

# Tomografía computada de corazón, una herramienta invaluable

Cor. M.C. Ana Celia **Izeta-Gutiérrez**,\* Gral. Brig. M.C. José Luis **Ojeda-Delgado**,† \*\*  
 Mayor M.C. Ana Luisa **Mendizábal-Méndez**,‡ Mayor MC Georgina **Valdez-Becerril**,§  
 Mayor M.C. Silvia **Millán-Contreras**,|| Cap. 1/o. M.C. Zohar **Gutiérrez-García**,¶  
 Cap. 1/o. M.C. Laura Susana **Ruiz-Sierra**,\*\* Cap. 1/o. Snd. Aarón **Celis-Morales**,††  
 Tte. Snd. Claudio **Carrillo-Huinatl**††

Hospital Central Militar-Unidad de Especialidades Médicas. Ciudad de México.

## RESUMEN

La tomografía computada ha contribuido en forma importante al desarrollo de la Neurología y la Cardiología, ya que con sus imágenes anatómicas han aclarado muchos enigmas clínicos hasta nuestros días. Esta técnica se basa principalmente en los Rayos X (tomografía computarizada). El primer equipo comercial de este tipo se obtuvo en 1973. Para el 2003 el Hospital Central Militar ya contaba en sus instalaciones con este equipo de tomografía computada multidetector de 16 cortes. Para el 2008 fue instalado un nuevo equipo de 64 cortes y finalmente para el 2013 comenzaron a realizarse estudios de angiotomografía cardiaca en el equipo PET-CT de 64 cortes de la Sección de Cardiología Nuclear.

**Palabras clave:** Tomografía computada cardiaca, angiotomografía coronaria, Score de calcio.

## Computed tomography of the heart, an invaluable tool

### SUMMARY

Computed tomography has contributed significantly to the development of Neurology and Cardiology, as its anatomical images have clarified many clinical enigma to this day. This technique is mainly based on the X-ray (CT). The first commercial instrument of this type was obtained in 1973. By 2003 the Central Military Hospital already had in their facilities with this team CT 16-slice multidetector. For 2008 was installed a new 64-slice computer and finally in 2013 cardiac angiography studies began performing in the PET-CT equipment outages Section 64 Nuclear Cardiology.

**Key words:** Cardiac computed tomography coronary angiography, Calcium score.

## Introducción

El advenimiento de la tomografía computada contribuyó al desarrollo de disciplinas como la Neurología inicialmente, más tarde tocó el turno a la Cardiología, al verse enriquecida con estas imágenes anatómicas que aclaran muchas incógnitas clínicas. Haremos una breve reseña de las aportaciones que ha hecho esta tecnología en el campo de la Cardiología,

esperando que en los próximos años se continúe dando a conocer su potencial.

## Tomografía computada

En 1972 el ingeniero eléctrico Sir Godfrey Newbold Hounsfield describió la técnica basada en Rayos X, llamada tomografía computarizada, en donde se utilizaban mé-

\* Cardióloga Nuclear. Jefe del Área de Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento del Hospital Central Militar. † Cardiólogo Intervencionista. Subdirector General del Hospital Central Militar. ‡ Médica Radióloga especializada en Imagenología Cardiovascular. Jefa Accidental de la Sección de Radiodiagnóstico e Imagenología de la Unidad de Especialidades Médicas. § Cardióloga Nuclear. Subjefe de Asistencia Externa, Unidad Médica de Consulta Externa de la Secretaría de la Defensa Nacional. || Médica Nuclear Especialista en PET. Jefe del Servicio de Medicina Nuclear. ¶ Médico Nuclear Adscrito al Servicio de Medicina Nuclear del H.C.M. \*\* Médico Nuclear, Especialista en Tomografía por Emisión de Positrones. †† Técnico en Medicina Nuclear y Radiología.

Correspondencia: Dra. Ana Celia Izeta-Gutiérrez.

Jefe de Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento del Hospital Central Militar.

Blvd. Manuel Ávila Camacho, Esq. Av. Ejército Nacional, Col. Lomas de Sotelo, C.P. 11200, México, D.F.

Recibido: Noviembre 12, 2013.

Aceptado: Diciembre 21, 2013.

todos matemáticos que se habían desarrollado una década antes.

Los primeros equipos lograron reconstrucciones de baja resolución espacial, con matriz de 80 x 80 píxeles y la duración del estudio era excesiva: hasta 9 horas para una evaluación de cráneo. El primer equipo con disponibilidad comercial se tuvo en 1973 y un éxito total, puesto que se solicitaron más de 150 equipos en ese año.

### Angiotomografía cardiaca

En 1976 los tomógrafos de cuarta generación contaron con detectores en forma de anillo, sólo con rotación del tubo de Rayos X, implicando altos costos por el gran número de detectores que daban la resolución espacial. Para mejorar este problema se inició el uso de un Haz de electrones, la quinta generación de detectores en 1980, teniendo la posibilidad por primera vez de estudiar estructuras como el corazón,<sup>1</sup> sin embargo, las dificultades se presentaron en la imposibilidad de completar 360 grados de detección, sólo con 220 grados y la no coincidencia de un plano con los detectores, así como la incapacidad de usar colimadores, limitaron su utilidad.

En la clínica Mayo se construyó un equipo muy preciso, con resolución espacial de 1 mm<sup>3</sup> y con capacidad de realizar reconstrucciones de hasta 60 secciones. Fue un equipo muy pesado: 15 toneladas, por lo que no fue práctico.

En 1986, Kalender desarrolló la sexta generación de tomógrafos, con la tomografía espiral o helicoidal, donde el paciente pasa a través del *gantry*, la que se movía mejoró sus capacidades, permitiendo también con posibilidad de tomar imágenes en movimiento, el corazón por ejemplo. Los tiempos de adquisición se redujeron con secciones más finas.

En 1998 se introdujeron los detectores de séptima generación: tomógrafos multicorte (Multi-slice computed tomography: MSCT). Con haz de Rayos X en forma de cono, recogiendo información para cuatro cortes simultáneamente, reduciendo el número de rotaciones del tubo de Rayos X.<sup>2</sup> En estos equipos se logró que el tiempo de adquisición de imágenes se redujeran a 40 segundos, lo que permitió obtener imágenes de las arterias coronarias con una resolución espacial de 0.6 x 0.6 x 1 mm.<sup>3</sup> El rápido desarrollo de la tecnología ha permitido que a la fecha existan equipos hasta de 320 hileras de detectores que permiten adquirir imágenes del corazón en un tiempo máximo de un segundo con una resolución espacial de 0.5 mm.

### Evolución en el sistema de Sanidad Militar

Desde la década de los ochentas se iniciaron los estudios de Tomografía Computada de Corazón, con lo equipos disponibles en esas fechas, obteniendo en muchos casos información importante desde el punto de vista clínico.<sup>4</sup> En el año 2003 se instaló en el Hospital Central Militar un equipo de tomografía computada multidetector de 16 cortes, el primero de su tipo en nuestro país. Los estudios iniciales acerca de las

arterias coronarias se realizaron en el 2007, enfocados al estudio de las reestenosis intrastents. En el 2008 se instaló un equipo de 64 cortes, iniciando con ello el estudio de las diferentes patologías cardíacas (*Figuras 1 y 2*). En el 2013 comenzaron a realizarse estudios de angiotomografía cardíaca en el equipo PET-CT de 64 cortes de la sección de Cardiología Nuclear. Entre los meses de 2008 y julio de 2013 se realizaron 166 estudios de Score de Calcio y 162 de angiotomografía cardíaca, algunos de ellos con evaluación aórtica conjunta:

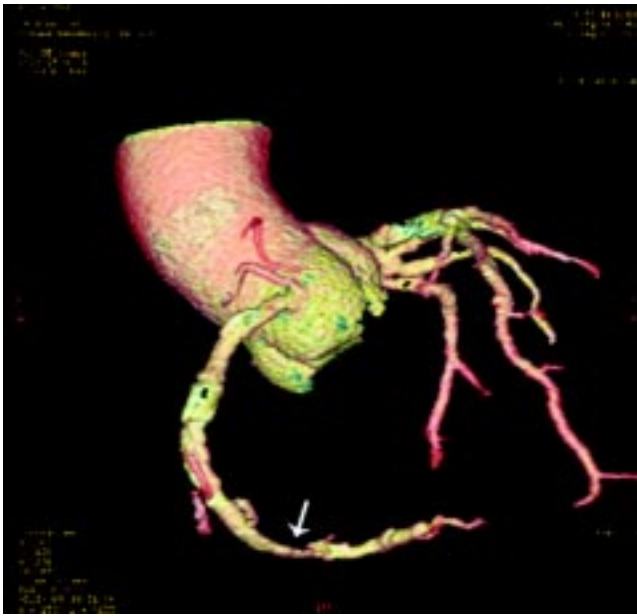
- 32.7%, enfermedad coronaria aterosclerosa.
- 24.6%, sin enfermedad coronaria.
- 9.8%, cardiopatías congénitas (*Figura 3*).
- 8%, miocardiopatías.
- 4.9%, valvulopatías y postoperados de cambio valvular.
- 15%, diferentes hallazgos: puentes musculares cardíacos, neoplasias, aneurismas aórticos, etc. (*Figura 4*).

Actualmente con el apoyo de la superioridad se encuentra en proceso de instalación otro equipo de 64 cortes en la Unidad de Especialidades Médicas, con todas las funciones necesarias para llevar a cabo este tipo de estudios.

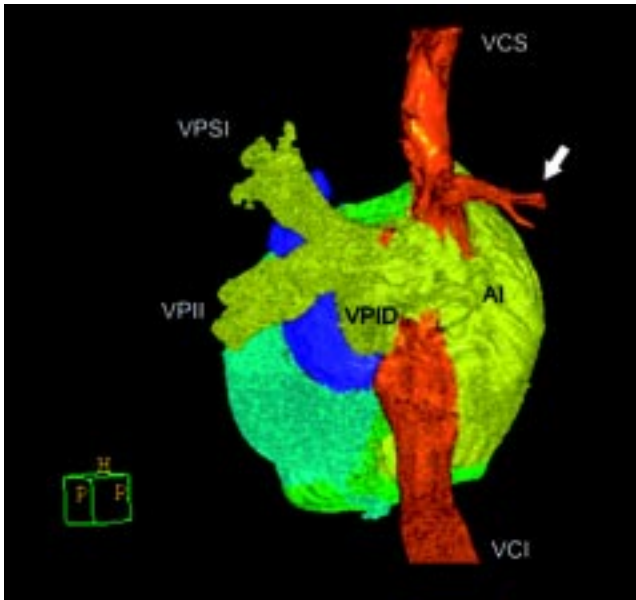
Se ha considerado el empleo de radiación ionizante como una limitante de este método de imagen. La radiación se mide en unidades especiales: Sieverts (Sv) en este caso los mili-Sieverts (mSv), que consideran la energía emitida, el efecto biológico producido según el tipo de radiación y la vulnerabilidad del órgano irradiado. Como ejemplo la radiación de una telerradiografía de tórax es de 0.02 mSv. El empleo de diversas estrategias de reducción de la dosis de tomografía computada cardíaca como disminución del voltaje del tubo de Rayos X, modulación de corriente del tubo, técnicas de



**Figura 1.** Angiotomografía coronaria: se observa incremento difuso del calibre de la arteria coronaria derecha en todo su trayecto en relación con ectasia, con enfermedad aterosclerótica con múltiples placas calcificadas (flecha fina) y una placa no calcificada extensa en el segmento distal (flecha gruesa), el corte axial a través de esta última (a) muestra estenosis mayor de 50% de la luz del vaso.

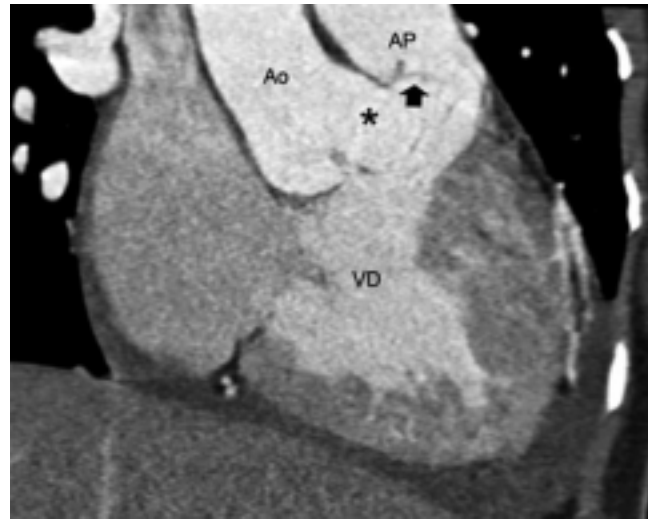


**Figura 2.** Reconstrucción volumétrica del mismo paciente de la figura 1, en la que se observa la ectasia de los segmentos proximal y medio de la arteria coronaria derecha con abundante placa calcificada y disminución del calibre en el segmento distal (flecha), que corresponde a la placa no calcificada. El resto de las arterias coronarias con ectasia vascular.



**Figura 3.** Reconstrucción volumétrica de angiografía cardíaca. Retorno venoso pulmonar anómalo parcial supracardiaco. La vena pulmonar superior derecha (flecha) drena directamente en la vena cava superior (VCS), las venas pulmonar superior izquierda (VPSI), pulmonar inferior izquierda (VPII) y pulmonar inferior derecha (VPID) drenan directamente en la aurícula izquierda (AI). Los avanzados programas de reconstrucción permiten la identificación semiautomática de diferentes estructuras.

reducción de ruido y pitch variable, de acuerdo con la frecuencia cardíaca, entre otras, han permitido que la dosis de



**Figura 4.** Reconstrucción multiplanar oblicua. Angiotomografía cardíaca que muestra la ruptura de un aneurisma del seno de Valsalva en un paciente con endocarditis infecciosa. El asterisco muestra el defecto de aproximadamente 15 mm de diámetro entre el seno de Valsalva derecho con comunicación al ventrículo derecho (VD). La flecha negra señala la válvula pulmonar. Se señalan la aorta (Ao) y la arteria pulmonar (AP).

radiación en promedio para un estudio realizado en un equipo de 64 cortes sea de 5.7 mSv,<sup>5</sup> la que es comparable a la de una angiografía convencional, en la que dependiendo de la experiencia del operador o algún otro factor, la radiación puede variar desde 2.7 mSv hasta 22.7 mSv.<sup>6</sup>

Entre las características específicas de las imágenes tomográficas se encuentran los píxeles, la matriz, el campo de visión (FOV: field of vision), la escala de grises y las ventanas. El píxel es el punto de la imagen más pequeña que se puede obtener, por tanto, las imágenes están formadas por cierto número de píxeles, que se distribuyen en columnas y líneas que forman la matriz, a mayor número de píxeles mejor resolución espacial. Después de las reconstrucciones matemáticas se obtiene el voxel (unidad 3D), que da la profundidad de las imágenes radiológicas.

El campo de visión representa el tamaño del objeto bajo estudio que ocupa la matriz, puede ser de 12 cm hasta 50 cm, con pérdida de radiación secundaria. Además hay una convención para traducir los valores de tensión detectados en unidades digitales, con valores desde -1,000 donde no se detecta tensión: el objeto no se absorbe ningún fotón de Rayos X, como con el aire, y con valores de 1,000 o más cuando los fotones llegan al detector, para ajustarse a los tejidos biológicos.

La escala de grises es un espectro muy amplio, fue creada especialmente para la Tomografía Computada y las unidades Unidades Hounsfield, con la que se caracterizan tejidos: 0: agua, aire: -1,000(HU), huesos: 300-350 HU, grasa: -120 a -80 HU, muscular 50 a 55 UH.

Las ventanas son recursos computacionales que permiten una vez obtenidas las imágenes en las escalas de grises se pueden reducir para facilitar la diferenciación entre es-

estructuras, porque el ojo humano distingue entre 10 a 60 tonos de gris. La ventana es en realidad una forma de mostrar sólo una gama de tonos grises que nos interesa, con el fin de adecuar nuestra capacidad de ver datos obtenidos por tomografía. La misma imagen se puede visualizar con diferentes ajustes de la ventana con el fin de mostrar diferentes estructuras a la vez. Es posible utilizar una ventana de ajuste, véase, por ejemplo, los detalles de hueso y tejido adiposo al mismo tiempo. De esta forma se pueden hacer estudios de diferentes ventanas: pulmonar, para tejidos blandos, etc.

Específicamente en relación con el corazón, está aceptado, el que se realicen estudios de angiotomografía coronaria como parte del escrutinio en casos de dolor torácico en los servicios de urgencias, para poder determinar rápidamente la probabilidad de enfermedad coronaria grave.<sup>7</sup>

En cuanto al corazón, para obtener imágenes adecuadas, se adquieren o reconstruyen en la diástole, para disminuir la movilidad, obteniendo imágenes de todo el ciclo cardiaca para visualizarlas en la modalidad de cine y evaluar la función cardiaca. Estos obstáculos se reducen con los equipos multidetectores, por la velocidad de adquisición, ya que se requiere de un periodo de apnea, para eliminar el movimiento respiratorio. La TC cardiaca es conveniente realizarla con equipos de 64 cortes, como mínimo, puesto que el barrido se hace en 10 a 12 segundos, la resolución espacial en estos equipos es de 0.6 x 0.6 mm.

### Realización del estudio

Para realizar el estudio el paciente es recostado en la mesa del equipo, rodeado de una estructura en forma de anillo, que contiene el tubo que emite los Rayos X y los detectores que los reciben en el lado contrario, el anillo o gantry recorre al paciente, conforme gira va emitiendo la radiación y adquiriendo la información necesaria, ya que han atravesado al paciente, según el grado de absorción de los distintos tejidos, será la cantidad de radiación que llegue a los detectores.

Un aspecto que se debe cuidar es la frecuencia cardiaca del paciente, la cual idealmente debe ser de alrededor de 60 latidos por minuto, para ello inclusive se administra un beta-bloqueador selectivo previo al estudio.

Lo primero a realizar es el Score de Calcio: este estudio no requiere medio de contraste endovenoso, es un estudio sincronizado con el electrocardiograma que se adquiere de manera prospectiva. Mediante este estudio se detecta la cantidad, el volumen y la masa de las calcificaciones. Este estudio está indicado en los pacientes con riesgo cardiaco intermedio, asintomáticos o aquéllos con riesgo bajo, pero con historia familiar de enfermedad coronaria prematura.

Se hace la medición en el Score de Agatston cuyo valor dependerá de la edad, sexo y raza del paciente, ubicándolo en el percentil en comparación con poblaciones de sus mismas características. El resultado sirve para reclasificar en la escala de riesgo a los pacientes y su utilidad ya ha quedado demostrada.<sup>8</sup>

Para visualizar a las arterias coronarias, que son estructuras finas y tortuosas, se administra nitroglicerina sublingual o dinitrato de isosorbide, que las dilata y posteriormente se administra medio de contraste yodado endovenoso para opacificarla. Esta fase constituye la angiotomografía cardiaca.

Las contraindicaciones del estudio se derivan de sus requerimientos técnicos:

1. Falta de un ritmo cardiaco regular, la adquisición de imágenes no se puede sincronizar adecuadamente.
2. Taza de filtración glomerular estimada por debajo de 45 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> de superficie corporal.
3. Taquicardia: que hace difícil la adquisición de imágenes por las diástoles demasiado cortas.
4. Índice de masa corporal mayor de 40 kg/m<sup>2</sup>.
5. Limitación para mantener los brazos elevados por arriba de la cabeza.
6. Incapacidad para realizar apnea durante un periodo aproximado de 20 segundos.

La adquisición del estudio se puede realizar en dos formas: prospectiva y retrospectiva, en la primera se obtienen imágenes en la diástole y en el resto de ciclo cardiaco el tubo de Rayos X permanece inactivo. En forma retrospectiva las imágenes se adquieren durante todo el ciclo cardiaco, con la cantidad de radiación normal en diástole y sólo 20% en el resto del ciclo cardiaco, de cualquier forma es mayor la dosis de radiación que se recibe. De esta forma se adquieren imágenes estáticas y dinámicas, con lo que se pueden evaluar la función ventricular, el grosor y contractilidad, tamaño de las cavidades, patología válvula.

### Indicaciones del examen

La razón primordial para la realización de este estudio es el estudio de la anatomía coronaria, en busca de enfermedad aterosclerosa.

De acuerdo con las guías de las diversas sociedades cardiológicas y de imagen publicadas en el *Journal of American College of Cardiology* en el 2010, las indicaciones de la TC cardiaca contrastada son:

1. Detección de enfermedad coronaria en pacientes sintomáticos sin enfermedad coronaria conocida, con probabilidad baja a intermedia de enfermedad coronaria.
2. Detección de enfermedad coronaria en pacientes con insuficiencia cardiaca de reciente aparición, sin patología previa, con probabilidad baja a intermedia de tener enfermedad coronaria.
3. Detección de enfermedad coronaria en pacientes que serán sometidos a cirugía cardiaca no coronaria, con probabilidad intermedia de enfermedad coronaria.
4. Detección de enfermedad coronaria en pacientes con otras pruebas no concluyentes.
5. Evaluación de permeabilidad de puentes/by pass coronarios en pacientes con datos que sugieren isquemia.

6. Evaluación de anatomía y función cardíaca en adultos con cardiopatías congénitas y con anomalías de las arterias coronarias.
7. Evaluación de anatomía y función cardíaca cuando otros métodos no invasivos son inadecuados, para evaluar válvulas nativas o protésicas y masas cardíacas.
8. Evaluación de anatomía pericárdica.
9. Caracterización de la anatomía de las venas pulmonares como el mapeo para ablación por radiofrecuencia en pacientes con fibrilación auricular.
10. Mapeo de venas coronarias previo a instalación de marcapaso biventricular
11. Evaluación de la anatomía previo a nueva cirugía cardíaca o torácica.

El principal beneficio de la angiotomografía computada cardíaca radica en su alto valor predictivo negativo, el cual puede llegar a ser de 100%. Los pacientes sin evidencia de lesiones coronarias en el estudio tienen 0.9% de probabilidad de presentar un evento cardiovascular adverso mayor en los siguientes cinco años.<sup>9</sup> Otra de las ventajas consiste en poder determinar las características de la placa y el grado de estenosis que condiciona, con una sensibilidad hasta de 100% y especificidad hasta de 73%, este último valor se debe a la tendencia que tiene el método para sobreestimar el grado de lesión en los pacientes con placas densamente calcificadas y subestimarlos en placas no calcificadas. Con las calcificaciones abultadas y extensas se producen artefactos que aparecen más grandes de lo que son, oscurecen la luz arterial y por ello dificultan la medida del grado de estenosis.<sup>10</sup> Sin embargo, el factor más importante es, en todos los casos, la probabilidad pre-prueba, Meijboom y cols. demostraron que el mejor desempeño se logra en los pacientes con probabilidad baja e intermedia medida con la escala de riesgo de Duke.<sup>11</sup>

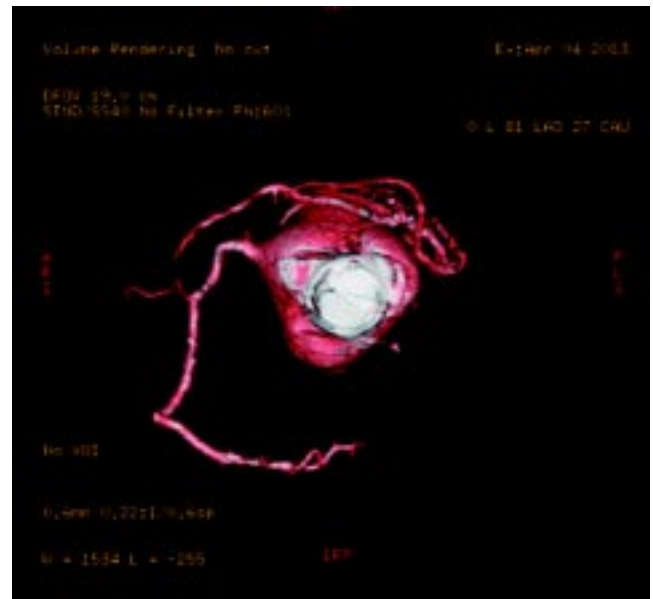
Este estudio, a pesar de las bondades que ofrece, tiene la desventaja de contar con menor resolución que la angiografía coronaria convencional, que es de aproximadamente 0.1 mm.<sup>12</sup>

A pesar de lo anterior, se pueden evaluar los orígenes, cursos y terminaciones anómalas coronarias y su relación con el resto de las estructuras, lo que puede ser determinante en caso de trayectos intervasculares.

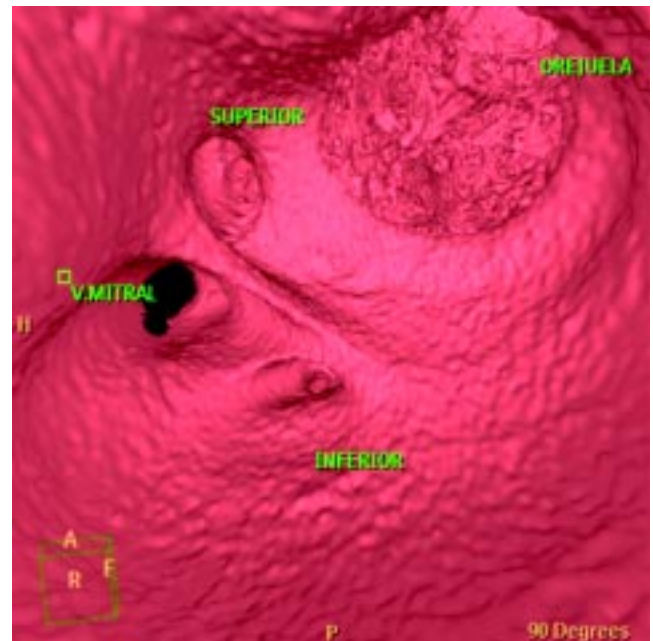
Otros beneficios se centran en la posibilidad de evaluar los stents coronarios, especialmente los de diámetros mayores a 3 mm y dependiendo del material del stent.<sup>13</sup>

En pacientes post-revascularización coronaria: sirve para determinar la permeabilidad de los puentes, estenosis, oclusiones, aneurismas o trombosis. Permeabilidad de vasos distales a las anastomosis, las porciones proximales de las coronarias pueden ser difíciles de evaluar por el exceso de calcio en su origen. Además de todo lo anterior, la relación de las estructuras intratorácicas: corazón, esternón, etc.<sup>14</sup>

En pacientes con válvulas protésicas, sobre todo las mecánicas, la tomografía permite evaluar la anatomía, las complicaciones: pseudoaneurismas, abscesos, obstrucciones por pannus y grado de apertura (*Figura 5*).



**Figura 5.** Reconstrucción volumétrica. Angiotomografía cardíaca en un paciente con reemplazo valvular aórtico. La tomografía computada con sincronización electrocardiográfica y adquisición retrospectiva permite evaluar la movilidad y funcionamiento de la válvula protésica, así como identificar la presencia de fugas paravalvulares.



**Figura 6.** Reconstrucción volumétrica. Endoscopia virtual de la aurícula izquierda que muestra las relaciones entre la orejuela, la válvula mitral y las venas pulmonares izquierdas. Este tipo de imágenes permite orientar al cardiólogo intervencionista en los casos en que debe realizarse ablación de las venas pulmonares para el tratamiento de pacientes con fibrilación auricular.

En el caso de las cardiopatías congénitas, especialmente en adultos, para evaluar a detalle la alteración, como en el caso de necesitar cierre de comunicaciones interauriculares

o ablación por radiofrecuencia de zonas arritmogénicas, donde es deseable conocer de antemano la anatomía para planear los procedimientos (*Figura 6*).

En aquellos pacientes con fibrilación auricular, que no responden a tratamiento médico, se debe realizar ablación por radiofrecuencia y la tomografía computada permite evaluar la anatomía de las venas pulmonares, número, distribución y tamaño de los ostium.

En los pacientes que requieren de un marcapaso biventricular, la tomografía computada permite conocer la anatomía del seno coronario y sus venas tributarias, sirviendo de guía para el procedimiento.

Además de todo lo anterior conviene resaltar que el poder tener imagen de las estructuras intratorácicas, permite agregar información valiosa al clínico que solicita el estudio, tal es el caso de hernias hiatales inadvertidas, aneurismas aórticos, cardíacos, dolicoectasias vasculares, tumores, etc.<sup>15</sup>

## Conclusiones

La tomografía computada aplicada al corazón ha podido ser utilizada gracias a los grandes avances tecnológicos con los que actualmente se cuenta, esto es: una resolución adecuada y una velocidad de adquisición de imágenes muy corta (segundos), los problemas que están por resolver son la limitación en la dosis de radiación con cada estudio y el adecuado uso de esta tecnología. Las asociaciones internacionales de Cardiología e Imagenología ya han dado las indicaciones principales de uso apropiado de este método. El Score de Calcio ya es aceptado como un factor adicional en la estratificación del riesgo en pacientes asintomáticos con riesgo cardiovascular intermedio y en sintomáticos con riesgo bajo, pero con historia familiar de enfermedad coronaria prematura. La angiotomografía coronaria permite identificar con un grado de precisión importante el grado de afección aterosclerosa coronaria, con un valor predictivo negativo de 99%, lo que fortalece su posición para excluir enfermedad significativa. Además de ello este estudio permite evaluar las estructuras cardíacas en detalle y las intratorácicas, añadiendo información valiosa al clínico, previniendo que en los años subsecuentes continuará como un área de mayor crecimiento dentro de la Cardiología, al igual que otras como la resonancia magnética nuclear cardíaca.

## Fuente de apoyos de subvenciones, equipo, medicamentos

Unidad de Especialidades Médicas. Departamento de Radiología, Sección de Tomografía Computada. Hospital

Central Militar. Servicios Auxiliares de Diagnóstico y tratamiento. Departamento de Radiología y de Medicina Nuclear (UNIDAD PET-CT).

## Referencias

1. Ritman EL, Kinsey JH, Robb RA, Gilbert BK, Harris LD, Wood EH. Three dimensional imaging of heart, lungs and circulation. *Science* 1980; 210: 273-80.
2. Goldman LW. Principles of CT: multislice CT. *Journal of Nuclear Medicine and Technology* 2008; 57-68.
3. Desjardins B, Kazeroni E. ECG-Gated Cardiac CT. *Am J Roentgenology* 2004; 182; 4: 993-1010.
4. Izeta A. Imágenes de tomografía computada de corazón en cardiopatía reumática. Tesis recepcional de Medicina Interna. Escuela Militar de Graduados de Sanidad. México: 1989.
5. Fink C, Krissak R, Henzler T, Lechel U, Brix G, Takx R, et al. Radiation dose at coronary CT angiography: second generation dual source CT versus single source 64-MDCT and first-generation dual source CT. *Am J Roentgenology* 2011; 196: 5.
6. Einstein A, Moser KW, Thompson RC, Cerqueira MD, Henzlova M. Contemporary Review in Cardiovascular Medicine: Radiation dose to patients from cardiac diagnostic imaging. *Circulation* 2007; 116: 1290-305.
7. Taylor AJ, Cerqueira M, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 Appropriate use criteria for Cardiac Computed Tomography. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* 2010; 4: 407.
8. Morcillo C, Valderas JM, Roca JM, et al. La determinación de calcio coronario con tomografía computarizada en la evaluación de riesgo cardiovascular: un estudio descriptivo. *Rev Esp Cardiol* 2007; 60: 268-75.
9. Cho I, Shim J, Chang H, et al. Prognostic Value of Multidetector Coronary Computed Tomography Angiography in Relation to Exercise Electrocardiogram in Patients With Suspected Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol* 2012; 60(21): 2205-15.
10. Yeon KS, Beom SJ, et al. Coronary artery anomalies: Classification and ECG gated multidetector row CT findings with angiographic correlation. *Radiographics* 2006; 26: 317-33.
11. Meijboom W, van Mieghem CG, Mollet NR, et al. 64-Slice Computed Tomography Coronary Angiography in Patients With High, Intermediate, or Low Pretest Probability of Significant Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50(15): 1469-75.
12. Yeon KS, Beom SJ, et al. Coronary artery anomalies: Classification and ECG gated multidetector row CT findings with angiographic correlation. *Radiographics* 2006; 26: 317-33.
13. Fernández PG, Tardáguila MF, Velasco M, Trillo R, Costas MI, Noriega F. Tomografía computarizada multidetectora en el estudio cardíaco. *Clin Invest Arterioscl* 2007; 19: 49-55.
14. Gilkeson RC, Markowitz AH, et al. multisection CT evaluation of the preoperative cardiac surgery patient. *Radiographics* 2003; 23(Suppl.): 1S3-S17.
15. Alegría BJ, Sanhueza SP, Ríos OG, et al. Hallazgo cardíacos no coronarios en coronariografía por tomografía computada. *Rev Chil Radiol* 2007; 2: 80-3.