

Rol de la tomografía computarizada multidetector en el implante percutáneo de válvula aórtica

Multidetector computed tomography for the guidance of transcatheter aortic valve implantation

Carlos Capuñay, Patricia Carrascosa, Gastón A. Rodríguez-Granillo

RESUMEN

La tomografía computada multidetector tiene un rol primordial en el éxito del implante percutáneo de válvula aórtica. Este método permite establecer con precisión las dimensiones del anillo, el grado y disposición de las calcificaciones valvulares, los diámetros de la raíz aórtica y aorta ascendente, así como la distancia entre el anillo y los ostia de las arterias coronarias, todos datos necesarios para determinar la posibilidad de realizar el procedimiento percutáneo y la elección correcta del tamaño de la prótesis. Además, permite valorar en forma precisa los accesos vasculares, brinda información adicional de las arterias coronarias y del ventrículo izquierdo, y constituye también un valioso método de seguimiento en estos pacientes.

Palabras claves: implante valvular aórtica percutáneo, prótesis valvular aórtica transcatheter, estenosis aórtica, tomografía computada multidetector.

ABSTRACT

Multidetector computed tomography is of pivotal importance for achieving success in percutaneous aortic valve implantation. This method allows to accurately establish the dimensions of the aortic valve annulus, the degree and arrangement of valvular calcifications, diameters of the aortic root and ascending aorta, as well as the distance between the ostia of the coronary arteries and the aortic valve plane, all necessary data to determine the possibility of performing the percutaneous procedure and the correct selection of prosthetic valve size. It also allows accurate assessment of vascular access, provides additional information on the coronary arteries and left ventricle and is also a post-procedure follow-up method in these patients.

Key words: percutaneous aortic valve implantation, transcatheter aortic valve prosthesis, aortic stenosis, multidetector computed tomography.

Revista Argentina de Cardioangiología Intervencionista 2016;7(4):224-231

INTRODUCCIÓN

En el mundo occidental, la estenosis valvular aórtica de origen degenerativo (EAO) representa la enfermedad valvular más frecuente, con una prevalencia en crecimiento acorde a la expectativa de vida más prolongada¹. Con una pobre respuesta al tratamiento médico, la cirugía de reemplazo valvular aórtico continúa siendo el tratamiento de elección en pacientes sintomáticos severos. No obstante, existe un grupo importante de pacientes con contraindicaciones a una cirugía cardíaca, o con alto riesgo de someterse a ella debido a antecedentes de radioterapia torácica, edad avanzada, deterioro de la función ventricular izquierda, enfermedad coronaria, aorta en porcelana, enfermedad pulmonar o hepática severa, y acciden-

te cerebrovascular previo, entre otras comorbilidades, que aumentan las probabilidades de muerte perioperatoria^{2,3}.

Desde hace más de 10 años, la técnica de reemplazo valvular percutáneo surgió como alternativa potencial para aquellos pacientes que se ven imposibilitados de ser tratados de manera quirúrgica, quienes representan casi un tercio de la población con EAO. El implante percutáneo de la prótesis valvular aórtica ha ido avanzando en su aplicación clínica, con una buena tasa de éxito y una reducción en las tasas de complicaciones, logrando resultados superiores al del manejo médico y comparables con los de la cirugía. En tal sentido, la valoración del aparato valvular aórtico y en particular de la medición del anillo valvular es crucial al momento de la selección del paciente y de la elección prótesis apropiada a colocar⁴. Una prótesis demasiado pequeña podría asociarse a mayor riesgo de trombosis y de regurgitación paravalvular; mientras que si la misma es sobredimensionada, el riesgo de ruptura del anillo así como de bloqueo AV de alto grado son elevados. Por otra parte, la evaluación de la longitud del *septum* membranoso, como marcador subrogante de la distancia entre el anillo y el punto de emergencia del haz de His, y de la presencia de calcificación en el *septum* ba-

Departamento de Estudios Cardiovasculares No Invasivos de Diagnóstico Maipú, Buenos Aires, Argentina.

✉ Correspondencia: Carlos Capuñay | Av Maipú 1668, B1602ABQ Vicente López, Buenos Aires, Argentina | Tel/fax: +5411 48377596

Patricia Carrascosa es Consultora de GE Healthcare

Recibido: 20/11/2016 | Aceptado: 30/11/2016

TABLA 1. Protocolos de adquisición de angiortomografía computarizada (ATC) propuestos para pacientes candidatos a un implante valvular aórtico percutáneo.

Parámetros	ATC aorta torácica y abdominal	ATC aorta torácica	ATC aorta abdominal
Colimación	64 x 0,625 mm	64 x 0,625 mm	64 x 0,625 mm
Espesor de corte	0,625 mm	0,625 mm	2 mm
Gatillado ECG	Retrospectivo con modulación de mA	Retrospectivo con modulación de mA	No
kV*	100/120	100/120	100/120
mA	250-400	250-400	250
Rotación del tubo	330 ms	330 ms	330 ms
Pitch	0,35	0,35	0,35
Dirección de escaneo	Cefalocaudal	Cefalocaudal	Cefalocaudal
Reconstrucción iterativa	Sí	Sí	Sí

ATC: angiortomografía. *: dependiendo del peso e índice de masa corporal del paciente.

TABLA 2. Recomendaciones para la adquisición de TCMD en pacientes candidatos al reemplazo valvular percutáneo.

- Tomógrafos de 64 o más filas de detectores.
- Adquisición de la aorta torácica con gatillado electrocardiográfico.
- Espesor de corte a nivel de la raíz aórtica ≤ 1 mm.
- Protocolos de adquisición separados de la aorta torácica con gatillado electrocardiográfico y de la aorta abdominal y eje ilíaco sin gatillado electrocardiográfico son recomendables.
- Imágenes de la aorta completa, arterias ilíacas y arterias femorales comunes. De ser necesario se incluye en el escaneo las arterias subclavas.
- Protocolos de inyección de contraste yodado y solución salina adecuados para estos pacientes.

sal han sido identificados como predictores independientes de la ocurrencia de bloqueo AV de alto grado posimplantación⁵.

A diferencia del reemplazo valvular quirúrgico, en donde la anatomía es analizada y las mediciones son tomadas en forma directa, en el procedimiento endovascular todo está basado en las técnicas de imágenes. Tanto el ecocardiograma transtorácico como transesofágico presentan limitaciones basadas en la forma de medición bidimensional y estimación del diámetro y forma del anillo valvular. En cambio, la tomografía computada multidetector (TCMD) ofrece un método de gran valor y utilidad para la valoración del tamaño y características del anillo valvular, de la raíz aórtica y de los accesos vasculares^{4,6,7}.

PROTOCOLO DE TCMD

El estudio tomográfico debe incluir información no sólo de la raíz aórtica, anillo y *septum* membranoso, sino de la aorta en su totalidad y del eje ilíaco-femoral, que en la mayoría de los pacientes es la vía de acceso vascular para realizar el procedimiento⁴. En casos particulares en donde el acceso subclavio sea el que se va a utilizar, el campo de exploración se amplía hacia cefálico para incluir dicho sector de la anatomía. Los estudios se realizan en posición supina y apnea inspiratoria. El equipamiento mínimo recomendado para la realización de estos estudios es un tomógrafo de 64 filas de detectores, que asegura una alta resolución espacial, necesaria para las mediciones precisas que se requieren de la raíz aórtica y del eje ilíaco-femoral, además de una cobertura en el eje z no menor de 38-40 mm, dependiendo de la configuración del detector. Los protoco-

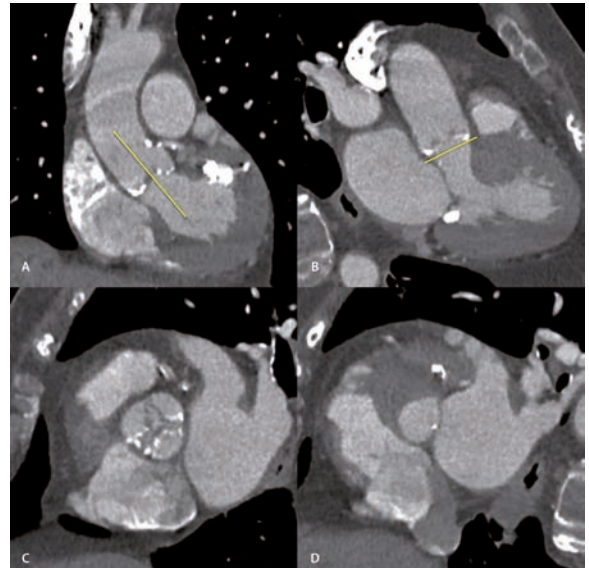


Figura 1. Plano transversal, doble oblicuo axial para la valoración del anillo aórtico. A. Sobre un plano coronal a nivel de la raíz aórtica, se obtiene una reconstrucción sagital oblicua de la aorta ascendente (línea). B. Utilizando el plano sagital oblicuo obtenido, se obtiene el plano transversal de la válvula aórtica a nivel de su anclaje (línea). C. La imagen obtenida corresponde al plano transversal de la raíz aórtica. D. Desplazando el plano hacia abajo, se alcanza el plano del anillo valvular.

los de adquisición varían según el equipamiento. Se recomiendan especialmente aquellos que permitan obtener un espesor de corte ≤ 1 mm. De acuerdo a las recomendaciones de radioprotección de la Sociedad de Tomografía Cardiovascular (SCCT), en pacientes con un peso ≤ 90 kg o índice de masa corporal (IMC) ≤ 30 kg/m² debería utilizarse una potencia de tubo de 100 kV, mientras que en aquellos con un peso >90 kg o índice de masa corporal (IMC) >30 kg/m², una potencia de tubo de 120 kV. La elección de la corriente (mA) debe hacerse en base al paciente, tipo de tomógrafo y colimación, asegurando una adecuada relación señal/ruido en las imágenes^{4,8}. En la **Tabla 1** se describen dos ejemplos de protocolos diferentes de adquisición.

Las adquisiciones deben realizarse sincronizadas con el registro electrocardiográfico del paciente (gatillado-ECG) y dependiendo del tomógrafo disponible, la exploración toraco-abdominal puede realizarse en forma continua, bajo una única adquisición con gatillado-ECG retrospectivo modulada o bien en dos exploraciones sucesivas, una de la región torácica con gati-

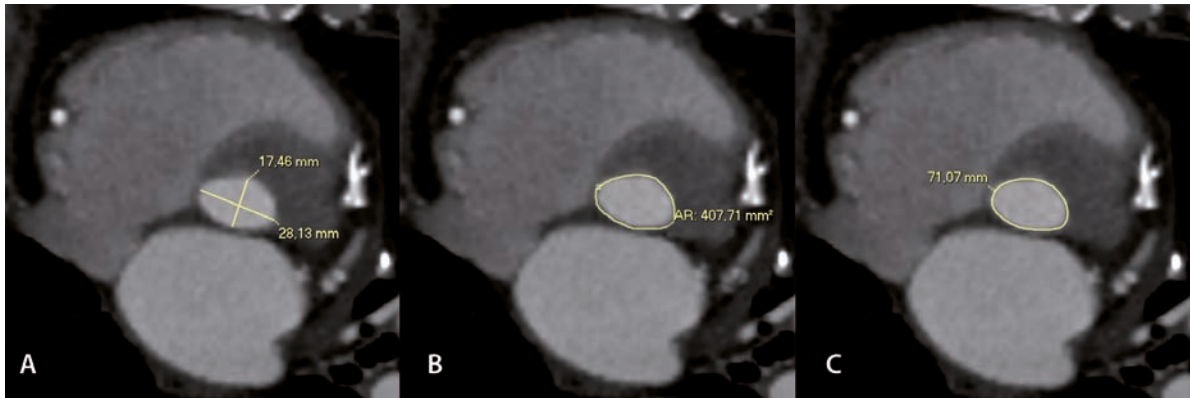


Figura 2. Mediciones propuestas en TCMD para establecer el tamaño del anillo valvular. A. Determinación del diámetro menor y mayor. B. Determinación del área. C. Determinación del perímetro.

llado-ECG retrospectivo modulada (o prospectivo en fase sistólica) y otra de la región abdominal y pelviana sin gatillado-ECG, lo que contribuye a disminuir la dosis de radiación de estos estudios. La elección del gatillado retrospectivo sobre el prospectivo se basa fundamentalmente en la alta incidencia de arritmias en estos pacientes, lo que brinda la posibilidad de tener opciones de reconstrucción en distintas fases del ciclo cardiaco si la calidad de imagen no es la adecuada en la fase preestablecida⁹.

Las fases sistólicas (30-40% del ciclo R-R) son las indicadas para realizar las determinaciones a nivel del aparato valvular (como se realizan en ecocardiografía) y de la aorta, teniendo presente que existen variaciones en morfología y dimensiones con respecto a las mediciones en fase diastólica, que tienden a ser menores^{4,10,11}.

El protocolo de inyección de contraste yodado endovenoso es un punto importante en estos pacientes. Por un lado, el potencial deterioro de la función renal vinculado con la edad y/o comorbilidades que muchos de estos pacientes padecen, así como la sobrecarga de volumen que esto implica, obligan a optimizar la cantidad de contraste y solución fisiológica a inyectar. Se recomienda utilizar contrastes yodados con concentraciones de yodo no menores a los 350 mg/ml de tipo no iónico, iso- o hipoosmolares, con protocolos de inyección bifásicos. Si bien típicamente para los estudios de angiografía coronaria se utilizan 60-80 ml de yodo a un flujo de 4-4,5 ml/s en estos pacientes la velocidad de inyección puede reducirse a 3 ml/s o inclusive menos^{4,8}. Se han descrito protocolos de inyección con reducción en los volúmenes de yodo, limitados solamente para la valoración de la raíz aórtica¹². La implementación de la TC de doble energía y el uso de espectros energéticos bajos de 40-60 keV permiten reducir en un 60% la carga de contraste yodado, con densidad de señal y calidad de imagen similar a la obtenida con dosis completas en adquisiciones de TC convencional^{13,14}. La sincronización entre la inyección de contraste y el inicio de la exploración tomográfica es importante al momento de asegurar la mejor opacificación del anillo valvular como del resto de la aorta. A tal efecto, el ajus-

te automático mediante el sistema de *bolus-tracking* colocando una región de interés situada en la aorta ascendente o descendente y con un umbral entre 120-150 UH es preferible a la técnica del *bolus test* que requiere una inyección adicional de contraste y solución salina. En la **Tabla 2** se resumen las recomendaciones para la adquisición de TCMD en pacientes candidatos al reemplazo valvular percutáneo.

ANÁLISIS DE LA TCMD

El análisis de las imágenes tomográficas y las mediciones del anillo aórtico y las estructuras adyacentes es primordial para la elección del tipo y tamaño de prótesis a colocar, con una utilidad mayor cuando la válvula aórtica está severamente calcificada^{4,15}.

Los datos obtenidos se procesan en estaciones de trabajo, utilizando *software* dedicado para su análisis. La valoración en dos y tres dimensiones permite una mayor comprensión de la anatomía valvular y de la raíz aórtica. Tres son los planos multiplanares que se utilizan para realizar las mediciones necesarias: plano coronal, plano sagital y plano transversal (doble oblicuo axial). Este último plano es creado por el operador, y requiere una meticulosa secuencia de pasos para asegurar que la imagen obtenida corresponda al sector basal del anillo de la válvula aórtica, el que se define como el nivel inmediatamente inferior a la inserción más baja de las tres cúspides aórticas. En muchas ocasiones este plano del anillo no es ortogonal al tracto de salida del ventrículo izquierdo, ya que la inserción de la cúspide derecha es inferior a la de las otras dos cúspides valvulares^{4,12}. En la **Figura 1** se describe la secuencia para obtener el plano adecuado para valorar el anillo aórtico. Sobre el plano doble oblicuo axial creado se realizan las mediciones correspondientes para determinar el tamaño del anillo valvular y seleccionar la prótesis correcta. Estas mediciones incluyen la determinación de los diámetros menor y mayor del anillo (D_M y D_m), calculando el diámetro medio (D) como promedio de los dos $[(D_M + D_m)/2]$, la planimetría de área (A) del anillo, determinando el D según la fórmula ($D=2*(A/\pi)^{1/2}$), y

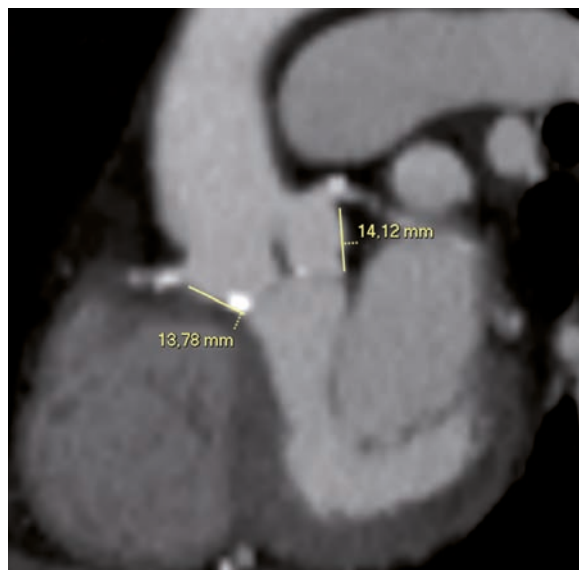


Figura 3. Medición de la distancia entre el plano del anillo valvular y los ostia de las arterias coronarias.

la medición de la perímetro (P) del anillo, calculando D como resultado de $D = P/\pi$, asumiendo en estas dos últimas determinaciones que el anillo tiene una estructura circular (**Figura 2**). Cabe remarcar que al no ser el anillo una estructura circular sino más bien elíptica u oval, los diámetros mayor y menor deberían denominarse ejes mayor y menor. Como se mencionó anteriormente, las mediciones se deben realizar en fase sistólica, observándose que la medición del perímetro es más estable a través de los distintos momentos del ciclo cardíaco. No obstante, el diámetro medio y el área del anillo poseen una mejor concordancia interobservador que la medición del perímetro entre los operadores y entre las plataformas de medición^{4,9}. También debe mencionarse que durante la sístole se produce un leve incremento del eje menor, presentando el anillo una configuración más circular que durante la diástole. Otras mediciones importantes de realizar en los estudios de TCMD para evitar complicaciones graves como la oclusión coronaria o la ruptura de la raíz aórtica incluyen los diámetros a nivel de los senos de Valsalva (distancia seno-comisura), de la unión sinotubular, y de la aorta ascendente a 40 mm del anillo (de particular importancia en el implante de prótesis Core-Valve), de la altura hasta el *ostium* de las arterias coronarias, y la angulación del anillo respecto del tracto de salida del ventrículo izquierdo (**Figura 3**)^{4,16}. La medición de la altura hasta el *ostium* de las arterias coronarias es particularmente importante para el implante de la prótesis Edwards, debido al riesgo de oclusión de alguno de los *ostia* por los velos desplazados en caso de distancia insuficiente (<10 mm).

Un estudio reciente demostró que la longitud del *septum* membranoso (SM) es otra medición importante a establecer mediante la utilización de planos coronales (**Figura 4**). En 73 pacientes con indicación de implan-

te percutáneo de la prótesis valvular aórtica, en quienes se realizó una TCMD previo al procedimiento, un SM corto (particularmente menor de 6 mm) y una diferencia insuficiente entre la longitud del *septum* membranoso y la profundidad del implante fueron identificados como predictores independientes de la incidencia de bloqueo AV de alto grado y de implante de marcapasos permanente⁵.

La valoración del grado de calcificación de la válvula aórtica se realiza ya sea con *scores* semicuantitativos relacionados con la disposición del calcio (concéntrico o no) o el número de valvas afectadas, o en forma cuantitativa utilizando el *score* de Agatston, la masa o el volumen de calcio. El mayor grado de calcificación podría influir más en la correcta implantación de las válvulas protésicas autoexpandibles sobre las de balón expandible, con una mayor incidencia de regurgitación paravalvular posimplante^{17,18}. Además, la presencia de calcificación a nivel del *septum* basal se asocia a mayores tasas de compresión del haz de His y, en consecuencia, de trastornos de conducción y necesidad de implante de marcapasos permanente⁵.

Es importante mencionar que la TCMD posee algunas limitaciones, en particular relacionadas con la resolución temporal en pacientes con frecuencias cardíacas elevadas, que podrían resultar en imágenes de calidad subóptima para una valoración precisa del anillo. El empleo de tomógrafos de doble tubo de rayos X y la implementación de algoritmos de corrección del movimiento cardíaco intraciclo contribuyen a disminuir y mejorar la valoración en estos pacientes. Por otro lado, la presencia de calcificaciones severas a nivel valvular puede dificultar o impedir la realización de las mediciones necesarias para el planeamiento terapéutico. Por tal motivo, tanto la calidad de imagen como las dificultades al momento de realizar las mediciones deben ser consignadas en el informe realizado⁹.

ACCESOS VASCULARES

El estudio de los accesos vasculares es otro aspecto en el cual la TCMD cumple un rol destacado. El análisis del eje ilíaco-femoral incluye la creación de modelos bidimensionales, tridimensionales y con técnicas de proyecciones de máxima intensidad, la valoración del grado de tortuosidad de las arterias, sus angulaciones, sus diámetros y el grado y patrón de distribución de calcificación sobre las mismas. La presencia concomitante de calcificación moderada a severa y tortuosidad se asocia a un incremento de la tasa de complicaciones vasculares, especialmente si las calcificaciones son circunferenciales y/o si existe compromiso de las bifurcaciones. El acceso subclavio puede ser evaluado también con la TCMD, tomando como precaución el inicio del escaneo desde el nivel de las clavículas (**Figura 5**)^{4,6,9}. La medición de los diámetros lumenales mínimos debe ser precisa, evitando factores que lleven a una sobrees-

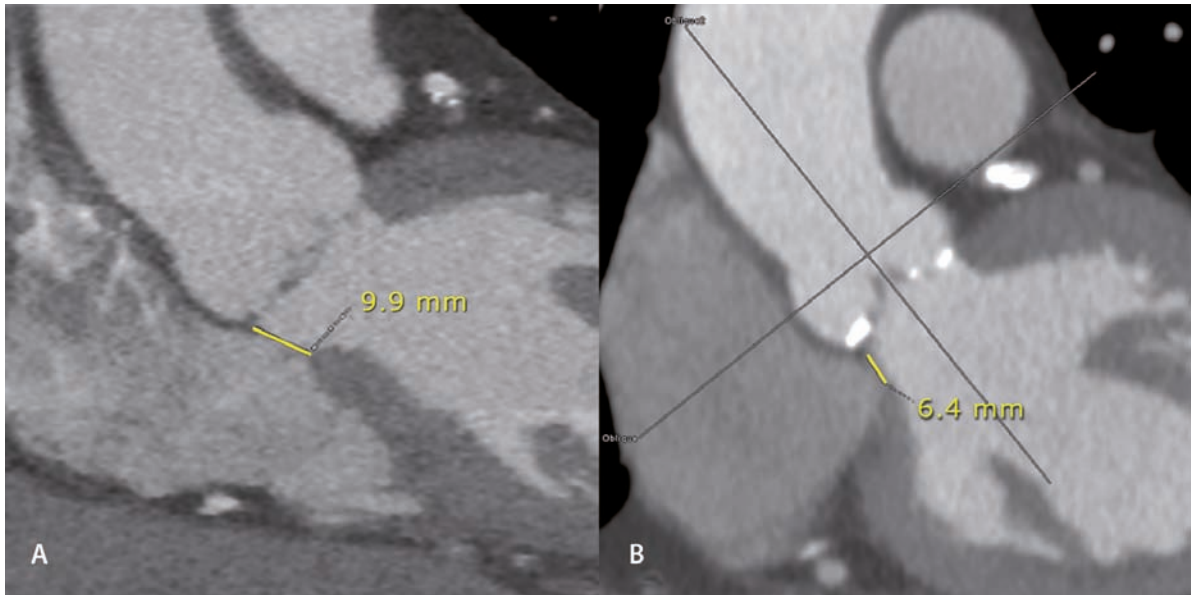


Figura 4. Determinación de la longitud del septum membranoso por TCMD sobre el plano coronal. **A.** Septum membranoso normal. **B.** Septum membranoso corto.

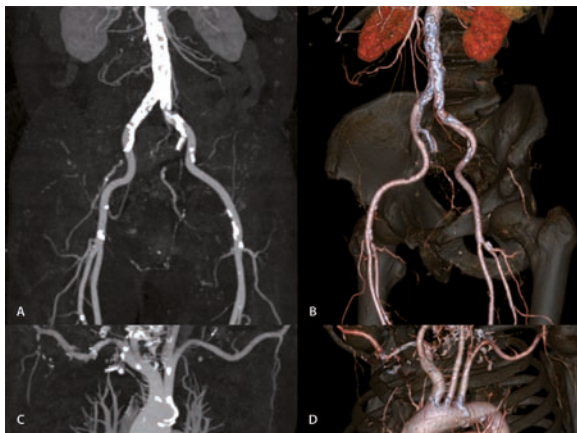


Figura 5. Valoración de los accesos vasculares por TCMD. **A, B.** Imágenes en proyecciones de máxima intensidad y 3D del eje ilíaco-femoral. **C, D.** Imágenes en proyecciones de máxima intensidad y 3D de las arterias subclavas.

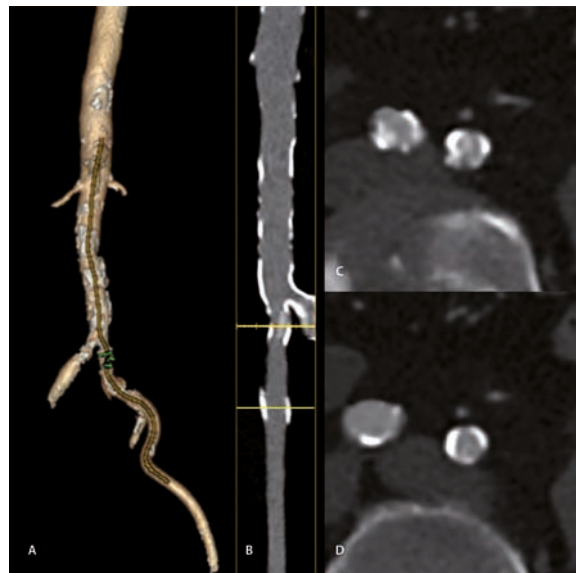


Figura 6. Valoración de los accesos vasculares por TCMD. **A, B.** Sobre la base del modelo 3D, en forma automática se traza una línea central al eje vascular ilíaco, desplegando una reconstrucción multiplanar curva del mismo. **C, D.** Imágenes transversales ortogonales al eje de la arteria, que muestran la disposición de las calcificaciones parietales y el estrechamiento luminal.

timación de los mismos. Por tal motivo, las reconstrucciones multiplanares, ya sea creadas por el operador o generadas en forma automática, deben ser utilizadas para crear imágenes orientadas exactamente en forma ortogonal al eje del vaso a evaluar, obteniendo imágenes ortogonales propias de cada segmento del eje iliofemoral. En el presente, existen aplicaciones que trazan en forma automática la línea central del vaso y generan los planos ortogonales, que permiten luego en forma automática o manual realizar las mediciones ortogonales del vaso en cada lugar, independientemente del grado de oblicuidad vascular^{4,9}. Por otro lado, calcificaciones parietales groseras o de distribución en anillo pueden llevar a una subestimación del lumen (fenómeno de *blooming*) (Figura 6).

Se debe también descartar la presencia de disección o placas de ateroma complejas, así como la presencia de elongación severa y tortuosidad marcada (*kinking*) de

la aorta, que podrían generar complicaciones durante o después del procedimiento, o en determinadas ocasiones contraindicar el mismo⁴.

La valoración de la aorta ascendente y su relación con la caja torácica, la presencia de deformidades del tórax y la valoración del ápex cardíaco en búsqueda de trombosis ventricular deben efectuarse en forma rutinaria (así como descartar trombosis a nivel de la orejuela izquierda), ante la alternativa de que las vías de acceso transaórtica o transapical sean consideradas. Para el acceso transaórtico, la punción suele realizarse al menos 60 mm por encima del plano del anillo para no entorpecer el sistema de liberación de la CoreValve. Por lo

TABLA 3. Valoración de los accesos vasculares por TCMD en pacientes candidatos de reemplazo valvular percutáneo.

<ul style="list-style-type: none"> • Trazado manual o automático de la línea central del vaso para la obtención de cortes ortogonales al eje vascular. • Medición de los diámetros lumenales mínimos en el eje iliaco-femoral (y subclavio). • Valoración del grado de tortuosidad vascular. • Valoración del grado de calcificación vascular y su disposición (concéntrica/excéntrica). • Valoración de la presencia de disecciones, placas de ateroma y grado de estenosis a nivel aórtico y de los accesos. • Valoración del ventrículo izquierdo (presencia de trombos; geometría; orientación).
--

tanto, la TCMD permitirá identificar el punto de punción aórtico ideal (en un segmento no calcificado de la pared anterior de la aorta, al menos 60 mm por encima del plano del anillo). Además, permitirá evaluar la relación entre dicho punto de acceso con la pared torácica de modo que se pueda determinar el acceso quirúrgico más conveniente para cada caso, ya sea una miniesternotomía o una minitoracotomía derecha (generalmente en el 2do o 3er espacio intercostal).

La valoración del ventrículo izquierdo, además de evaluar la geometría y posición del ápex en relación a la caja torácica para planificar el punto de acceso intercostal alineado con el ápex y sin interposición de tejido pulmonar; debe también contemplar la presencia de hipertrofia ventricular, en particular el compromiso del *septum* basal^{4,9}.

La **Tabla 3** muestra la información de los accesos vasculares que la TCMD deber brindar en pacientes candidatos de reemplazo valvular percutáneo.

La TCMD también puede ofrecer información valiosa para predecir el ángulo apropiado de despliegue de la válvula protésica, determinando el eje de la raíz aórtica en relación al eje axial del paciente, reduciendo el tiempo del procedimiento, el uso de contraste y radiación. Basado en la proyección doble oblicua axial utilizada para evaluar el anillo valvular, se localiza el margen más inferior de las cúspides de la válvula aórtica uniendo dichos puntos y creando un triángulo, el cual luego es superpuesto con las reconstrucciones tridimensionales de la aorta y rotada en diferentes ángulos, en búsqueda del ángulo apropiado. Si bien la válvula aórtica típicamente tiene una dirección anterocranial, con una angulación a la derecha, este abordaje tomográfico puede ser de utilidad en pacientes con anatomías no habituales, tal el caso de aortas elongadas, cifoescoliosis o deformidades en la caja torácica^{4,9,19}.

Por último, la valoración de las imágenes de TCMD debe incluir la evaluación de las estructuras extracardíacas y extravasculares, en búsqueda de potenciales hallazgos patológicos de relevancia. La evaluación simultánea de las arterias coronarias permite descartar particularmente lesiones de alto riesgo, como la enfermedad severa del tronco coronario izquierdo. Por otro lado, en pacientes con antecedentes de cirugía de revascularización miocárdica, la posición de *bypass* corona-

TABLA 4. Datos que deben incluirse en el informe del estudio de TCMD en pacientes candidatos de reemplazo valvular percutáneo.

Aorta
• Diámetros/tortuosidad/ateromatosis/trombosis/aneurisma/disección.
Raíz aórtica
• Diámetro a nivel de la unión sinotubular. • Diámetros (seno-comisura) y altura de los senos de Valsalva. • Distancia entre el plano del anillo valvular y los <i>ostia</i> coronarios.
Válvula aórtica
• Anatomía/grado y disposición de las calcificaciones.
Anillo valvular
• Diámetro menor y mayor/perímetro/área. • Ángulo de implante.
Aorta ascendente
• Diámetro a 40 mm del anillo/posición en relación al esternón.
Cayado aórtico
• Anatomía de los troncos supraaórticos/curva (amplia vs. tortuosa).
Eje Iliaco-femoral
• Grado y disposición de las calcificaciones. • Diámetros/tortuosidad/estenosis/trombosis/aneurisma/disección.
Arteria subclavia
• Diámetros/tortuosidad/estenosis/trombosis/aneurisma/disección/calcificaciones
Ventrículo izquierdo
• Trombos/hipertrofia y/o calcificación del <i>septum</i> basal/angulación con la raíz aórtica. • Longitud del <i>septum</i> membranoso.

rios preexistentes y de potenciales adhesiones con el esternón son datos relevantes, ante la inminente necesidad de tener que convertir el procedimiento endovascular a una cirugía cardíaca abierta⁴.

En la **Tabla 4** se enumeran los datos que deben incluirse en el informe del estudio de TCMD en esta población en estudio.

POTENCIAL USO DE LA TCMD EN EL SEGUIMIENTO

En base a las proyecciones doble oblicua axiales, la TCMD puede valorar la válvula aórtica implantada en el procedimiento endovascular, determinando el grado de expansión, circularidad y aposición al anillo valvular. La profundidad de la implantación, la diferencia entre la longitud del SM y la profundidad del implante y la relación con el anillo y los *ostia* de las arterias coronarias son evaluados en el plano oblicuo coronal (**Figura 7**)^{9,20}.

La circularidad puede determinarse en base a mediciones realizadas en el plano doble oblicuo transversal, en tres puntos diferentes desde el borde inferior de la prótesis al superior, tomando a cada nivel los diámetros mínimos y máximos determinados por líneas perpendiculares entre sí, en base a la fórmula $(1 - D_{\text{mín}}/D_{\text{máx}})$. Un índice de excentricidad $<0,1$ es considerado como una implantación circular.

La profundidad de implantación evaluada en la reconstrucción coronal oblicua, está dada por la medición de la distancia entre borde inferior del stent y el piso de los senos de Valsalva y entre el borde superior del stent y el ostium del tronco coronario izquierdo.

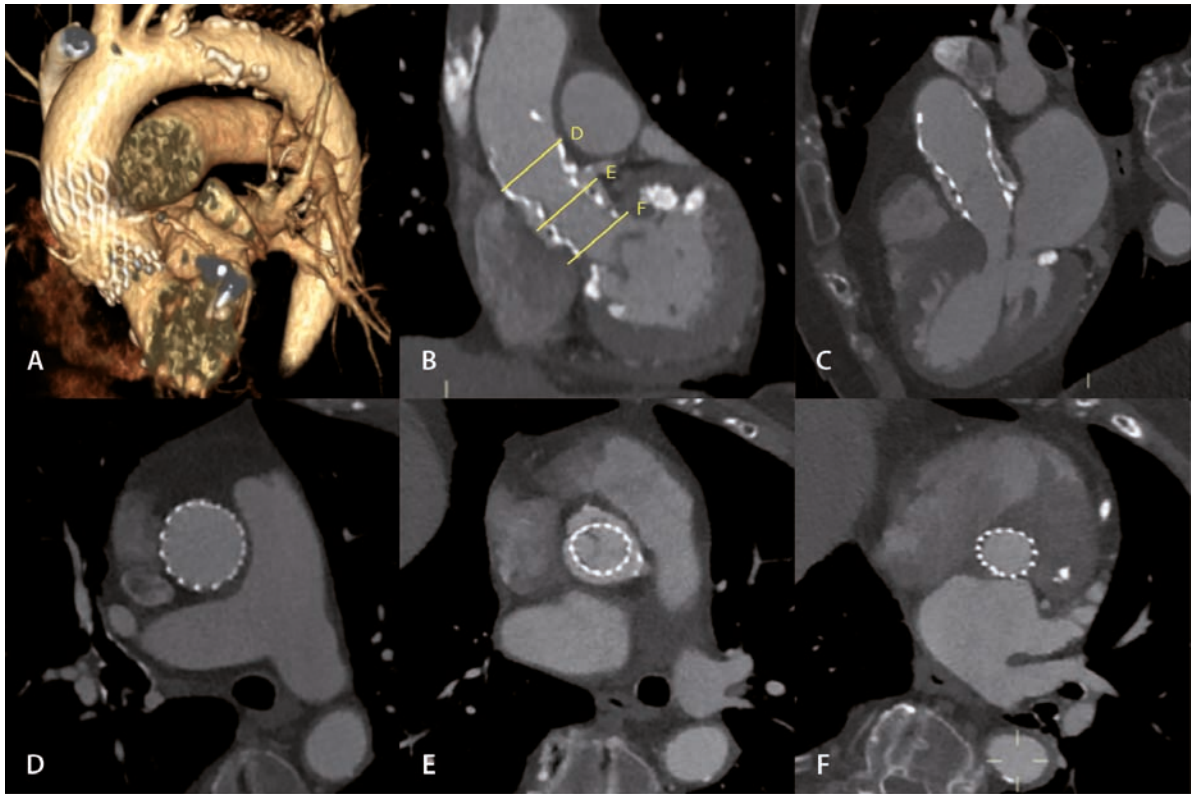


Figura 7. TCMD posimplante percutáneo de válvula autoexpandible, con adecuada posición. A, B, C. Imagen 3D y reconstrucciones multiplanares en planos coronal y sagital oblicuos que muestran la posición de la válvula en relación a los senos coronarios y arterias coronarias. D, E, F. Imágenes transversales que muestran un despliegamiento circular de la prótesis valvular, con adecuada congruencia con la raíz aórtica a diferentes niveles.

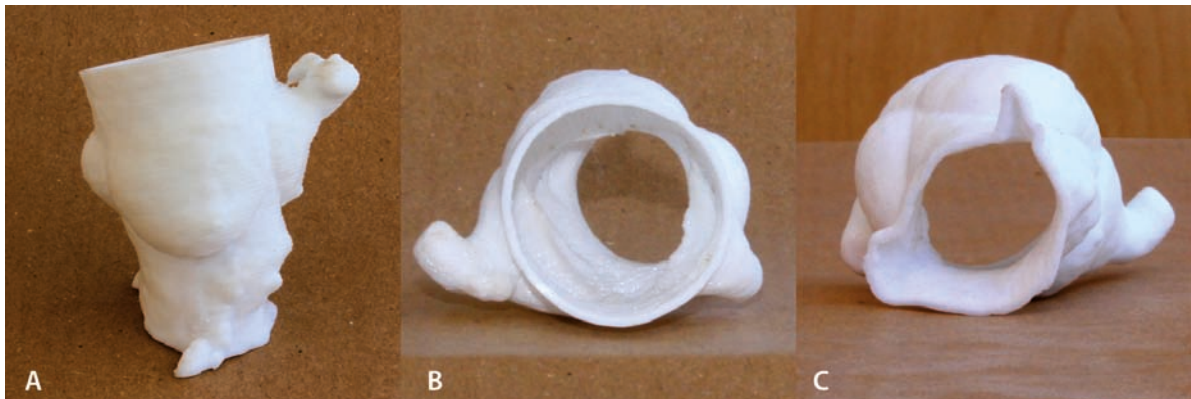


Figura 8. Modelo de impresión 3D estereotáxico de la raíz aórtica y del anillo valvular. A. Vista frontal. B. Vista superior. C. Vista inferior.

MODELOS TRIDIMENSIONALES (IMPRESIÓN 3D)

Con los constantes avances de la tecnología médica, en la actualidad es posible crear con los datos obtenidos de la TCMD un modelo de impresión 3D estereotáxico en tamaño real (**Figura 8**). Tal modelo le permitiría al operador no solo poder analizar en sus manos la anatomía valvular de su paciente, sino también poder ejercitar el procedimiento en forma previa y contar con una herramienta más al momento de la elección de la válvula a implantar. Los modelos 3D podrían también contribuir al entrenamiento y a una mayor preparación antes de llevar a cabo la implantación real del dispositivo^{21,22}.

CONCLUSIONES

La complejidad del anillo aórtico hace necesario el trabajo multidisciplinario para el manejo previo y posterior al procedimiento de reemplazo valvular percutáneo. La TCMD ofrece la posibilidad de evaluar en forma tridimensional la morfología y dimensiones del anillo valvular y de la raíz aórtica, con una medición más exacta que los estudios ecocardiográficos, considerando que el anillo generalmente no es circular. Por último, la TCMD tiene un rol fundamental para la valoración de los accesos vasculares y la aorta en su totalidad, determinando aquellas anatomías complejas que pueden ser riesgosas, dificultosas o que contraindiquen el procedimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Authors/Task Force Members, Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, Antunes MJ, Barón-Esquivias G, Baumgartner H, Borger MA, Carrel TP, De Bonis M, Evangelista A, Falk V, Jung B, Lancellotti P, Pierard L, Price S, Schöfers HJ, Schuler G, Stepinska J, Swedberg K, Takkenberg J, Von Oppell UO, Windecker S, Zamorano JL, Zembala M, ESC Committee for Practice Guidelines (CPG); Bax JJ, Baumgartner H, Ceconi C, Dean V, Deaton C, Fagard R, Funck-Brentano C, Hasdai D, Hoes A, Kirchhof P, Knuuti J, Kolh P, McDonagh T, Moulin C, Popescu BA, Reiner Z, Sechtem U, Simes PA, Enders M, Torbicki A, Vahanian A, Windecker S; Document Reviews: Popescu BA, Von Segesser L, Badano LP, Bunc M, Claeys MJ, Drinkovic N, Filippatos G, Habib G, Kappetein AP, Kassab R, Lip GY, Moat N, Nickening G, Otto CM, Pepper J, Piazza N, Pieper PG, Rosenhek R, Shuka N, Schwammenthal E, Schwitler J, Mas PT, Trindade PT, Walther T. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012): The Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J* 2012;33:2451-96.
2. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, et al. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet* 2006;368:1005-11.
3. 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.
4. Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Schoenhagen P, Min JK, Leipsic JA. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI) / transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2012;6:366-80.
5. Hamdan A, Guetta V, Klempfner R, Konen E, Raanani E, Glikson M, Goitein O, Segev A, Barbash I, Fefer P, Spiegelstein D, Goldenberg I, Schwammenthal E. Inverse Relationship Between Membranous Septal Length and the Risk of Atrioventricular Block in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:1218-28.
6. Schoenhagen P, Hausleiter J, Achenbach S, Y. Desai M, Tuzcu EM: Computed tomography in the evaluation for transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *CardiovascDiagnTher*. 2011;1:44-56.
7. Wuest W, Anders K, Schuhbaeck A, May MS, Gauss S, Marwan M, Arnold M, Ensminger S, Muschiol G, Daniel WG, Uder M, Achenbach S: Dual source multidetector CT-angiography before transcatheter aortic valve implantation (TAVI) using a high-pitch spiral acquisition mode. *EurRadiol*. 2012;22:51-8.
8. Halliburton SS, Abbara S, Chen MY, Gentry R, Mahesh M, Raff GL, Shaw LJ, Hausleiter J; Society of Cardiovascular Computed Tomography: SCCT guidelines on radiation dose and dose-optimization strategies in cardiovascular CT. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2011;5: 198-224. 13.
9. Leipsic J, Gurvitch R, Labounty TM, Min JK, Wood D, Johnson M, Ajlan AM, Wijesinghe N, Webb JG. Multidetector computed tomography in transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2011;4:416-29.
10. Carrascosa P, Capuñay C, Deviggiano A, Rodríguez-Granillo GA, Sagarduy MI, Cortines P, Carrascosa J, Parodi JC. Thoracic aorta cardiac-cycle related dynamic changes assessed with a 256-slice CT scanner. *Cardiovasc DiagnTher*. 2013;3:125-8.
11. Parodi J, Berguer R, Carrascosa P, Khanafer K, Capuñay C, Wizauer E. Sources of error in the measurement of aortic diameter in computed tomography scans. *J Vasc Surg*. 2014;59:74-9.
12. Blanke P, Schoepf UJ, Leipsic JA. CT in transcatheter aortic valve replacement. *Radiology*. 2013;269:650-69.
13. Carrascosa P, Leipsic JA, Capuñay C, Deviggiano A, Vallejos J, Goldsmit A, Rodríguez-Granillo GA. Monochromatic image reconstruction by dual energy imaging allows half iodine load computed tomography coronary angiography. *Eur J Radiol*. 2015;84:1915-20.
14. Carrascosa P, Capuñay C, Rodríguez-Granillo GA, Deviggiano A, Vallejos J, Leipsic JA. Substantial iodine volume load reduction in CT angiography with dual-energy imaging: insights from a pilot randomized study. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2014;30:1613-20.
15. Delgado V, Ng AC, van de Veire NR, van der Kley F, Schuijff JD, Tops LF, de Weger A, Tavilla G, de Roos A, Kroft LJ, Schalij MJ, Bax JJ: Transcatheter aortic valve implantation: role of multi-detector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function. *EurHeart J*. 2010;31:1114-23.
16. Tops LF, Wood DA, Delgado V, Schuijff JD, Mayo JR, Pasupati S, Lamers FP, van der Wall EE, Schalij MJ, Webb JG, Bax JJ: Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography. Implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008;1:321-30.
17. Schultz C, Rossi A, van Mieghem N, van der Boon R, Papadopoulos SL, van Domburg R, Moelker A, Mollet N, Krestin G, van Geuns RJ, Nieman K, de Feyter P, Serruys PW, de Jaegere P. Aortic annulus dimensions and leaflet calcification from contrast MSCT predict the need for balloon post-dilatation after TAVI with the Medtronic CoreValve prosthesis. *EuroIntervention*. 2011;7:564-72.
18. Marwan M, Achenbach S, Ensminger SM, Pflederer T, Ropers D, Ludwig J, Weyand M, Daniel WG, Arnold M. CT predictors of post-procedural aortic regurgitation in patients referred for transcatheter aortic valve implantation: an analysis of 105 patients. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2013;29:1191-8.
19. Binder RK, Leipsic J, Wood D, Moore T, Toggweiler S, Willson A, Gurvitch R, Freeman M, Webb JG: Prediction of optimal deployment projection for transcatheter aortic valve replacement: angiographic 3-dimensional reconstruction of the aortic root versus multidetector computed tomography. *Circ Cardiovasc Interv*. 2012;5:247-52.
20. Delgado V, Ng AC, van de Veire NR, van der Kley F, Schuijff JD, Tops LF, de Weger A, Tavilla G, de Roos A, Kroft LJ, Schalij MJ, Bax JJ. Transcatheter aortic valve implantation: role of multidetector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function. *Eur Heart J* 2010;31:1114-23.
21. Ripley B, Kelil T, Cheezum MK, Goncalves A, Di Carli MF, Rybicki FJ, Steigner M, Mitsouras D, Blankstein R. 3D printing based on cardiac CT assists anatomic visualization prior to transcatheter aortic valve replacement. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016;10:28-36.
22. Jung JJ, Koh YS, Chang K. 3D Printing Model before and after Transcatheter Aortic Valve Implantation for a Better Understanding of the Anatomy of Aortic Root. *Korean Circ J*. 2016;46:588-9.