 8 pacientes de alto riesgo con estenosis aórtica y aorta bicúspide previo a la colocación de TAVI.

Resultados. El éxito técnico, definido como el implante de la válvula se logró en el 100%. El 63% tenía indicación de implante de válvula Evolut R 34 y el 25% Evolut R 26. Con respecto a las válvulas implantadas, el 38% tuvo válvula Evolut R 29, el 38% Evolut R 26 y el 25% Evolut R 23. Las válvulas fueron implantadas en una altura promedio de 2,5 mm \pm 0,93, con un rango comprendido entre 1 y 4 mm. La vía de acceso en el 86% de los casos fue FD (femoral derecha); y solo en el 14% fue FI (femoral izquierda). Un solo paciente tuvo complicaciones vasculares, quien además registraba marcapasos definitivo previo al tratamiento. Tampoco se registraron casos de pacientes que fallecieron. Es importante remarcar que según el perímetro valvular por tomografía se sugirieron 5 válvulas N° 34 y ninguna N° 23, y gracias al *balloon sizing* se terminaron implantando 2 N° 23 y ninguna N° 34. La insuficiencia aórtica residual leve o ausente al final del procedimiento se observó en el 100% de los procedimientos.

Conclusiones. *Balloon sizing* es una técnica complementaria a MSCT y al tamaño de ETE convencional. Es especialmente útil cuando existe incertidumbre en cuanto a las dimensiones del anillo, cuando las mediciones caen en la "zona gris" entre dos tamaños de válvula y en las siguientes situaciones anatómicas poco claras: válvula aórtica bicúspide, bulto septal.

Palabras clave: *balloon sizing*, TAVI, aorta bicúspide.

ABSTRACT

Introduction and objectives: The indication on transcatheter aortic valve replacement (TAVR) has been increasing during the last years thanks to new prosthesis and technics on the implantation. The objective of this study is to show how the balloon sizing technic is effective in the election on the size of the prosthesis in patients with bicuspid aorta.

Methods. Balloon sizing technic was realized in 8 high risk patients with aortic stenosis and bicuspid aorta previous TAVR

Results. The implantation of the valve was 100% successfully. The 63% of the patients had indication N° 34 size Evolut R valve and 25% had indication N° 26 Evolut R. As regards the implanted valves, 38% had Evolut R 29, 38% Evolut R 26 and 25% Evolut R 23. The average on the implantation high was 2.5 mm \pm 0.93, with a range between 1 and 4 mm. The access was 86% right femoral and 14% left femoral. Only one patient had a vascular complication. No death was register during the study. It's important to remark that 5 N° 34 valve were suggested because of the CT scan and none N° 23 and thanks balloon sizing technic 2 N° 23 valve and none N° 34 were implanted. After the procedure mild or no aortic regurgitation was registered.

Conclusions. Balloon sizing is a complementary technic with CT scan and echocardiogram. It can be useful when there are doubts in the ring dimension, when the measure are in a "grey zone" between two valve sizes and when the anatomic situation are not helpful such as bicuspid aortic and septal lump.

Keywords: *balloon sizing*, TAVR, bicuspid aorta.

Revista Argentina de Cardioangiología Intervencionista 2020;11(1):21-25. <https://doi.org/10.30567/RACI/202001/0021-0025>

INTRODUCCIÓN

El implante valvular aórtico transcáteter (*transcatheter aortic valve implantation* [TAVI]) se ha convertido en el tratamiento de elección para los pacientes con estenosis aórtica grave considerados inoperables, con mejores resultados que con el manejo conservador, incluida la valvuloplastia aórtica. En otro grupo de pacientes, aquellos con alto riesgo quirúrgico, el TAVI se ha demostrado no inferior al recambio valvular aórtico quirúrgico (RVAo). En este registro se describe una serie de procedimientos exitosos con técnica de *balloon sizing*

en pacientes con estenosis aórtica severa sintomática con válvula bicúspide degenerativa e implante valvular percutáneo, así como la experiencia reportada.

Marco teórico

Actualmente, la estenosis aórtica (EA) es la enfermedad valvular más frecuente en los países desarrollados, dado el aumento de las expectativas de vida. Corresponde mayoritariamente a EA calcificadas en pacientes mayores (2-7% de la población mayor de 65 años)¹. El reemplazo valvular quirúrgico es aún el tratamiento de elección para pacientes con EA severa sintomática (recomendación Clase I, con nivel de evidencia B, guías ACC/AHA, Circ. 2008;118:e523-e661).

Sin cirugía, el pronóstico es extremadamente ominoso, con una tasa de sobrevida a 3 años inferior a 30%; sin embargo, en el 33% de todos los pacientes mayores de 75 años con EA severa se descarta la cirugía². La mortalidad para pacientes de alto riesgo con EA severa sintomáticos es superior a 50-60% a los 2 años. De aquellos que finalmente llegan a ciru-

1. Clínica Santa Clara, San Juan, Rep. Argentina
2. Sanatorio El Salvador, Córdoba, Rep. Argentina
3. Clínica Pasteur, Neuquén, Rep. Argentina

✉ Correspondencia: Marco Massano. marcogabmassano@gmail.com; marco-massano@hotmail.com

Los autores no declaran conflictos de intereses

Recibido: 12/12/2019 | Aceptado: 31/01/2020

TABLA 1. Caracterización valvular.

Selección valvular	CoreValve Evolut R			
Tamaño	23 mm	26 mm	29 mm	34 mm
Diámetro anular (mm)	18-20	20-23	23-27	26-29
Perímetro anular (mm)	56,5-62,8	62,8-72,3	72,3-81,7	81,7-94,2
Área anular (mm ²)	254,5-314,2	314,2-415,5	415,5-572,6	530,9-660,5
Diámetro aorta ascendente (mm)	<34	<40	<43	<43
Diámetro seno de Valsalva (mm)	>25	>27	>29	>31
Altura seno de Valsalva (mm)	>15	>15	>15	>16

CLASIFICACION VALVULAR

main category: number of raphe	0 raphe - Type 0		1 raphe - Type 1			2 raphe - Type 2	
	lat	ap	L-R	R-N	N-L	L-R/R-N	
1. subcategory: spatial position of cusps in Type 0 and raphe in Types 1 and 2							
2. subcategory:							
V	6 (2)	1 (0.3)	79 (26)	22 (7)	3 (1)	6 (2)	
F							
A							
L							
V							
U							
C							
I							
N							
S							
B (0 + 9)							
L							
O							
R							
N							
No							

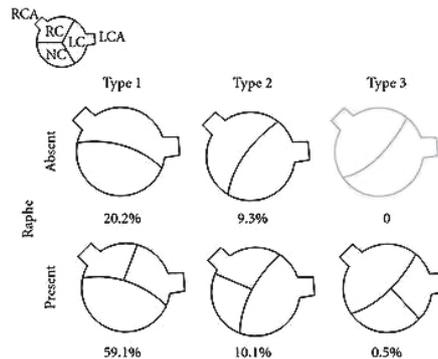


Figura 1. A y B. Clasificación valvular.

gía de reemplazo valvular, una proporción significativa tiene elevada morbilidad asociada al procedimiento³.

La valvuloplastia percutánea con balón fue la primera técnica basada en catéter para resolver este problema. Luego de resultados iniciales promisorios^{4,5}, los datos del seguimiento a largo plazo demostraron una alta tasa de reestenosis así como ausencia de mejoría clínica significativa en el tiempo⁶. Por ello, la valvuloplastia con balón es hoy considerada solo como una opción de emergencia, como puente hacia la cirugía o el implante valvular aórtico transcatheter (TAVI) y como tratamiento compasivo para algunos pacientes. El TAVI, inicialmente descrito por Andersen⁷, fue introducido en el año 2008 por Cribier para pacientes mayores y de alto riesgo quirúrgico, con estenosis aórtica severa sintomática⁸. Las primeras series de centros únicos demostraron la viabilidad y eficacia de la prótesis balón-expandible Sapien EdwardsTM (Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, USA)⁹, así como de la válvula auto-expandible CoreValveTM, ahora Medtronic CoreValveTM (Medtronic Core-Valve, Irvine, CA, USA)¹⁰⁻¹². Esto fue confirmado por un gran registro multicéntrico de la CoreValve de Medtronic¹³. Los promisorios resultados a nivel mundial han determinado una rápida penetración de esta técnica en la práctica clínica habitual, con un rápido crecimiento de implantes de ambas prótesis¹⁴.

El tamaño apropiado de la válvula cardíaca transcatheter (THV) es un factor importante para minimizar y prevenir las complicaciones relacionadas con el reemplazo de la válvula aórtica transcatheter (TAVR), tales como embolización valvular, ruptura anular, regurgitación aórtica paravalvular (PAR) y trombosis valvular temprana o tardía.

La ecocardiografía transesofágica (ETE) y la tomografía computarizada (TAC) multicorte son las herramientas establecidas para la medición del anillo aórtico antes del procedimiento, fundamentalmente la TAC multicorte^{28,29}.

La mayoría de los sistemas de THV actuales requieren un sobredimensionamiento del anillo para obtener un ajuste ópti-

mo²⁸. El sobredimensionamiento inadecuado puede causar bloqueo cardíaco, hematoma de la raíz aórtica y ruptura o disfunción valvular. La técnica de *balloon sizing* es una herramienta valiosa adicional que se debe tener en el arsenal de TAVR. Puede ayudar a determinar el tamaño apropiado de THV en casos con ambigüedad entre dos tamaños de válvula diferentes. El tamaño de balón también puede servir como una modalidad de imagen independiente para el tamaño de anillo / THV. Patsalis et al. demostraron que aproximadamente el 39% de sus pacientes tenían un tamaño de anillo límite basado en eco-Doppler transesofágico. Notaron una reducción significativa en el PAR y en la mortalidad a los 30 días y al año con el uso del tamaño de balón con aortografía, además del tamaño de la ETE convencional.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo es presentar la experiencia inicial de TAVI con implante de válvula CoreValve Evolut R con técnica de *balloon sizing* de un equipo cardiológico-quirúrgico en distintos centros del interior del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño

Se realizó un estudio descriptivo, transversal, observacional en el que se incluyeron 8 pacientes con alto riesgo quirúrgico a quienes se les indicó TAVI y presentaban válvula aórtica bicúspide degenerativa.

La población del estudio estuvo conformada por un total de 8 pacientes mayores de 55 años (5 de sexo masculino y 3 de sexo femenino) con estenosis aórtica severa sintomática con alto riesgo quirúrgico con válvula bicúspide degenerativa tratados con TAVI entre mayo de 2017 y marzo de 2019 realizados en distintos centros de Córdoba (Sanatorio Del Salvador, Clínica Sucre, Clínica Fusa-vim - Villa María, Clínica Regional del Sud - Río Cuarto),

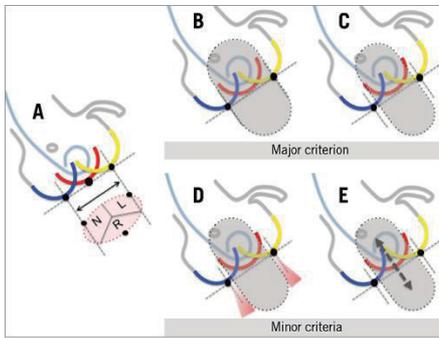


Figura 2. Ilustración esquemática de los criterios mayor y menor para el tamaño de balón del anillo aórtico. A) Obtenga la vista de implantación coaxial. Coloque el catéter de cable flexible en el seno coronario derecho y, con una estimulación lo suficientemente rápida, inyecte 10-15 ml de contraste con un caudal máximo de 10 ml/s. B) y C) El criterio principal para el tamaño del balón describe la relación anatómica entre los puntos de articulación sinusal y el balón. En el panel B, el balón es lo suficientemente grande y alcanza los puntos de articulación; en el panel C, el balón es más pequeño que el anillo y no alcanza los puntos de articulación. D) y E). Los criterios menores para el tamaño del balón describen la relación funcional entre el contraflujo de contraste y el movimiento del balón con respecto al tamaño del anillo. En el panel D, hay un contraflujo de contraste con un balón totalmente expandido que sugiere un sellado insuficiente del anillo por parte del balón. En el panel E, hay un movimiento hacia arriba y hacia abajo del balón totalmente expandido, lo que sugiere que el balón no está bien anclado al anillo.

San Juan (Clínica Santa Clara) y Neuquén (Clínica Pasteur). La decisión de tratar, así como de realizar el TAVI, se basó en el consenso del equipo (*heart team*). Todos los pacientes otorgaron el consentimiento informado antes del procedimiento.

El estudio previo a la selección de los pacientes incluyó exámenes generales, ecocardiografía transtorácica (ETT) realizados por un operador para confirmar el diagnóstico. También se realizó TAC multicorte. Ambos métodos, ETT y TAC, se utilizaron para evaluar las dimensiones de la aorta y de la válvula aórtica, así como su morfología y el grado y distribución de las calcificaciones.

Todos los pacientes fueron sometidos a coronariografía y aortografía previo al procedimiento, en los casos en que fue necesario se realizó revascularización con angioplastia con colocación de *stent*. En el 100% de los casos el implante valvular se realizó sin necesidad intraprocedimiento de ETE o ETT ni anestesia general.

Técnicas y procedimientos

El implante valvular fue principalmente un procedimiento electivo. Se realizaron mediciones por tomografía del anillo aórtico previas al procedimiento, así como la clasificación y caracterización de la válvula (bicúspide o tricúspide) (Tabla 1; Figura 1). En caso de válvula bicúspide se sospechó la posibilidad de excesivo sobredimensionamiento valvular, con las eventuales complicaciones que ello implica. Durante el implante valvular se planteó la posibilidad de usar una determinada válvula percutánea según el perímetro valvular (válvula de mayor tamaño) y una válvula de menor tamaño de acuerdo al resultado de la técnica de *balloon sizing*.

La técnica del *balloon sizing* consiste en realizar una valvuloplastia aórtica previo al implante valvular con un catéter balón que permite diferenciar el tamaño del anillo valvular y así definir el tamaño de la válvula correspondiente (Figura 2A). Con una estimulación suficientemente rápida, se inyectan 10-15 ml de contraste con una velocidad de flu-

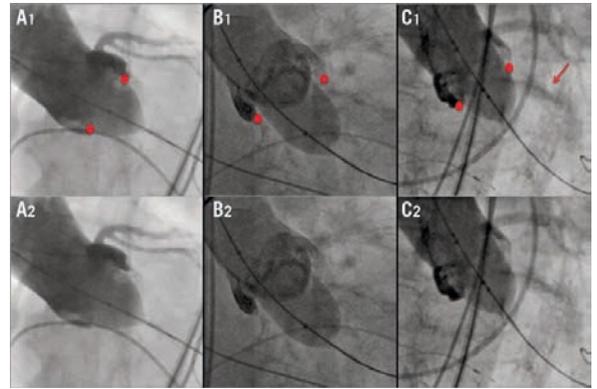


Figura 3. Imágenes angiográficas de cine de los criterios mayor y menor para el tamaño de balón del anillo aórtico. A1 / A2) Criterio principal: el tamaño del balón alcanza los puntos de articulación; por lo tanto, el balón es lo suficientemente grande y se podría elegir un THV del mismo tamaño. B1 / B2) Criterio principal: el tamaño del balón es más pequeño que el anillo y no alcanza los puntos de articulación; por lo tanto, debe ser elegido el tamaño más grande de THV. C1 / C2) Criterio menor: el tamaño del balón es grande en el límite y es incierto que alcance los puntos de articulación; sin embargo, hay un reflujo de contraste alrededor del balón. Por lo tanto, el tamaño más grande THV debe ser elegido.

jo de 10 ml/s para garantizar una visualización óptima del anillo valvular, ver el grado de anclaje del catéter balón en él y si hay regurgitación hacia el ventrículo izquierdo (VI) en la máxima insuflación del catéter balón (Figura 2A).

Para elegir un tamaño de THV cuando cae en la “zona gris” entre dos tamaños de válvula, use el balón que tiene el diámetro exterior de la válvula más pequeña para el tamaño del balón. Para la válvula Evolut R *Medtronic*, por ejemplo, use un balón de 25 mm cuando decida entre un THV de 29 y uno de 34 mm. Si el balón de 25 mm tiene un buen anclaje y no hay regurgitación hacia el VI, se colocará una válvula N° 29, caso contrario se colocará una N° 34.

En resumen: el contraflujo de contraste en el VI durante la valvuloplastia (Figura 2D) sugiere que no hay suficiente cobertura del anillo por el balón. Por lo tanto, se recomienda la selección del THV más grande. De manera similar, la siembra del balón con movimiento durante la valvuloplastia (Figura 2E) sugiere un anclaje insuficiente del balón al anillo. Por lo tanto, se recomienda la selección del THV más grande.

En la Figura 2 se muestra ejemplos angiográficos de los criterios mayores y menores del tamaño del anillo aórtico con balón. Las Figuras 2A1, 2A2 y la imagen en movimiento 1 representan el criterio principal donde el globo de tamaño alcanza los puntos de articulación. En este escenario, implantar un THV del mismo tamaño. En las Figuras 2B1, 2B2 y la imagen en movimiento 2 representan el criterio principal donde el balón de tamaño es más pequeño que la anatomía del anillo y, por lo tanto, no alcanza los puntos de articulación; aquí, debe ser elegido el tamaño más grande de THV. Las Figuras 2C1, 2C2 y la imagen en movimiento 3 representan el criterio menor en el que el globo de tamaño es un límite grande y no está claro si llega a los puntos de articulación. Sin embargo, durante el aortograma hay un contraflujo de contraste alrededor del globo y en el VI; aquí, debe ser elegido el THV más grande (Figura 2).

TABLA 2. Características generales.

Variable	Media	DE	Mín	Máx
Grad máx	76,17	8,89	65	91
Eco pre-TAVI				
Grad medio	50,83	4,54	45	51
Área	0,65	0,16	0,5	0,95
Perímetro	79,38	9,02	65	90
Angulación	50,5	15,77	27	75
Senos promedio	25,38	14,98	2	37

TABLA 4. Grados de insuficiencia aórtica.

Categorías	N	%
Leve	1	0,14
Pre leve - Sin post	1	0,14
Pre moderada - Post leve	1	0,14
Pre moderada - Sin post	1	0,14
Sin IAO	2	0,29
Sin pre - Post leve	1	0,14

RESULTADOS

El éxito técnico, definido como el implante de la válvula, se logró en el 100%. La edad promedio de la población fue de $70,3 \pm 9,2$ años, y el 63% eran hombres. El gradiente transvalvular máximo promedio fue de $76,17 \pm 8,89$ mmHg y el gradiente medio, de $50,83 \pm 4,64$. El promedio del área de la válvula fue de $0,65 \pm 0,16$ mm (rango: 0,5-0,95 mm). El promedio de angulación fue de $50,5 \pm 15,77$; con un rango de 27 a 75; y los senos promedios fueron de $25,38 \pm 14,98$. Un paciente era portador de marcapasos definitivo previo al procedimiento, el resto no necesitó marcapasos posterior al implante (Tabla 2).

El 63% tenía indicación de implante de válvula Evolut R34 y el 25% Evolut R26. Del total, el 75% era con RAFE; y el 63% con válvula tipo I (D-I). El 25% tuvo válvula tipo 0 y el 13% tipo II (D-NC). Con respecto a las válvulas implantadas, el 38% tuvo válvula Evolut R29, el 38% Evolut R26 y el 25% Evolut R23 (Tabla 3). Las válvulas fueron implantadas en una altura al anillo promedio de $2,5 \pm 0,93$ mm, con un rango comprendido entre 1 y 4 mm. La vía de acceso quirúrgica, en el 86% de los casos, fue FD (femoral derecha) y solo en el 14% fue FI (femoral izquierda). Es importante remarcar que no se usaron válvulas N° 34 y sí se utilizaron N° 23, cambiando el tamaño de las mismas luego del *balloon sizing*.

Un solo paciente tuvo complicaciones vasculares menores (hematoma de acceso), quien además registraba marcapasos definitivo previo al tratamiento. No se registraron casos de pacientes que fallecieron.

Es importante remarcar que según el perímetro valvular por tomografía se sugirieron 5 válvulas N° 34 y ninguna N° 23, y gracias al *balloon sizing* se terminaron implantando 2 N° 23 y ninguna N° 34.

La insuficiencia aórtica residual fue leve o estuvo ausente al final del procedimiento en el 100% de los mismos y no se observó insuficiencia aórtica severa. Al analizar los grados de insuficiencia aórtica, cada paciente tuvo una situación particular. En la tabla 3 se reflejan todos los casos que presentaron.

DISCUSIÓN

La válvula aórtica bicúspide de tipo degenerativa ha permanecido durante bastante tiempo como una contraindicación absoluta o relativa del TAVI, básicamente porque cos-

TABLA 3. Características de las válvulas.

Variable	N°	%	
Válvula según perímetro	R26	2	25%
	R29	1	13%
	R34	5	63%
Rafe	Con	6	75%
	Sin	2	25%
Caracterización valvular	0	2	25%
	Tipo I (D-I)	5	63%
	Tipo II (D-NC)	1	13%
Válvula implantada por <i>balloon sizing</i>	R 23	2	25%
	R 26	3	38%
	R 29	3	38%

tó mucho tiempo predecir el comportamiento de la válvula percutánea en este tipo de anillos valvulares tan complejos. Es así que día a día se ha ido avanzando en el perfeccionamiento de la técnica de TAVI y hay quienes hoy por hoy continúan indicando el tamaño de la válvula a implantar solamente con el tamaño del perímetro valvular tomográfico; hay un grupo de implantadores que se encuentran desarrollando la técnica del *balloon sizing* específicamente para este tipo de pacientes, sospechando la posibilidad de un excesivo sobredimensionamiento de una válvula de mayor tamaño, sabiendo que lo habitual es un *oversizing* de un 20-30% para lograr un buen anclaje, y ante dicha sospecha utilizan la valvuloplastia previa con el catéter balón de posdilatación de la válvula aórtica inmediatamente por debajo de la válvula calculada por perímetro con aortograma simultáneo a la insuflación del balón.

Con dicha técnica se observa la oclusión total del orificio valvular con el balón a máxima expansión, lo que implicaría la utilización de una válvula de menor tamaño. En caso de no lograr lo anteriormente descrito, se opta por la válvula calculada por perímetro valvular tomográfico.

En estos registros de casos se demuestra claramente la disminución en la utilización de válvulas grandes (34 mm) y la utilización de válvulas más pequeñas respecto al *planning* tomográfico.

CONCLUSIÓN

El *balloon sizing* es una técnica complementaria a la TAC y al tamaño del ETE convencional. Es especialmente útil cuando existe incertidumbre en cuanto a las dimensiones del anillo, cuando las mediciones caen en la "zona gris" entre dos tamaños de válvula y en las siguientes situaciones anatómicas poco claras: válvula aórtica bicúspide, bulto septal. El tamaño del globo imita la implantación de la válvula sin tener la válvula en su lugar; nos proporciona información anatómica adicional que no está disponible con imágenes TAC o ETE. El tamaño del globo/balón nos permite evaluar visualmente de qué manera las situaciones como las calcificaciones severas y excéntricas y el volumen de las cúspides afectarán la implantación de la válvula, los resultados funcionales y las complicaciones que puedan surgir. Además, la permeabilidad de los ostium coronarios se puede visualizar durante el dimensionamiento del balón.

La técnica hasta el momento ha sido promisoriosa y con buenos resultados clínicos, los cuales, al ser las series de pequeño tamaño, no permiten comportarse con un impacto estadístico importante como para recomendar esta técnica rutinariamente.

Por el momento, la utilización de esta técnica queda a criterio del grupo de trabajo, pero continúa siendo desarrollada e investigada.

BIBLIOGRAFÍA

- Vahanian A, Baumgartner H, Bax J, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. The Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2007;28:230-68.
- lung B, Baron G, Butchart EG, Delahaye F, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on valvular heart disease. *Eur Heart J* 2003;24:1231-43.
- Varadarajan P, Kapoor N, Bansal RC, Pai RG. Survival in elderly patients with severe aortic stenosis is dramatically improved by aortic valve replacement: Results from a cohort of 277 patients aged > 80 years. *Euro J Cardiothorac Surg* 2006;30:722-7.
- Cribier A, Savin T, Saoudi N, Rocha P, Berland J, Letac B. Percutaneous transluminal valvuloplasty of acquired aortic stenosis in elderly patients: an alternative to valve replacement? *Lancet* 1986;1:63-7.
- NHLBI Balloon Valvuloplasty Registry Investigators Participants. Percutaneous balloon aortic valvuloplasty. Acute and 30-day follow-up results in 674 patients from the NHLBI Balloon Valvuloplasty Registry. *Circulation* 1991;84:2383-97.
- Otto CM, Mickel MC, Kennedy JW, et al. Three-year outcome after balloon aortic valvuloplasty. Insights into prognosis of valvular aortic stenosis. *Circulation* 1994;89:642-50.
- Andersen HR, Knudsen LL, Hasenkam JM. Transluminal implantation of artificial heart valves. Description of a new expandable aortic valve and initial results with implantation by catheter technique in closed chest pigs. *Eur Heart J* 1992;13:704-8.
- 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.
- Webb JG, Pasupati S, Humphries K, et al. Percutaneous transarterial aortic valve replacement in selected high-risk patients with aortic stenosis. *Circulation* 2007;116:755-63.
- Grube E, Laborde JC, Gerckens U, Felderhoff T, Sauren B, Buellesfeld L, et al. Percutaneous implantation of the CoreValve self-expanding valve prosthesis in high-risk patients with aortic valve disease: the Siegburg first-in-man study. *Circulation* 2006; 114: 1616-24.
- Grube E, Schuler G, Buellesfeld L, et al. Percutaneous aortic valve replacement for severe aortic stenosis in high-risk patients using the second-and current third-generation self-expanding CoreValve prosthesis: device success and 30-day clinical outcome. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:69-76.
- 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.
- Piazza N, Grube E, Gerckens U, et al. Procedural and 30-day outcomes following transcatheter aortic valve implantation using the third generation (18F) CoreValve Revalving system: results from the multicentre, expanded evaluation registry 1-year following CE mark approval. *EuroIntervention* 2008;4:242-9.
- Serruys PW, Piazza N, Cribier A, et al (eds). *Transcatheter Aortic Valve Implantation. Tips and Tricks to Avoid Failure*. New York: Informa Healthcare; 2010.
- Zahn R, Gerckens U, Grube E, et al. Transcatheter aortic valve implantation: first results from a multicentre real-world registry. *Eur Heart J* 2011;32:198-204.
- Piazza N, Otten A, Schultz C, et al. Adherence to patient selection criteria in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation with the 18F CoreValve Revalving™ System-Results from a single-center study. *Heart* 2010;96:19-26.
- 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.
- Zahn R, Schiele R, Kilowski C, Zeymer U. Aortic insufficiency after transcatheter aortic valve implantation: on the importance to clarify the underlying pathophysiology. *Clin Res Cardiol* 2010;99:193-7.
- Kahlert P, Knipp SC, Schlamann M, et al. Silent and apparent cerebral ischemia after percutaneous transfemoral aortic valve implantation: a diffusion-weighted magnetic resonance imaging study. *Circulation* 2010;121:870-878.
- Webb JG, Altwegg L, Boone RH, et al. Transcatheter aortic valve implantation: impact on clinical and valve-related outcomes. *Circulation* 2009;119:3009-16.
- Piazza N, Schultz C, de Jaegere PP, Serruys PW. Implantation of two self-expanding aortic bioprosthetic valves during the same procedure-Insights into valve-in-valve implantation ("Russian doll concept"). *Catheter Cardiovasc Interv* 2009;73:530-9.
- Shapira Y, Hirsch R, Kornowski R, et al. Percutaneous closure of perivalvular leaks with Amplatzer occluders: feasibility, safety, and short-term results. *J Heart Valve Dis* 2007;16:305-13.
- Hammerstingl C, Werner N, Nickenig G. Symptomatic paravalvular leakage after mechanical aortic valve replacement in a critically ill patient: why not just "plug" the hole? *Eur J Echocardiogr* 2009;10:576-8.
- Abdel-Wahab M, Zahn R, Horack M, et al, for the German Transcatheter Aortic Valve Interventions Registry Investigators. Aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation: incidence and early outcome. Results from the German transcatheter aortic valve interventions registry. *Heart* 2011;97:899-906.
- Gotzmann M, Lindstaedt M, Mügge A. From pressure overload to volume overload: Aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *Am Heart J* 2012;163:903-11.
- Eltchaninoff H, on behalf of the FRANCE Registry Investigators. FRANCE Registry: trans-catheter aortic valve implantation in France. Early results. <Abstract>. *Circulation* 2009.
- Webb J, Cribier A. Percutaneous transarterial aortic valve implantation: what do we know? *Eur Heart J* 2011;32:140-7.
- Babalarios V. To size or not to size--there is no question: balloon sizing for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6:972-3.
- Patsalis PC, Al-Rashid F, Neumann T, et al. Preparatory balloon aortic valvuloplasty during transcatheter aortic valve implantation for improved valve sizing. *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6:965-71.
- Kasel AM, Cassese S, Leber AW, von Scheidt W, Kastrati A. Fluoroscopy-guided aortic root imaging for TAVR: "follow the right cusp" rule. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:274-5.
- Shivaraju A, Ott I, Cassese S, et al. Fluoroscopic calcification-guided optimal deployment projection during transcatheter aortic valve replacement- "The eye of the pigtail." (Follow the right cusp rule-Part II). *Catheter Cardiovasc Interv*.2015 Jul 14. [Epub ahead of print].
- Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, et al. Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:249-62.