

Tte. Cor. M.C. Gaspar Alberto Motta Ramírez,¹
 Mayor M.C. Luis Manuel Páez Lizárraga,²
 Brenda Izuki López Benjumé,³
 Mauricio Lozoya García,³
 Luis Enrique Paredes González³

Estudio comparativo entre la Coronarioangiografía y la Coronarioangiotomografía Computarizada, en pacientes con enfermedad arterial coronaria

RESUMEN

Introducción: La Coronarioangiografía Computarizada (CATC) ha sido utilizada como un método para la visualización no invasiva de las arterias coronarias. La CATC; permite la obtención de imágenes de las arterias coronarias y la posible detección de enfermedades relacionadas integrándose a los recursos diagnósticos de la coronariopatía.

Objetivo: Evaluar la exactitud y solidez de la CATC en comparación con el estándar de oro, la Coronarioangiografía (CAG), para la detección de enfermedad arterial coronaria (EAC) y establecerla como un estudio confiable.

Resultados: Se incluyeron 36 pacientes (30 hombres, 83% y 6 mujeres, 17% con una edad

promedio de 56 ± 14 años) con indicación para realizar una CAG diagnóstica y/o terapéutica en los que fueron valorados 180 vasos. Mediante la CAG, 151 vasos (83.88%) se encontraron sin lesiones obstructivas, 25 vasos (13.88%) tenían una oclusión mayor del 50% y cuatro vasos (2.22%) tenían una afección menor del 50%. Por CATC de los 180 vasos estudiados, 134 vasos (74.44%) se encontraron sin lesiones obstructivas, 36 vasos (20%) tenían una lesión mayor de 50%, y 10 vasos (5.55%) tenían una afección menor de 50%. De un total de 25 (13.88%) estenosis significativas detectadas por CAG, la mayoría, 28% se encontraron en la arteria coronaria derecha, 24% en la circunfleja, 24% en la descendente anterior, 16% en el tronco de la coronaria izquierda y sólo 8%

en alguna de las arterias diagonales. De las 25 estenosis, 23 (92%) fueron detectadas por CATC. Los valores de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo generales de la CATC respecto a la CAG fueron 94.44%, 83.33%, 85.00% y 93.75%, respectivamente.

Conclusión: La CATC provee una alta exactitud para la detección no invasiva de enfermedad arterial coronaria y deberá incluirse en la valoración rutinaria clínica de dicha patología.

Palabras clave: EAC: Enfermedad Arterial Coronaria, TC: Tomografía Computarizada, IAM: Infarto Agudo del Miocardio.

continúa en la pág. 202

¹ De la Unidad de Especialidades Médicas, Grupo de Radiología. ² Del Departamento de Radiología eImagen, Subsecciones de Tomografía Computarizada y de Radiología Invasiva-Hemodinamia en el Hospital Central Militar. ³ De la Escuela Médico Militar.
 Copias (copies): Tte. Cor. M.C. Gaspar Alberto Motta Ramírez E-mail: gamottar@yahoo.com.mx

Introducción

Se denomina isquemia miocárdica al estado en el cual la presión de perfusión sanguínea se reduce, al grado que condiciona una disminución del aporte de oxígeno tisular y evita la eliminación de productos ca-

tabólicos.¹ La enfermedad arterial coronaria (EAC) es la base de la clínica demostrada en pacientes con síndromes coronarios, siendo éstos angina estable, angina inestable e IAM, con o sin elevación del segmento ST.²

La etiología de las coronariopatías puede ser diversa, pero en la mayoría de los casos es debida a aterosclerosis. Este proceso patológico intravascular llega a considerarse hemodinámicamente significativo cuando la lesión coronaria obstruye 70% o más del lumen total

ABSTRACT

Introduction: The Computerized Coronary angiogram (CACAT) has been used as a method for the non-invasive visualization of the coronary arteries. CACAT allows the obtaining of images of the coronary arteries and the possible detection of associated illnesses being integrated to the diagnostic resources of the coronariopathy.

Objective: To evaluate the accuracy and soundness of CACAT in comparison with the standard of gold, the Coronary angiography(CAG), for the detection of coronary artery disease (EAC) and to establish it as a reliable study.

Results: 36 patients were included (30 men, 83% and 6 women, 17% with an average age ranging 56 ± 14 years old) with indication to carry out a diagnostic and/or therapeutic CAG in those where 180 vessels were valued. By means of the CAG, 151 vessels (83.88%) were found without obstructive lesions, 25 vessels (13.88%) had an occlusion bigger than 50% and four vessels (2.22%) had affection smaller than 50%. Through CACAT of the 180 vessels under study, 134 vessels (74.44%) were found without obstructive lesions, 36 vessels (20%) had a lesion bigger than 50%, and 10 vessels (5.55%) had affection smaller than 50%. Of a total of 25 (13.88%) significant arterial stenosis detected by CAG, the most, 28% was in the right coronary artery, 24% in the

circumflex one, 24% in the anterior descending one, 16% in the left trunk of the coronary artery and only 8% in some of the diagonal arteries. Of the 25 stenosis, 23 (92%) were detected by CACAT. The sensibility and specificity values, the general predictive positive value and predictive negative value of the CACAT with respect to the CAG were 94.44%, 83.33%, 85.00% and 93.75%, respectively.

Conclusion: CACAT provides a high accuracy for the non invasive detection of coronary arterial disease and should be included in the clinical routine examination of said pathology.

Key words: EAC: Coronary Artery disease, CAT: Computerized Tomography, IAM: Myocardium Acute Heart attack.

de cuando se trata de ramas epicárdicas principales. Cuando anatómicamente las lesiones se localizan en las ramas arteriales del tronco coronario izquierdo la importancia hemodinámica se considera desde 50% de afección.³

La aterosclerosis implica la acumulación progresiva de lípidos, elementos fibrosos, macrófagos y linfocitos en las paredes arteriales, con localización aórtica, coronaria y cerebral. En la actualidad se reconocen algunas situaciones clínicas, trastornos de algunos parámetros de laboratorio y también algunos hábitos de vida inadecuados, y se les han denominado "factores de riesgo coronario", pueden encontrarse en personas aparentemente normales y sin antecedentes de enfermedad coronaria o en sujetos que sí tienen o han tenido manifestaciones de un padecimiento de las arterias coronarias; estos factores de riesgo se han asociado con mayor prevalencia de enfermedad arterial coronaria, en diferentes grupos de población.⁴

La EAC es la patología cardiovascular dominante en México, representando un problema de prevención y control. Las estadísticas generales informan que las enfermedades del corazón figuran en 1er. lugar como causa de muerte, desde hace más de 20 años.⁵ En 1998 la tasa de mortalidad por enfermedades cardíacas en

nuestro país fue de 70.2 por cada 100,000 habitantes y de éstos, 63.4% se adjudicaron a la EAC. El impacto económico es devastador, en 1997 fue la causa de una pérdida de un millón/años/vida. De éstos, 632,000 correspondieron a sujetos en edad productiva, lo que dio una pérdida estimada de alrededor de siete mil millones de pesos, calculados sobre la base de un salario mínimo de 30.00 pesos MN.⁵

El diagnóstico de la EAC debe formularse con bases eminentemente clínicas, por esta razón la semiología que el clínico debe aplicar ante la presencia de un dolor precordial puede ser un diagnóstico de EAC con suficiente premura, ya que el retraso del planteamiento se traduce en pérdida de un tiempo valioso y necesario para instituir el método de reperfusión disponible con la idea de recuperar la mayor extensión del miocardio. El diagnóstico de IAM se debe basar entonces en la conjunción de los tres siguientes puntos: signos y síntomas característicos, cambios electrocardiográficos sugerentes y elevación de las enzimas. Con dos de los tres datos se deberá considerar una alta sospecha diagnóstica de IAM.⁶

Hasta en 12% de los pacientes con IAM no se formula el diagnóstico clínico, ya que los síntomas no son característicos, especialmente en los ancianos y

con DM,⁷ tales síntomas pueden tener amplias variaciones. Hasta en el 50% de personas con IAM se identifica un factor desencadenante o síntomas prodrómicos.⁸

La Coronarioangiotomografía Computarizada (CATC) ha sido utilizada como un método para la visualización no invasiva de las arterias coronarias. La CATC con su cobertura de reconstrucción volumétrica, con el desarrollo de la exploración sincronizada electrocardiográficamente (ECG), y mayor resolución espacial y temporal; permite la obtención de imágenes de las arterias coronarias y la posible detección de enfermedades relacionadas integrándose a los recursos diagnósticos de la coronariopatía.

Angiografía percutánea, coronarioangiografía (CAG)

La CAG muestra una sensibilidad y especificidad de 91% y 84%, respectivamente, siendo ésta el estudio más recurrido por su amplia confianza de intervención.⁹

Es la más practicada actualmente y sigue siendo el estándar de oro para diagnóstico de EAC, ya que cuenta con amplia resolución espacial y si es detectada alguna patología, en el mismo momento se cuenta con la opción de recurrir a la dilatación coronaria, ya sea por el uso de un balón o implantación de Stent. Esto aunque parece una ventaja extraordinaria es necesario mencionar que sólo en un tercio de las angiografías coronarias llevan a un procedimiento terapéutico mientras que la mayoría se mantiene únicamente como procedimiento diagnóstico¹⁰ (*Cuadros I-IV*).

Aunque la angiografía selectiva se ha considerado desde hace tiempo como el método de referencia para definir la anatomía coronaria y establecer una justificación para la revascularización, la introducción de nuevas técnicas diagnósticas intravasculares (ecografía, guía de flujo Doppler, angioscopia y estudios de presión intracoronaria), aporta una información anatómica

y fisiológica adicional de gran trascendencia clínica.¹¹ Con base en los datos obtenidos de la CAG puede ser realizada inmediatamente después una intervención coronaria percutánea, cirugía bypass o continuación del manejo médico.¹²

Coronarioangiotomografía Computarizada (CATC)

Se ha usado este método con tecnología TC-16MD y de TC-64MD en pacientes con sospecha intermedia de patología coronaria, resultando ser el estudio no invasivo de elección para la valoración cardiaca logrando sensibilidades y especificidades por arriba de 90% en estudios actuales, lo cual indica ser un estudio confiable no invasivo para el diagnóstico de EAC.⁷

La CATC ha sido recientemente introducida como un método para la visualización no invasiva de las estenosis de las arterias coronarias.¹³

La CATC con su cobertura de volumen más rápida y de mayor resolución espacial y temporal, permite la obtención de imágenes de las arterias coronarias y la detección de enfermedades relacionadas.¹⁴ Con el desarrollo de la exploración sincronizada electrocardiográficamente (ECG) y nuevas técnicas de reconstrucción se logra colocar como parte de los recursos diagnósticos de la coronariopatía.¹⁵ Con el TC-16MD, la sensibilidad de la CATC para detección de estenosis coronaria hemodinámicamente significativa, en las arterias proximales

Cuadro I. Indicaciones para la realización de CAG.³²

- Angina de pecho
- IAM
- Seguimiento de IAM
- Estenosis o insuficiencia valvular
- Falla congestiva cardiaca
- Muerte súbita cardiaca

Cuadro II. Contraindicaciones relativas para la CAG.³²

- Accidente vascular cerebral en el último mes
- Insuficiencia renal progresiva
- Hemorragia activa (gastrointestinal, pulmonar, etc.)
- Infección activa
- Fiebre de etiología desconocida
- Anemia grave
- Hipertensión sistémica no controlada
- Desequilibrio electrolítico importante
- Enfermedad sistémica o psicológica que pueda aumentar el riesgo de la técnica
- Intoxicación digitalica
- Anomalía metabólica grave (p. ej. Tirotoxicosis o diabetes no controlada)
- Pacientes con antecedentes previos de alergia al medio de contraste sin pretratamiento
- Uso de metformina en las 48 horas previas al momento en que se ha planeado la exploración
- Anticoagulación con warfarina

Cuadro III. Datos de mortalidad correspondientes a CAG.³²

Características del paciente	Tasa de mortalidad (%)
Mortalidad global por cateterismo cardiaco	0.14
Mortalidad relacionada con la edad	
Menos de 1 año	1.75
Más de 60 años	0.25
Arteriopatía coronaria	
Enfermedad de un vaso	0.03
Enfermedad de tres vasos	0.16
Enfermedad del tronco principal izquierdo	0.86
Insuficiencia cardiaca congestiva	
Clase funcional I o II de la NYHA	0.02
Clase funcional III de la NYHA	0.12
Clase funcional IV de la NYHA	0.67
Valvulopatía cardiaca	
Todos los pacientes con Valvulopatía	0.28
Valvulopatía mitral	0.34
Valvulopatía aórtica	0.19

coronarias oscila entre 80 y 90%.¹⁶⁻¹⁸ Además, el CT-16MD ahora es aceptado como una herramienta diagnóstica acertada para definir anomalías de las arterias coronarias. Se ha reportado que la CATC puede ser superior a la CAG en la definición del origen ostial y el camino proximal de ramas anómalas coronarias.¹⁹

Actualmente, la CATC en la imagenología del corazón es principalmente usada para la cuantificación de calcificación de arterias coronarias como una medida indirecta de la carga de placa coronaria y, menos frecuentemente para valorar lesiones ateromatosas coronarias.^{20,21}

La imagenología cardiaca no invasiva es una aplicación demandante para cualquier modalidad radiológica. Por un lado, es requerida la alta resolución temporal para la captura del movimiento cardiaco y evitar artefactos que alteren las imágenes. Por otro lado, la resolución espacial debe ser adecuada –idealmente, submilimétrica– para describir estructuras anatómicas pequeñas y complejas, como lo son las arterias coronarias. Todo esto implica que el volumen completo del corazón debe ser examinado dentro de una respiración sostenida para evitar los artefactos por respiración y minimizar la cantidad de contraste requerido.²²

La CATC ha demostrado su confiable uso para la diferenciación y clasificación de placas lipídicas, de fibra y calcificadas en las arterias coronarias. A pesar de dichos avances promisorios, quedan algunos retos y limitaciones para la TCMD como Stents o arterias severamente calcificadas, que no pueden ser visualizadas adecuadamente y pueden mostrar “destello”, principalmente debido al efecto de volumen parcial que

Cuadro IV. Complicaciones graves asociadas al cateterismo cardiaco y a la CAG.³²

Complicaciones graves	%
Muerte	0.11
Infarto de miocardio	0.05
Neurológicas	0.07
Arritmia	0.38
Hemodinámicas	0.26
Vasculares	0.43
Medios de contraste	0.37

ocurre, porque la resolución transversa con tomógrafo de cuatro detectores todavía no es completamente suficiente. Por lo que se considera que las mejores imágenes cardíacas se obtienen con máquinas de más de 16 detectores. Para pacientes con frecuencias cardíacas más elevadas, la resolución temporal no es todavía adecuada y el resultado del diagnóstico no puede ser garantizado, a pesar de la cuidadosa selección de intervalos de reconstrucción separados para las arterias coronarias izquierda y derecha.²³

Para poder recurrir confiablemente al uso de la CATC para el diagnóstico de síndrome coronario ha sido necesaria su evolución hacia la perfección en cuanto imagen. En el 2001 fue introducida una nueva generación de sistemas de TCMD con una adquisición simultánea a secciones superiores a 16 milímetros y rotaciones menores a 0.5 segundos, la resolución espacial en dirección transversa y la resolución temporal son considerablemente mejoradas y el tiempo de examinación

notablemente disminuido, por lo que esto representa una gran ventaja para poder adquirir una imagen confiable en poco tiempo para poder trabajar dentro de un ciclo cardiaco.²³

La CATC ha sido considerada como el óptimo estudio no invasivo de imagenología cardiaca, la cual se ha perfeccionado con el empleo del electrón-beam y más recientemente con el TCMD. También se emplea la sincronización con la electrocardiografía y técnicas de reconstrucción.²⁴

El recientemente introducido tomógrafo de 16 detectores es un sistema con capacidad de rápido escaneo (420 msec por rotación con 210 msec de resolución temporal) así como imágenes más delgadas (0.75 mm). Ya se ha demostrado mejoría en las imágenes cardíacas con el TCMD-16.^{25,26}

La imagen cardíaca del TCMD es formada también en un modo secuencial, donde la mesa del paciente es movida incrementalmente entre rotaciones sucesivas del tubo de rayos X, o más comúnmente a modo de espiral, donde la camilla del paciente es movida continuamente durante un movimiento continuo del tubo de rayos X.²⁴ Considerando los rápidos avances en la tecnología, la CATC pronto podrá hacerse parte rutinaria de la práctica clínica. Antes, con escáneres de sólo cuatro y ocho detectores, CATC demostró grados variables de éxito en el descubrimiento de estenosis críticas y, por consiguiente, no fue considerado muy eficaz para el empleo clínico diario. Aquella idea general comenzó a cambiar con la introducción de la tecnología del TC-16MD. La capacidad de adquirir datos en cortes sub-milimétricos de 0.625 mm o 0.75 mm permitió la imagenología isotrópica en el eje de altura y mejoró la resolución espacial. Al mismo tiempo velocidades de rotación de pótico más rápidas (0.4 segundos) mejoraron la resolución temporal, reduciendo artefactos de movimiento asociados con el latido cardíaco.²⁷

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones

Aplicaciones de la CATC. Los usos potenciales clínicos de CATC incluyen la detección de estenosis de arterias coronarias, la evaluación del estado del injerto de puente coronario y la evaluación de arterias coronarias congénitamente anormales. Quizás el uso de CATC más apasionante en desarrollo es la caracterización de la placa para establecer el riesgo de un paciente de acontecimientos adversos cardíacos.¹⁷

En realidad las indicaciones para CATC son interminables, pero podemos considerar que en general se puede utilizar para aquellos padecimientos que puedan presentar algún cambio por imagen objetivo, subjetivo, directo e indirecto apreciable en los resultados obtenidos²⁸ (*Cuadro V*).

Contraindicaciones

Predominan las relativas al medio de contraste, embarazo y algunas otras situaciones patológicas²⁸ (*Cuadro VI*).

Tanto la CATC como la CAG se apoyan del uso de medio de contraste para la obtención de imágenes. En ambas pruebas diagnósticas se utilizó medio de contraste no iónico siendo éste el mejor tolerado por el paciente. Hay investigaciones que prometen mucho para una técnica en la que se administre el bolo óptimo para maximizar la opacificación del vaso y minimizar la dosis del medio de contraste. La técnica es la infusión de solución salina la cual compacta el bolo de medio de contraste manteniendo una imagen óptima, el bolo compacto reduce los artefactos de medio de contraste que son causados por el flujo laminar simulando estenosis principalmente en la descendente anterior y con imágenes 2D y 3D. En la CATC se utiliza esta técnica logrando reducir la cantidad de medio de contraste en 20%.¹⁸

Cuadro V. Indicaciones potenciales para CATC.¹⁷

- Factores de riesgo coronario y síntomas atípicos, y/o prueba de estrés no diagnóstica
- Paciente no viable para someterlo a pruebas de estrés
- Puente vascular de arteria coronaria (bypass coronario)
- Anomalías de las arterias coronarias congénitas
- Síntomas o hallazgos anormales en la prueba de estrés (el paciente rechaza someterse a una CAG)

Cuadro VI. Contraindicaciones para la realización de una CATC.¹⁷

- Fibrilación auricular u otra arritmia cardíaca
- Enfermedad coronaria distinta al bypass (parche) coronario (el paciente puede someterse a una CAG)
- Stent permeable o estenosis (excepto Stents > 3.5 mm de diámetro)
- Síntomas altamente típicos o hallazgos inequívocos en prueba de estrés
- Síndrome coronario agudo con evidencia de compromiso miocárdico con electrocardiograma o evidencia enzimática

Planteamiento del problema

¿Puede la CATC sustituir a la CAG en el diagnóstico de patología coronaria?

La CATC es una técnica no invasiva que permite la detección, visualización y caracterización de la enfermedad coronaria. Puede ser utilizada previamente a la CAG disminuyendo el riesgo inherente a los procedimientos invasivos habituales y por ello disminuir los índices de morbimortalidad. La CATC es una opción diagnóstica alternativa y confiable en pacientes con contraindicación para CAG. La justificación de esta nueva alternativa diagnóstica permite la utilización de un método de Imagen accesible, con capacidad para evaluar no sólo a los vasos coronarios sino que además permite tener una perspectiva total de nuestro objeto de estudio y de su continente, el reducir los índices de morbimortalidad que un estudio invasivo implica, el repercutir reducir los costos de hospitalización al no ser necesario el encame, el que esté indicado en aquellos pacientes en los que la CAG está contraindicada (*Cuadro III*). Con base en estas consideraciones y con el fin de obtener los indicadores de confiabilidad diagnóstica de la CATC en relación con la CAG, así como establecer la relación entre las lesiones encontradas por CAG y por CATC y el determinar cuál fue el vaso con la mayor prevalencia de lesiones y determinar prospectivamente la causa de discrepancias entre ambos estudios, se realizó el presente estudio.

Material y métodos

Se realizó un estudio transversal, observacional y analítico donde se estudiaron los pacientes programados para la realización de una CAG en el HCM y que cubrieron los requerimientos (criterios de selección, exclusión y eliminación) (*Cuadro VII*).

Con base en el registro de pacientes durante los cuatro meses (enero, febrero, marzo y abril) correspondientes a nuestro estudio, del periodo 2002-2005, se obtuvo un promedio de pacientes, que sería el número esperado de pacientes para el estudio. Así, calculamos que se estudiarían 42 pacientes con un intervalo de confianza al 95% y un error máximo permitido de 5%, de entre los 35 y 49. Una vez ingresado el paciente al HCM se valoraba que cumpliera con todos los criterios de inclusión.

Se le realizó una historia clínica en la que se enfatizaban los siguientes datos: signos vitales, estado hemodinámico, enfermedades restrictivas pulmonares, arritmias o previa revascularización y/o colocación de Stent, diabetes mellitus y padecimientos renales, cabe mencionar que en la técnica de CATC, después de los 85 mL de medio de contraste se administraron 25 mL de solución salina para reducir la cantidad de medio de contraste, denominando a esto nefroprotección. Se revisaron los valores de creatinina sérica. Una vez seleccionado al paciente se le programó la CATC para ser

realizada antes de la CAG. El estudio de CATC se realizó con la adquisición de imágenes iniciando con un topograma para establecer el rango de imagen. Se determinó el grosor de los cortes y posteriormente se sincronizaron la emisión de rayos X con la monitorización cardiaca. Ya obtenido el estudio se realizaron las reconstrucciones tridimensionales de la imagen cardíaca, MIP y reconstrucciones curvas y con ayuda de software especializado (InSpace) evaluamos a las arterias coronarias: ACD, ACI, CX, DA y DIAG, siguiendo el formato de recolección de variables siendo interpretadas por un médico especialista en Radiología e Imagen. Una vez realizada la CATC, trasladamos al paciente al Servicio de Hemodinamia donde se realizó la CAG. Se obtuvieron los registros gráficos del estudio (imágenes y película) y se interpretaron los hallazgos de acuerdo con nuestras variables de interés. Ya con los resultados e interpretaciones de ambos procedimientos, se establecieron las relaciones estadísticas y se obtuvieron los indicadores de eficacia diagnóstica.

Notas aclaratorias

1. Todos los resultados y material obtenido fueron recabados en los formatos de recolección de variables, posteriormente se introdujeron en un cuadro comparativo para realizar el análisis estadístico.
2. No existió contacto entre los investigadores que interpretaron cada uno de los estudios para evitar sesgos en la información.

Variables

Variable 1 (principal). Obstrucción

Se determinó su presencia o ausencia en las imágenes obtenidas y fue referida en porcentaje la luz del vaso que estaba obstruida (0 a 100%). Se tomó como lesión significativa todo porcentaje $\geq 50\%$ de disminución de la luz en el vaso estudiado.

Método de evaluación

1. En la CAG se caracterizó con base en los cambios de repleción del medio de contraste en los vasos durante los disparos. El porcentaje fue determinado con base a la interpretación cuantitativa (QCA).
2. En la CATC se determinó por la nula o pobre opacificación distal a la lesión por el medio de contraste intravenoso. El porcentaje fue determinado por la fórmula:

$$\frac{(\text{Diámetro lumínar remoto} - \text{diámetro lumínar estenótico}) \times 100}{\text{Diámetro lumínar remoto}}$$

La medición de los diámetros se realizó por medio del software DicomWorks.

Cuadro VII. Criterios de selección.

Criterios de inclusión:	
a)	Pacientes de ambos sexos
b)	Pacientes de cualquier edad
c)	Pacientes que aceptaron participar en el estudio previo consentimiento informado
d)	Pacientes con diagnóstico clínico de enfermedad arterial coronaria
e)	Hemodinámicamente estables: <ul style="list-style-type: none">• Sin síntomas vagales• Normotensos• Frecuencia cardíaca menor a 100 latidos por minuto• Sin dolor
f)	Pacientes con función renal adecuada
g)	Pacientes con IMC ≤ a 40
Criterios de exclusión:	
a)	Pacientes previamente intervenidos con procedimientos de revascularización coronaria (con colocación de stent y puentes vasculares)
b)	Pacientes con antecedente de alergia al medio de contraste
c)	Pacientes con diagnóstico establecido de patología restrictiva pulmonar
d)	Pacientes embarazadas
e)	Pacientes con frecuencia cardíaca mayor a 70 refractaria a tratamiento
Criterios de eliminación:	
a)	Pérdida del paciente antes de realizar cualquiera de los estudios
b)	Pacientes con estudios técnicamente deficientes

3. No fueron considerados para el análisis los segmentos distales a una oclusión de un vaso.

Variable 2. Topografía de la lesión

1. Número de vasos lesionados. Método de evaluación. El método de evaluación para esta variable será determinado bajo los mismos principios que a la misma variable 1, estableciéndose una escala numeraria del 1 al ∞ , para cada uno de los aspectos a evaluar.

Técnicas diagnósticas: CATC

1. Adquisición de imágenes con el TC-16md.

Procedimiento

Los pacientes con una frecuencia cardíaca alta (70 por minuto) representan una limitación en la práctica de CATC, pues en ellos la reconstrucción algorítmica de cada segmento utiliza datos de más de un ciclo cardíaco, por lo que se recomienda el uso de medidas farmacológicas como β bloqueadores para la reducción de la frecuencia cardíaca. Cerca de 40 segundos es el tiempo requerido para el escaneo que cubre el volumen cardíaco total (aproximadamente 12 cm. para el rango de escaneo) con una colimación de 0.4 a 1 mm.²⁴

Reconstrucción de las imágenes y visualización

Una vez capturados los cortes de la CATC, se unen con ayuda del software del equipo hasta ser reconstrui-

das logrando así diversas modalidades de imagen, los artefactos de movimiento que son imágenes agregadas se consideran un problema en el estudio de las imágenes por CATC, por lo que para reducirlas, éstas son reconstruidas durante el punto del ciclo cardíaco con la velocidad de movimiento coronario más lenta. Los perfiles de velocidad de movimiento de las arterias coronarias muestran defectos en la imagen durante la sístole ventricular, cerca del final de contracción isovolumétrica, y durante la diástole ventricular, antes que la contracción auricular comience.^{29,30} Una mejor resolución temporal mejoran los defectos en la imagen sistólicos y diastólicos de los perfiles de velocidad; así, la ventana de reconstrucción de imagen, en relación con el ciclo cardíaco se hace más importante a la par que la resolución temporal de escáneres TC aumenta.²⁹

La mayor parte de estudios de CATC han usado la reconstrucción retrospectiva durante la diástole, típicamente con ventanas de reconstrucción que comienzan en el intervalo R-R. Sin embargo la calidad de imagen óptima puede ser encontrada durante la sístole cuando los escáneres TCMD con la resolución más alta temporal son usados.¹⁶ Los datos de proyección son reconstruidos primariamente en planar (cortes axiales). De lo más reciente en escáneres, el TC-64MD genera aproximadamente 300 imágenes axiales las cuales aumentarán con cada generación de escáner al tiempo que la colimación del rayo y el grosor

individual del corte disminuya, y la revisión individual de cada imagen tarde o temprano puede hacerse impráctica.¹⁷

El equipo está conformado por un sistema de TC de 16 detectores (Somatom Sensation 16). Todos los estudios fueron hechos en dirección cráneo-caudal y en posición supina. El procedimiento comenzó con bolos en tiempos, hasta alcanzar que la región de interés, en este caso ubicada en la aorta ascendente alcanzase un nivel de intensidad superior a las 75 UH. Posteriormente fue realizado un rastreo torácico corto, tomando aproximadamente a partir de 4 cm por debajo de la carina. Durante este rastreo fue determinado el nivel superior de las arterias coronarias (principalmente el segmento proximal de la coronaria descendente anterior izquierda), para reducir el tiempo de proyección cardiaca en dicho proceso. Durante una apnea del paciente, fue empezado el escaneo electrocardiográfico guiado, 0.5 cm por encima del nivel coronario superior. El rastreo se hizo con una colimación de 12 x 0.75 mm, 420-ms (gantry) tiempo de rotación y 2.8 mm de alimentación en el tabla por (gantry) rotación. El tiempo de duración aproximado fue de 21 ± 3 s. Fueron usados 85 mL de medio de contraste no iónico, 5 mL en el bolo de rastreo y 80 mL en el escaneo cardiaco. El medio de contraste fue seguido por un bolo salino de 25 mL. Los bolos salino y de contraste fueron inyectados a través de un punzocat de 18 o 20 G, ubicado en la vena cubital preferentemente, con un flujo de 3.3 mL/s (Cuadro VIII).

Reconstrucción de la información

La información utilizada incluyó tanto las adquisiciones en fase simple y contrastada como las de las reconstrucciones 3D. El grosor de los cortes reconstruidos fue de 1 mm con un incremento de 0.5 mm. Con el fin de generar un patrón de imágenes pre establecido

en todos los estudios fueron hechas más de cinco reconstrucciones.

Interpretación de resultados

Los resultados fueron interpretados por el C. Tte. Cor. M.C. Gaspar Alberto Motta Ramírez quien proporcionó la información para realizar el análisis estadístico del estudio.

CAG

Obtención de información

La tarea principal en el Servicio de Hemodinamia fue el obtener imágenes de todos los segmentos del sistema coronario epicárdico en al menos dos proyecciones ortogonales. Los aspectos que fueron sujetos de interpretación fueron los siguientes:

1. Extensión de su distribución.
2. Irregularidades luminarias (estrechamiento, ulceración, aneurismas, disecciones).
3. Defectos de repleción intraluminales.
4. Patrón de flujo.
5. Flujo de contraste a los segmentos distales.
6. Calcificaciones.
7. Idoneidad para angioplastia o bypass.
8. Circulación colateral.

Se diferenció a las obstrucciones dinámicas (espasmos, puentes miocárdicos) de las estructurales (ateroscleróticas, coágulos). Las lesiones se definieron además por el grado de estenosis luminal en comparación con el vaso normal de referencia y por las características que pudieron influir en el éxito o el riesgo de una revascularización. Si hubiera circulación colateral se caracterizó conforme a su origen, destino y magnitud. Las imágenes de las arterias coronarias se obtuvieron en las proyecciones habituales, que mues-

Cuadro VIII. Aspectos técnicos del TC-16MD para la obtención de imágenes cardíacas.¹⁵

Parámetro	Recomendaciones para TC-16MD
Medio de contraste	
Volumen (mL)	120
Flujo de administración (mL/seg)	4
Retardo de escaneo	Sincronizado con los bolos de prueba
Colimación del detector	12 x 0.75 mm o 16 x 0.75 mm.
Grosor del corte	1
Intervalo de reconstrucción	0.5
Monitorización por ECG	Retrospectivo
Reconstrucción seccional	0.42 seg. Rotación: Sencillo para FC < 70 latidos/min Múltiple para FC > 70 latidos/min
Tiempo de escaneo (seg)	15 - 20

Cuadro IX. Número total de pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, aquellos que tuvieron criterio de eliminación y total final de pacientes. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Criterios	Número de pacientes
Cumplieron con criterios de inclusión	38
Cumplieron con criterios de exclusión	0
Cumplieron con criterios de eliminación	2
Total final de pacientes en estudio	36

Cuadro X. Rango de edad de los pacientes incluidos en el estudio. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Rango de edad	Número de pacientes
25 - 29	2
30 - 34	1
35 - 39	2
40 - 44	3
45 - 49	4
50 - 54	2
55 - 59	3
60 - 64	9
65 - 69	3
70 - 74	4
75 - 79	2

tran los vasos y las ramas principales en proyecciones casi perpendiculares. Sin embargo, el grado de variación existente es suficiente para sugerir la realización de inyecciones de prueba fluoroscópicas previas a la cineangiografía, que permitieron realizar pequeñas angulaciones, con objeto de elegir la proyección que sea mejor y reduzca al mínimo el solapamiento.

Interpretación de resultados

Posterior a la realización del estudio, de donde se obtuvo la interpretación cualitativa, procedimos a la interpretación cuantitativa en una fecha diferenciada. Esto mediante la aplicación de QCA sobre los archivos de imagen obtenidos. Se emitieron y tabularon los resultados.

Análisis general de resultados

Los resultados obtenidos y los métodos empleados se basaron en un estudio doble ciego, transversal, observacional y analítico. La información obtenida de la CATC relacionada con nuestras variables a determinar fue tabulada para poder ser relacionada con los resultados obtenidos en la CAG. Una vez recopilados los datos de ambos estudios se analizó estadísticamente mediante software denominado EPIDAT 3.0.

Resultados

La muestra final total de pacientes abarcó un total de 36 pacientes (30 hombres, 83% y seis mujeres, 17%) con una edad promedio de 56 ± 14 años, con 180 vasos que fueron valorados (Cuadros IX y X). A cada paciente por ambos métodos (CATC y CAG) se le estudiaron cinco vasos: ACD, ACI, CX, DA y DIAG.

La muestra de 36 pacientes tenía los siguientes diagnósticos clínicos cardiológicos establecidos por el médico cardiólogo integrante del equipo de trabajo del presente proyecto: 27 pacientes (74%) con cardiopatía isquémica en estudio, seis pacientes (17%) con cardiopatía en estudio, un paciente (3%) por IAM, un paciente (3%) por síndrome lipotímico y un paciente (3%) más por angina de pecho estable.

Ninguno de los 36 pacientes presentó complicaciones graves durante la realización de los estudios. Durante el estudio por CATC, dos pacientes presentaron vómito (5.7%) catalogada como reacción adversa leve al medio de contraste IV. De los pacientes examina-

Cuadro XI. Lesiones obstrutivas mayores de 50% halladas por CAG. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Vaso estudiado	Número de lesiones	Porcentaje
ACD	7	28
ACI	4	16
CX	6	24
DA	6	24
DIAG.	2	8
TOTAL	25	100

Cuadro XII. Hallazgo de anormalidades por CAG. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Vaso estudiado	Sin lesiones obstructivas	Parámetro		Total
		Afección < de 50%	Afección > de 50%	
ACD	28	1	7	36
ACI	32	0	4	36
CX	30	0	6	36
DA	28	2	6	36
DIAG.	33	1	2	36
TOTAL	151	4	25	180
%	83.89	2.22	13.89	100

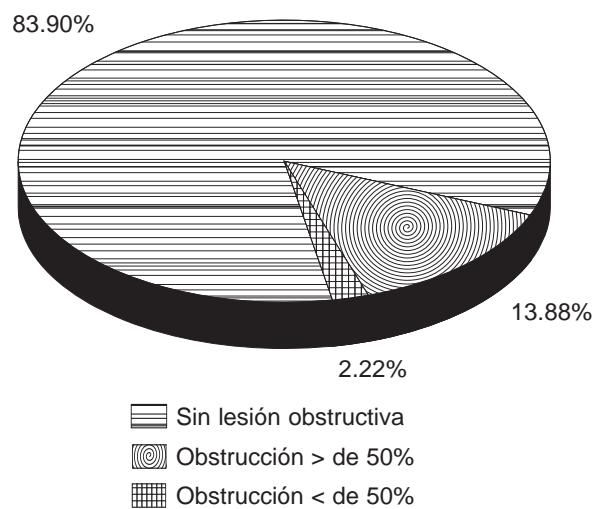


Figura 1. Hallazgos de anormalidades por CAG.

dos, 29 (80.56%) tuvieron una frecuencia cardiaca de 70 latidos/min o menor y 7 (19.64%) pacientes tuvieron una frecuencia cardiaca > 70 latidos/min, lo que implicó el uso de 50 mg de metoprolol seis horas antes del estudio en dichos pacientes; disminuyó su frecuencia cardiaca antes y durante la realización del estudio.

La frecuencia cardiaca principal promedio en la exploración de los pacientes fue de 60 ± 8 latidos por minuto. El promedio de realización de la CATC fue de 16 segundos. Todos los segmentos incluidos en el estudio fueron técnicamente interpretables.

La exactitud de la CATC fue comparada con la CAG basándose en cada segmento. De los 180 vasos analizados por CAG, 151 (83.88%) se encontraron sin lesiones obstructivas, 25 (13.88%) tenían una oclusión > 50% y 4 (2.22%) tenían una afección < 50% (Cuadros XI y XII y Figuras 1 y 2).

Por CATC de los 180 vasos estudiados 134 (74.44%) se encontraron sin lesiones obstructivas, 36 (20%) tenían una lesión > 50% y 10 (5.55%) tenían una afección < 50% (Cuadros XIII y XIV y Figuras 3 y 4).

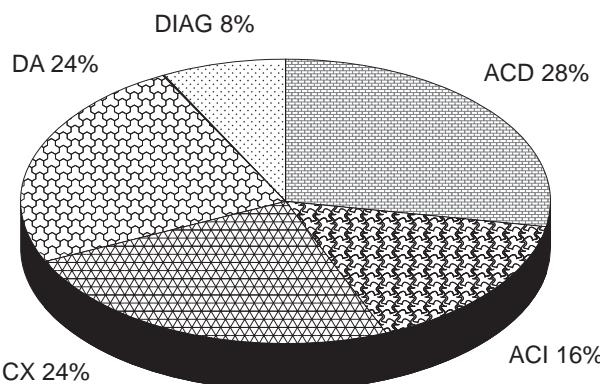


Figura 2. Lesiones obstructivas mayores al 50% que fueron localizadas por la CAG según vaso estudiado.

De un total de 25 estenosis significativas detectadas por CAG, la mayoría (28%) se encontraron en la arteria coronaria derecha, 24% en la circunfleja, 24% en la descendente anterior, 16% en el tronco de la coronaria izquierda y sólo 8% en alguna de las arterias diagonales. De esas 25 estenosis 23 (92%) fueron detectadas por CATC (Cuadro XV).

El tronco de la arteria coronaria izquierda fue el vaso mejor visualizado, seguido en orden decreciente por la circunfleja, la arteria coronaria derecha, la descendente anterior y las diagonales. En el cuadro V se enlista la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de la CATC de 16-MD para la detección de estenosis coronaria significativa (> 50%) general y por cada vaso.

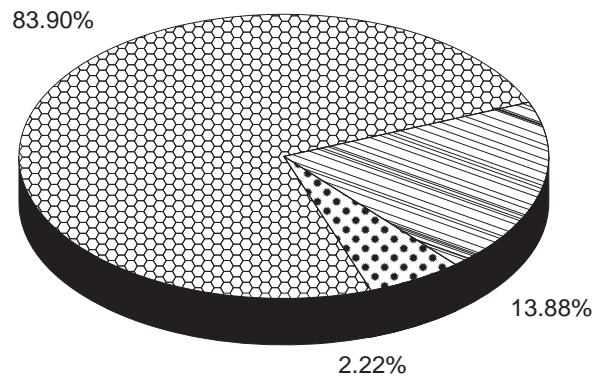
La sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo para la arteria coronaria derecha de la CATC respecto a la CAG fueron 100, 89.66, 70 y 100%, respectivamente, los valores de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de la arteria coronaria izquierda fueron 100, 96.88, 80 y 100%; los valores de la circunfleja fueron sensibilidad de 100%, especificidad de 90%, valor predictivo positivo de 66.67% y valor predictivo negati-

Cuadro XIII. Lesiones obstructivas mayores de 50% halladas por CATC. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Vaso estudiado	Número de lesiones	Porcentaje
ACD	9	25
ACI	5	13.88
CX	9	25
DA	11	30.55
DIAG.	2	5.55
TOTAL	36	100

Cuadro XIV. Hallazgos de anormalidades por CATC. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Vaso Estudiado	Sin lesiones obstructivas	Parámetro		Total
		Afección < de 50%	Afección > de 50%	
ACD	26	1	9	36
ACI	28	3	5	36
CX	25	2	9	36
DA	22	3	11	36
DIAG.	33	1	2	36
TOTAL	134	10	36	180
%	74.45	5.55	20.00	100.00



- Sin lesión obstructiva
- Obstrucción > de 50%
- Obstrucción < de 50%

Figura 3. Hallazgos de anormalidades por CATC.

vo de 100%; la arteria descendente anterior obtuvo valores de sensibilidad del 88.89%, especificidad de 88.89%, valor predictivo positivo de 72.73% y valor predictivo negativo de 96%. Aunque con valores más bajos, las diagonales presentaron una sensibilidad de 66.67%, especificidad de 96.97%, valor predictivo positivo de 66.67 y 96.97%.

Finalmente los valores de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo generales de la CATC respecto a la CAG fueron 94.44%, 83.33%, 85.00% y 93.75%, respectivamente (*Cuadros XII y XV*).

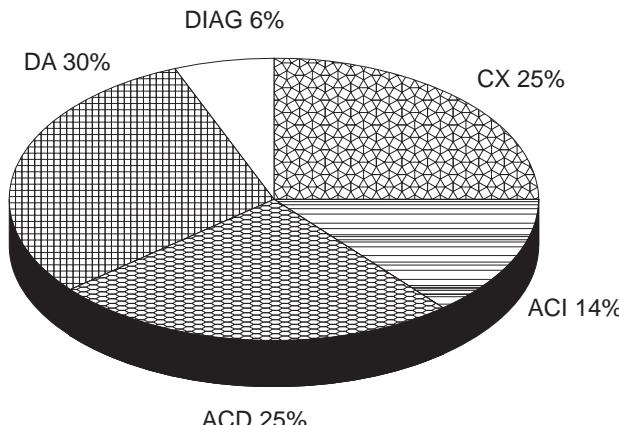


Figura 4. Lesiones obstructivas mayores al 50% que fueron localizadas por la CATC según vaso estudiado.

Discusión

El estudio de CAG es considerado el estándar de oro en la detección de enfermedad arterial coronaria. Esta consideración está siendo discutida por la introducción de nuevas técnicas no invasivas para evaluar dichas patologías.

La CATC actualmente está ganando aceptación como un instrumento importante para el clínico.

La placa aterosclerótica mixta está a menudo presente como placas extensas calcificadas en áreas de remodelación no causando estenosis significativa, sino

Cuadro XV. Comparación de los indicadores de eficacia diagnóstica de la CATC en la detección de patología obstructiva de las arterias coronarias. (Fuente: Datos obtenidos del estudio).

Parámetro estudiado	Sensibilidad	Especificidad	Indicador de Eficacia (%)		
			IV	VPP	VPN
GENERAL	94.44	83.33	88.89	85.00	93.75
ACD	100.00	89.66	91.67	70.00	100.00
ACI	100.00	96.88	97.22	80.00	100.00
CX	100.00	90.00	91.67	66.67	100.00
DA	88.89	88.89	88.89	72.73	96.00
DIAG.	66.67	96.97	94.44	66.67	96.97

hasta las etapas tardías y severas de enfermedad aterosclerótica. Las calcificaciones causan la sobreestimación del estrechamiento luminal y el deterioro de imagen relacionada con el contraste, que es uno de los motivos que dan lugar a falsos positivos. La resolución espacial mejorada por la reducción de efectos de volumen parciales potencialmente reduce los problemas causados por la calcificación.

Encontramos que, comparado con la CAG, la CATC tiene un alto poder discriminatorio de descubrir la enfermedad arterial coronaria. No sólo muestran esto para la detección de enfermedad significativa, definido como estrechamiento del lumen mayor del 70% de la luz de la arteria coronaria, sino también en otros umbrales como el considerado para este estudio que fue de 50%. El poder discriminatorio de la CATC es alto para la identificación de los pacientes que son candidatos apropiados para revascularización.

La TC-16MD permite la detección de enfermedad arterial coronaria en segmentos proximales con sensibilidad del 94.44% y especificidad del 83.33%.

Las discrepancias encontradas en el señalamiento de lesiones se presentaron principalmente en la arteria circunfleja y esto quizás se deba a la topografía del vaso; en la reconstrucción tridimensional dicho vaso presentó una dificultad mayor a la de cualquiera de los otros vasos evaluados, esto por las estructuras anatómicas que nos limitan en la reconstrucción del vaso principalmente en su porción proximal.

La arteria circunfleja (CX) fue la más difícil para examinar; dado que esta arteria es a menudo pequeña y fácilmente se confunde con estructuras adyacentes opacificadas, como la gran vena cardiaca y la aurícula izquierda. En los estudios realizados, todos los segmentos de los vasos incluidos en el protocolo fueron interpretables.

La resolución temporal y espacial aumentada (3D, MIP, curvas) permitió sensibilidad, especificidad y valores predictivos > del 90% en nuestra población.

La razón de un resultado falso negativo en un segmento de la primera arteria diagonal era la pobre opacificación debida a una falta de sincronización en el dis-

paro del contraste y la recolección de los cortes axiales del TC-16MD, esto en los vasos de pequeño calibre de aproximadamente 1.5 mm de diámetro. En el análisis más cercano al tronco de la coronaria izquierda, su porción proximal y media mostró que la sensibilidad y el valor predictivo negativo fueron del 100%, respectivamente.

La especificidad y el valor predictivo positivo fueron relativamente inferiores en 83.33% y el 85%, respectivamente, porque la CATC tiende a sobreestimar la severidad de estenosis en vasos afectados por calcificaciones. Es por ello que siempre deben evaluarse los datos crudos axiales tanto de la fase simple como la fase contrastada.

Aún así, encontramos que los segmentos falsos-positivos siguen siendo considerados después de un análisis retrospectivo como vasos enfermos por CATC, por lo que podríamos llegar a poner en duda la exactitud en la evaluación de nuestro actual patrón de oro (CAG). Posterior al estudio, revisamos los segmentos con calcificaciones no significantes en la DA, y CX donde se encontraron variaciones en la cuantificación del grado de estenosis por parte de ambos estudios, sin llegar a ser éstas significativas.

En seis pacientes se encontró que tanto el número de lesiones como el sitio de la lesión concordaban en ambos estudios, mas no así el grado de estenosis reportado, siendo éste mayor por la CATC.

Para la DA en su porción medial, la CATC arrojó cinco pacientes con estenosis > 50% que la CAG reportó como lesiones no significativas; estos diagnósticos consideramos que fueron sobreestimados como un resultado de artificio de movimiento, así como por la disposición del vaso.

En la circunfleja, el número de lesiones fue sobreestimado en tres resultados y ello es atribuible a defectos de llenado por efecto parcial de volumen durante el post-procesamiento.

En los segmentos coronarios restantes, la calidad de imagen no fue afectada por las placas calcificadas, artificios de movimiento, artificios de salto o ruido en la imagen. La diferencia en la estenosis fue probablemente

secundaria a la sobreposición vascular con las arterias diagonales.

Este estudio comparativo genera una curva de aprendizaje tanto para el Servicio de Radiología como para el Servicio de Cardiología y otros, ya que uno de los objetivos de este estudio es la de implementar a este nuevo método de imagen y generar un aprendizaje en la interpretación y familiarización con las imágenes obtenidas en cortes axiales como con las diferentes reconstrucciones.

La gran ventaja de la CATC comparada con la CAG es que es un estudio no invasivo que evita los riesgos asociados con la manipulación del catéter e incomodidades posteriores. Otra ventaja de gran magnitud es el hecho de que la CATC nos permite de manera muy confiable determinar el tipo de placa que se encuentre en el estudio (placa cárquica, ateromatosa, fibrótica).

De entre las limitaciones del estudio, en lo referente a la CATC es no poder realizar el estudio de manera dinámica, dado que la obtención de imagen es única y no se puede realizar *in vivo* como en la CAG, así como el hecho de ser la CAG una herramienta tanto diagnóstica como terapéutica en caso de llegar a ser requerido.

Las estenosis coronarias medidas en CATC fueron realizadas por medio de la fórmula:

$$\frac{(\text{Diámetro lumínico remoto} - \text{Diámetro lumínico estenótico})}{\text{Diámetro lumínico remoto}} \times 100$$

Esto fue estimado por medición con software del programa DicomWorks, lo cual es inferior al QCA (angiografía cuantitativa coronaria), ya que esta última medición tiene un índice de corrección propio del programa. Aún así existe un software diseñado exclusivamente para la medición del porcentaje de estenosis propio para la CATC, con el cual desafortunadamente no se cuenta.

Datos clínicos muestran que el estándar de la resolución temporal actualmente disponible, no es suficiente para cubrir la gama normal en corazones con frecuencias cardíacas mayores a 70 latidos por minuto por lo que esta limitación tuvo que ser corregida con beta bloqueadores, con la consecuente reducción de la frecuencia cardíaca, lo cual hace que se prolongue la diástole y amplíe las fases de movimiento cardíaco bajo y sólo así pudimos obtener adecuadamente los cortes axiales de ocho (22.22%) pacientes con imágenes de calidad diagnóstica. Aún así, hubo un paciente que a pesar de su baja frecuencia cardíaca no era constante, es decir, el paciente presentaba arritmias, lo cual afectó la obtención de los cortes axiales al momento del estudio provocando artificios de salto y lo que finalmente nos obligó a eliminar del estudio a dicho paciente.

El tamaño de la muestra es estadísticamente representativo de nuestro universo para la validez del estudio. Son necesarios estudios como el que realizamos para establecer a la CATC como una aplicación de diagnóstico.

En junio del 2006, Nikoleau y cols. publicaron, en Munich, Alemania, en la revista American Journal of Radiology (AJR), un artículo titulado "Clinical value of MDCT in the diagnosis of coronary artery disease in patients with a low pretest likelihood of significant disease",³¹ el cual guarda gran similitud con el nuestro, obteniendo valores de sensibilidad y especificidad de 80 y 94.5%, respectivamente, por lo que deducimos la importancia y competitividad de lo que nuestro estudio representa a nivel mundial.

México se ha mantenido al margen de lo que el mundo ha publicado respecto al TC-16MD en la detección de enfermedad arterial coronaria. El presente artículo muestra un estudio que es el primero realizado con esta tecnología y que compara ambos métodos para evaluación de la EAC resultando ser muy prometedor, abriendo puerta a un campo de la medicina no explorado con recursos en nuestro país.

Conclusiones

La CATC posee una alta exactitud diagnóstica comparable con la CAG para la detección de enfermedad arterial coronaria obstructiva.

La CATC será utilizada como estudio diagnóstico para evaluar a la patología coronaria de una manera confiable y no invasiva y de esa forma complementar a la CAG en el estudio y seguimiento de dicha entidad nosológica.

El presente estudio sugiere que en pacientes con sospecha de enfermedad arterial coronaria, la alta sensibilidad y el alto valor predictivo negativo que caracteriza a la TC-16MD proporciona un impacto significativo sobre la toma de decisiones clínicas. Prevemos que la TC-16MD será capaz de sustituir pruebas convencionales invasivas para pacientes con probabilidad intermedia clínica de enfermedad arterial coronaria, que no requieren un manejo terapéutico urgente.

Nuestras conclusiones son acordes con publicaciones recientes que usan TC-16MD. Por lo tanto, la CATC en equipos TC-16MD tiene el potencial para ser un estudio solicitado rutinariamente identificando a los pacientes con factores de riesgo coronario, que improbablemente tienen una enfermedad arterial coronaria.

Finalmente, la CATC es un estudio diagnóstico que complementa de manera sustancial la información que provee la CAG y que es importante para la toma de decisiones en la terapéutica del paciente, coordinándose así los equipos de Cardiología y Radiología.

Referencias

1. Careaga-Reyna G, Garrido-Salazar D y Sánchez-Argüero R. Revascularización miocárdica versus angioplastia coronaria transluminal percutánea para el tratamiento de la cardiopatía isquémica. *Gac Méd Méx* 2002; 138(2).
2. Posadas-Romero C. Impacto de la prevención primaria y secundaria en la morbilidad de la cardiopatía isquémica. *Arch Cardiol Mex* 2002; 72: 167-70.
3. Doval HC y Tajar CD. Evidencias en cardiología 3a. Ed. CEDIC; p. 134, 156, 176.
4. Secretaría de Salud. Causas de mortalidad en México 2000. Estadísticas de Mortalidad.
5. Espinosa FR, Pavía LAA. Cardiopatía isquémica. Revisión comparativa entre mujeres y hombres. *An Med Asoc Med Hosp ABC* 2002; 47: 217-22.
6. Margolis JR, Krieger R, Glemser E. Coronary angioplasty: Increased restenosis rate in insulin dependent diabetics. *Circulation* 1984; 70: II-175.
7. American Heart Association. 2002 Task force of heart and stroke statistical update. Dallas, Tex. *Am H Ass* 2001; 12: 1262-7.
8. Alexanderson RE. Estratificación pronóstica del paciente con cardiopatía isquémica. *Arch Cardiol Mex* 2003; 73: 9-12.
9. Marcuschamer MJ. Estratificación de riesgo en la enfermedad coronaria aterosclerosa, *Archivos de Cardiología de México* 2001; 71(Supl. 1): 114-23.
10. Cruz FJM. Prevención secundaria de la cardiopatía isquémica. *Arch Cardiol Mex* 2004; 74: 190-193.
11. American Heart Association. 2002 Task force of heart and stroke statistical update. Dallas, Tex. *Am H Ass* 2001; 12: 1923-43.
12. Guidelines for cardiac catheterization and cardiac catheterization laboratories. American College of Cardiology/Am H Ass ad Hoc Task Force on cardiac catheterization. *AMJ Cardiol* 1991; 18: 1149-82.
13. Budoff MJ, Diamond GA, Raggi P, et al. Continuous probabilistic prediction of angiographically significant coronary artery disease using electron beam tomography. *Circulation* 2002; 105: 1791-96.
14. Hoffmann MH, Shi H, Manzke R, et al. Noninvasive coronary angiography with 16-detector row CT: Effect of heart rate. *Radiology* 2005; 234: 86-97.
15. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, et al. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: Principles, techniques, and anatomy. *RadioGraphics* 2003; 23: 111-25.
16. Budoff MJ, Lu B, Shinbane JS, et al. Methodology for improved detection of coronary stenoses with computed tomographic angiography. *Am H J* 2004; 148: 1085-90.
17. Gerber TC. Computed Tomographic angiography of the coronary arteries: Techniques and applications. *Semin Ultrasound CT MRI* 2006; 27: 42-55.
18. Auler MA, Heagy T, Aganovic L, et al. Saline Chasing Technique with Dual-Syringe Injector Systems for Multi-Detector Row Computed Tomographic Angiography: Rationale, Indications, and Protocols. *Curr Probl Diagn Radiol* 2006; 35: 1-7.
19. Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ, et al. Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol* 2004; 14: 2172-81.
20. Rumberger JA, Brundage BH, Rader DJ, et al. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: A review and guidelines for use in asymptomatic persons. *Mayo Clin Proc* 1999; 74: 243-52.
21. Flohr TG, Schoepf UJ, Kuettner A, et al. Advances in Cardiac Imaging with 16-section CT Systems Special Report. *Acad Radiol* 2003; 10: 386-401.
22. Lipton M, Higgins C, Farmer D, et al. Cardiac imaging with a high-speed cine-CT scanner: preliminary results. *Radiology* 1984; 152: 579-82.
23. Ohnesorge B, Flohr T, Becker C, et al. Cardiac imaging by means of electrocardiographically gated multislice spiral CT: initial experience. *Radiology* 2000; 217: 564-71.
24. Hu H, He HD, Foley WD, et al. Four multidetector-row helical CT image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000; 215: 55-62.
25. Halliburton SS, Stillman AE, Flohr T. Do segmented reconstruction algorithms for cardiac multi-slice computed tomography improve image quality. *Herz* 2003; 28: 20-31.
26. Fuchs T, Kachelriess M, Kalender WA. Technical advances in multi-slice spiral CT. *Eur J Radiol* 2000; 36: 69-73.
27. Kazerooni EA. CT reshapes coronary and pulmonary angiography. *Online Supp to Applied Radiology* 2005; 59 (<http://www.appliedradiology.com/>).
28. Remy-Jardin M, Remy J. Spiral CT angiography of the pulmonary circulation. *Radiol* 1999; 212: 615-36.
29. Achenbach S, Ropers D, Holle J, et al. In-plane coronary arterial motion velocity: Measurement with electronbeam CT. *Radiol* 2000; 216: 457-63.
30. Lu B, Mao SS, Zhuang N, et al. Coronary artery motion during the cardiac cycle and optimal ECG triggering for coronary artery imaging. *Invest Radiol* 2001; 36: 250-6.
31. Nikoleau K, Carsten R, Bernd J, et al. Clinical value of MDCT in the diagnosis of coronary artery disease in patients with a low pretest likelihood of significant disease. *AJR* 2006; 186: 1659-68.
32. Guidelines for coronary angiography. A report of the American College of Cardiology/Am H Ass and the Task Force on Assessment of diagnostic and therapeutic cardiovascular procedures (Subcommittee on coronary angiography). *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 935-50.
33. Chávez DR, Ramírez HJA, Casanova GJM y cols. La cardiopatía coronaria en México y su importancia clínica, epidemiológica y preventiva, *Arch Cardiol Mex* 2003; 73: 105-14.
34. Nieman K, Cademartiri F, Lemos Pam, et al. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2002; 106: 2051-4.
35. Becker CR, Knez A, Leber A, et al. Detection of coronary artery stenoses with multislice helical CT angiography. *JCAT* 2002; 26: 750-5.