



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE MEDICINA**

**SOCIEDAD DE BENEFICENCIA ESPAÑOLA, I.A.P.
HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO**

**"UTILIDAD DE LA CORONARIOGRAFÍA NO INVASIVA
POR TOMOGRAFÍA MULTICORTE, EN LA VALORACIÓN
CARDIOVASCULAR PREOPERATORIA EN
CIRUGÍA VASCULAR.
PRIMER AÑO DE EXPERIENCIA"**

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD MÉDICA EN:

CARDIOLOGÍA

PRESENTA:

DR. EFRAÍN ANDRADE DÍAZ

COORDINADORES DE TESIS:

DR. EDUARDO VIVEROS RENTERIA
MÉDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE CARDIOLOGÍA
HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO

DR. JAIME GALINDO URIBE
MÉDICO ADSCRITOS DEL SERVICIO DE CARDIOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE LA NUTRICIÓN Y
CIENCIAS MÉDICAS SALVADOR ZUBIRÁN



HOSPITAL ESPAÑOL

MÉXICO, D. F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Utilidad de la coronariografía no invasiva por tomografía multicorte, en la valoración cardiovascular preoperatoria en cirugía vascular. Primer año de experiencia.

COMITÉ EVALUADOR

Dr. Manuel Álvarez Navarro
Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación
Hospital Español S.B.E.

Dr. José Manuel Portos Silva
Jefe del Curso de Cardiología
Hospital Español S.B.E.

Dr. Eduardo Viveros Rentería
Director de Tesis
Hospital Español S.B.E.

Dr. Jaime Galindo Uribe
Asesor de Tesis
Instituto Nacional de la Nutrición y Ciencias Médicas Salvador Zubirán.

AGRADECIMIENTOS.

"La memoria del corazón elimina los malos recuerdos, y magnifica los buenos, y gracias a ese artificio, logramos sobrellevar el pasado".

.....

Agradezco a todos y cada uno de mis maestros quienes por sus enseñanzas, dedicación, y su tiempo; ya que siempre estuvieron ahí para apoyarme, enseñarme, y hacer que mi estancia en la especialidad fuera un tiempo de reflexión, desarrollo y aprendizaje para poder enfrentarme mejor a la vida como médico y sobre todo como persona.

A mis compañeros de generación con quienes compartí momentos buenos y malos dentro del hospital, pero que siempre mostraron su apoyo incondicional.

Al Dr. Jaime Galindo y al Dr. Eduardo Viveros quienes me orientaron, desinteresadamente a realizar y poder terminar este proyecto.

DEDICATORIA.

A mi papá que siempre me ha dado su apoyo y aprobación, que me ha inculcado valores y sentimientos que han hecho de mi la persona que soy, y quien es mi mayor ejemplo a seguir.

A Dioniselvi que es mi único amor y a mis hijas Rosina y Diony Lucía, que son mi mayor orgullo y admiración, y a las que trataré siempre de darles lo mejor como lo han hecho conmigo.

A mi familia, amigos y todos aquellos que siempre han estado presentes en todo momento.

A mi mamá y abuelita que donde quiera que estén... sé que estarían orgullosas de mi.....

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. INTRODUCCIÓN.....	3
2.2. DEFINICIÓN.....	4
2.3. ANTECEDENTES.....	5
2.4. BASES TEÓRICAS.....	8
2.4.1. RESOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL.....	8
2.4.2. SINCRONIZACIÓN CARDIACA Y PROTOCOLOS DE RECONSTRUCCIÓN.....	9
2.4.3. RECONSTRUCCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES..	11
2.4.4. DÓSIS DE RADIACIÓN.....	12
2.4.5. PREPARACIÓN DEL PACIENTE.....	14
2.4.6. OPTIMIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA.....	14
2.4.7. ADMINISTRACIÓN DEL MATERIAL DE CONTRASTE Y PROTOCOLO DE ADQUISICIÓN.....	15
2.4.8. APLICACIONES CLÍNICAS DE LA ANGIOTAC.....	18
2.4.9. INDICACIONES DE LA ANGIOTAC.....	19
2.4.10. CONTRAINDICACIONES DE LA ANGIOTAC.....	19
2.4.11. OTRAS APLICACIONES DE LA ANGIOTAC.....	19
2.4.12. ROL POTENCIAL DE LA ANGIOTAC EN LA VALORACIÓN PREOPERATORIA.....	22
3. JUSTIFICACIÓN.....	24
4. HIPÓTESIS.....	24
5. OBJETIVOS.....	24
5.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	24
5.2. OBJETIVO SECUNDARIO.....	24

6.	DISEÑO DEL ESTUDIO.....	25
7.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	25
7.1.	POBLACIÓN.....	25
7.2.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	25
7.3.	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	26
7.4.	RIESGO PREOPERATORIO.....	26
7.5.	PROTOCOLO DE ANGIOTAC Y ANÁLISIS DE IMÁGEN.....	26
7.6.	ESTUDIO DE CORONARIOGRAFÍA.....	28
7.7.	VIGILANCIA POST ANGIOTAC.....	28
7.8.	VIGILANCIA PERIOPERATORIA.....	28
7.9.	VIGILANCIA POSTOPERATORIA.....	29
7.10.	IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS ADVERSOS.....	29
7.10.1.	DEFINICIÓN DEL INFARTO DEL MIOCARDIO PERIOPERATORIO.....	29
7.10.2.	DEFINICIÓN DE MUERTE POR CAUSA CARDIACA.....	29
8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
8.1.	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES.....	31
8.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
8.3.	ASPECTOS ÉTICOS.....	37
8.4.	RESULTADOS.....	37
9.	DISCUSIÓN.....	41
10.	CONCLUSIONES.....	42
11.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	42
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
13.	ANEXOS.....	51

1. RESUMEN.

"Uso de la coronariografía no invasiva por tomografía multicorte, en la valoración cardiovascular preoperatoria en cirugía vascular. Primer año de experiencia."

OBJETIVO.

Identificar la presencia de eventos cardiovasculares adversos mayores (infarto no fatal, muerte de origen coronario, hospitalización por insuficiencia cardíaca, necesidad de revascularización de urgencia), durante el periodo postquirúrgico, en pacientes a quienes se les realizará algún procedimiento de cirugía vascular. Así como valorar la presencia o no de deterioro de la función renal, relacionado a la exposición al medio de contraste.

MÉTODOS.

Estudio prospectivo, narrativo, descriptivo, no aleatorizado de una cohorte de pacientes con necesidad de cirugía vascular, a los que se les solicitó valoración preoperatoria cardiovascular en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, en el periodo comprendido entre Abril de 2010 a Junio de 2011, y a quienes se les realizó coronariografía no invasiva multicorte para estratificación de riesgo cardiovascular prequirúrgico.

RESULTADOS.

Resultados de Objetivo primario: Una paciente presentó muerte coronaria, debido a evento de taquicardia ventricular en la primera semana del postquirúrgico. Esta paciente se sometió a endarterectomía carotídea, 43 años de edad. HAS reciente diagnóstico (1 año), con HVI en la AngioTAC como daño a órgano blanco, sobrepeso (IMC 26.3), clase funcional I NYHA, ECG basal normal. Presentó deterioro del 12% en la función renal relacionada al medio de contraste y la cirugía. No tuvo sangrado o transfusiones relacionadas. La AngioTAC se reportó sin lesiones, Score de Calcio de 0. FEVI 63%. Heart SCORE 1%, Framingham score 2%, Índice de Lee Clase I.

El único paciente rechazado a cirugía presentó ruptura/disección del aneurisma aórtico abdominal y murió en quirófano como URGENCIA a solicitud de la familia.

Resultados de objetivo secundario. Aplicando criterios convencionales de deterioro de la función renal, ningún paciente de los expuestos al medio de contraste tuvo disminución en su función. Aplicando la ecuación CKD-EPI, se detectó deterioro de la función renal en el 52% de los pacientes (n=11) que se sometieron a la AngioTAC. Casi la mitad de los pacientes (n=5, el 45%) tuvieron reducción mayor al 15% de su TFG basal. Ningún paciente requirió de tratamiento sustitutivo renal de forma temporal o permanente. 11 pacientes presentaron disminución de la función renal (52%). 10 pacientes resultaron sin alteración de la función renal (48%).

CONCLUSIÓN.

La AngioTAC coronaria es un nuevo método que puede considerarse en la evaluación preoperatoria de los pacientes sometidos a Cirugía Vasculat.

Debe hacerse una discriminación detenida al momento de la indicación y evitarse en pacientes con daño renal identificado, ya que un porcentaje elevado de pacientes tiene deterioro en su función renal AUN con filtración glomerular basal en rangos de normalidad.

La muestra es pequeña y por el momento no permite otro tipo de análisis estadístico (el trabajo tendrá seguimiento en los siguientes años).

Utilidad de la coronariografía no invasiva por tomografía multicorte, en la valoración cardiovascular preoperatoria en cirugía vascular. Primer año de experiencia.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 INTRODUCCIÓN.

La enfermedad aterosclerosa de las arterias coronarias es la principal causa de muerte en países occidentales. ⁽¹⁾ En México desde 1985 también da cuenta de la mayoría de las defunciones.

La prueba diagnóstica considerada como estándar de oro para el estudio de las arterias coronarias es la angiografía invasiva. La cual cuenta con una alta resolución espacial (0.1- 0.2 mm) y temporal (<10 ms).

La calidad de las imágenes generadas por los nuevos y cada vez más modernos tomógrafos computarizados con multidetectores ha revolucionado el campo clínico y quirúrgico.

La angiografía convencional fue considerada por mucho tiempo como el mejor método para obtener información anatómica y patológica acerca de la anatomía vascular. Sin embargo, se conocen las potenciales complicaciones entre el 3 y el 5% asociadas a la realización de este procedimiento como son: oclusión arterial, pseudoaneurisma, falla renal debida al medio de contraste y los hematomas peri-puncionales, entre otras. Además, la angiografía tradicional es más costosa, requiere la presencia de personal médico durante todo el procedimiento y requiere un largo periodo de recuperación.

La coronariografía no invasiva por tomografía multicorte (angioTAC) es un procedimiento relativamente nuevo capaz de proveer imágenes de alta resolución de la red vascular y los tejidos blandos y óseos adyacentes. Estudios previos han demostrado que la calidad de las imágenes de la angioTAC son equivalentes a las obtenidas por la angiografía convencional y además tiene varias ventajas:

- Realizar imágenes por reconstrucción tridimensional que son más exactas para visualizar la red vascular tanto arterial como venosa, en especial el árbol coronario y estructuras valvulares. Permite adicionar selectivamente imágenes de los tejidos blandos y óseos de gran utilidad para el planteamiento quirúrgico y de gran importancia como información de la zona de la lesión.

- Es un procedimiento menos invasivo, menos costoso y el paciente se expone a menor radiación.

2.2 DEFINICIÓN.

La angioTAC es una modalidad de diagnóstico por imagen anatómica, no invasiva, que permite la evaluación de las arterias coronarias y la caracterización de la placa aterosclerótica, y es muy prometedora para la obtención de información sobre la perfusión funcional. ⁽²⁾

Este método ha experimentado un rápido desarrollo tecnológico durante la última década, al pasar de los escáneres de 4 detectores a los de 320. Estos avances han aportado mejoras en la resolución temporal y espacial, una mayor cobertura de volumen y una reducción del tiempo de adquisición y exposición a la radiación. ⁽³⁾ La principal aplicación de la angioTAC es la evaluación diagnóstica en la enfermedad coronaria obstructiva. La mayor utilidad de la angioTAC es la que proporciona su valor predictivo negativo máximo (99-100%) para descartar la enfermedad coronaria, que constituye una información muy útil en diversos escenarios clínicos.

La amplia gama de aplicaciones clínicas de la angioTAC ha aumentado y no se limita a la detección de la estenosis coronaria. Su valor añadido en el contexto clínico radica en la visualización de la placa aterosclerótica coronaria, principalmente con fines de estratificación del riesgo cardiovascular y también para evaluar la anatomía y la estructura cardiovasculares, cuantificar la fracción de expulsión ventricular izquierda, así como visualizar y cuantificar la perfusión miocárdica y determinar su viabilidad. Dado que la adquisición de los datos se realiza con sincronización cardíaca, puede calcularse la función ventricular izquierda y derecha junto con la caracterización valvular. ⁽⁴⁻⁶⁾ Si se cumplen ciertos requisitos, sobre todo los de una frecuencia cardíaca baja y estable, la angioTAC permite una visualización detallada del corazón y las arterias coronarias.

La angioTAC proporciona dos formas de evaluar la aterosclerosis coronaria. La primera se realiza sin inyección del medio de contraste yodado, con objeto de detectar y medir el calcio arterial coronario (score de calcio). El segundo método, en el que el examen se realiza con la inyección de medios de contraste yodados, utiliza protocolos de imagen más sofisticados y permite detectar los componentes de la placa no calcificados y caracterizar la propia placa. ^(2,6-8)

Recientemente se ha descrito la utilidad clínica de la angioTAC en un contexto pre quirúrgico, sobre todo en pacientes con valvulopatía. ^(9,10)

2.3 ANTECEDENTES.

Desde la década de los 60's,⁽¹¹⁾ la angiografía coronaria convencional ha sido considerada el gold standard para el diagnóstico de enfermedad coronaria, debido a su alto contraste, y resolución temporal y espacial.⁽¹²⁻¹⁴⁾ El método desarrollado en 1958 por Sones, comenzó una nueva era que llevó al desarrollo de técnicas de revascularización (ya sea percutánea o quirúrgica) y que en la actualidad son prácticamente rutinaria en el manejo de la cardiopatía isquémica.⁽¹⁵⁾ Se estima que solamente en Estados Unidos ⁽¹⁶⁾ se realizan más de 2 millones de angiografías invasivas cada año; pero sólo en un tercio de ellos se practican en conjunto con un procedimiento terapéutico. Es decir, en dos terceras partes el procedimiento es únicamente de carácter diagnóstico. Aunque la angiografía invasiva es un método rutinario con baja morbilidad y mortalidad (1 y 0.1%, respectivamente), que claramente ha condicionado una mejoría en el diagnóstico de pacientes con cardiopatía isquémica, también ha contribuido a un incremento en los costos y tiempo de estancia hospitalaria de este grupo de pacientes. Por lo tanto existe espacial interés en el desarrollo de nuevos métodos diagnósticos de carácter no invasivo cuya exactitud diagnóstica permita diagnosticar o excluir de forma exacta la presencia de enfermedad aterosclerosa. ⁽¹⁷⁾

En los últimos años ha habido un incremento en los procedimientos diagnósticos e intervencionistas. A pesar del alto grado de precisión de los exámenes diagnósticos no invasivos como el EKG de esfuerzo, la centellografía miocárdica y la ecocardiografía de stress (73-89%). Alrededor del 20% de los pacientes que van a coronariografía invasiva debido a resultados positivos de estos exámenes, resultan sin evidencia de lesiones coronarias. ^(18,19)

La tomografía computada, inventada por Godfrey Hounsfield en 1972, ha tenido una evolución insospechada y un empleo prácticamente ilimitado. ⁽²⁰⁾ Mientras los sistemas de primera generación adquirían una sola imagen en aproximadamente 300 seg, en la actualidad los equipos de cuarta generación realizan la adquisición de hasta 256 imágenes en sólo 400 mseg, es decir 900-1000 veces más rápidos que los aparatos de primera generación. ^(20,21)

En los últimos años ha habido un incremento continuo del uso clínico de la angioTAC para identificar y cuantificar la magnitud de la placa calcificada en las arterias coronarias. La tecnología de la tomografía computarizada cardiaca ha experimentado una rápida transformación en los últimos años, de modo que se han estudiado nuevos tomógrafos con múltiples detectores con capacidad de adquisición en menos de un segundo.

La tomografía multidetector desarrollada hacia finales de la década de los 90, e introducida a la práctica clínica en el 2000, ha demostrado excelentes características técnicas y es considerada actualmente como el método no invasivo de elección para la evaluación vascular del tórax. La tomografía computada incursionó en la evaluación cardiaca en 1984 con la introducción de la Tomografía computada por emisión de haz de electrones, aunque con numerosas limitaciones (baja resolución espacial, tiempo de adquisición prolongados, imágenes con bajo índice señal/ruido y baja disponibilidad). Con el desarrollo de la tomografía computada multicorte, la imagen tomográfica cardiovascular es una realidad. Los avances tecnológicos se han enfocado a aumentar el número de detectores dispuestos en el eje z y a, disminuir su tamaño; incrementar la velocidad de rotación del tubo de rayos-X y mejorar los protocolos de reconstrucción. Todo lo anterior ha permitido disminuir el efecto de factores inherentes a las arterias coronarias como son: el movimiento rápido del corazón, y las dimensiones pequeñas de las coronarias. Hoy en día es posible obtener imágenes tridimensionales del corazón y del cuerpo entero en segundos. ⁽²²⁾

La tomografía computada multicorte del corazón cuenta con las siguientes ventajas: es un método no invasivo, rápido (tiempo en sala de 10 minutos y de adquisición de 15 segundos), resultado inmediato, con capacidad multiplanar, de menor costo que la angiografía invasiva, y que genera imágenes cardiacas y extra cardiacas sin la interferencia o sobre posición de estructuras adyacentes.

La tomografía cardiovascular se considera cada vez más importante en la práctica diaria de múltiples centros cardiovasculares en el mundo entero. ^(17,23-30)

Los resultados en la literatura muestran un alto grado de eficacia diagnóstica en la detección de lesiones coronarias y particularmente una excelente capacidad para excluirlas, debido a un elevado valor predictivo negativo que va de un 96 a 99%. ⁽³¹⁻⁴¹⁾

Los pacientes quienes son candidatos a una cirugía mayor no coronaria o cirugía vascular, requieren una valoración completa para determinar el riesgo cardiovascular preoperatorio y las comorbilidades potenciales. Hay un 5 a 10% de morbilidad cardiaca perioperatoria durante la cirugía vascular aún en pacientes con riesgo bajo para enfermedad coronaria. ⁽⁴²⁾ De acuerdo a Paul et al. ⁽⁴³⁾ existe un 17% de riesgo de enfermedad severa multivaso en pacientes con bajo riesgo clínico y asintomáticos que serán sometidos a cirugía vascular.

Las guías del American College of Cardiology /American Heart Association (ACC/AHA) y las guías Europeas (ESC), ante una evaluación preoperatoria para una cirugía de alto riesgo quirúrgico, recomiendan la estratificación de cardiopatía isquémica con pruebas clínicas y exámenes no invasivos. ⁽⁴²⁻⁴⁵⁾

La eficacia diagnóstica de la prueba de esfuerzo va de un 68 – 77 % y de 73-85% para el ecocardiograma de stress. La centellografía provee una eficacia diagnóstica del 87-89%, con una exposición a radiación de 4.6 a 20 mSv, casi el equivalente a una angioTAC. ⁽⁴⁶⁾

Sin embargo para algunos pacientes de alto riesgo, las guías ACC sugieren proceder directamente con una angiografía coronaria invasiva en vez de realizar un examen no invasivo. En la práctica clínica el cateterismo cardiaco es realizado de forma ordinaria antes de una cirugía mayor o cirugía cardiaca. Después de algunos años de estudios de validación, comparando la angioTAC con la coronariografía convencional, se ha demostrado que esta técnica puede cambiar y mejorar el tratamiento actual de los pacientes.

2.4 BASES TEÓRICAS.

2.4.1 RESOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL.

La resolución temporal se define como el tiempo (mseg) que el tomógrafo requiere para adquirir una imagen; entre menos tiempo tome adquirirla, mayor es la resolución. Esta depende directamente del tiempo de rotación del tubo de rayos-X y del algoritmo de reconstrucción empleado.

La resolución espacial se define como la distancia mínima necesaria (mm) entre dos objetos para poderlos distinguir como separados, entre menor sea esta distancia, mayor es la resolución espacial. De manera práctica, la resolución espacial depende del tamaño del píxel (*picture element*) que depende a su vez del tamaño del detector (grosor de corte o colimación del detector). Los primeros equipos multidetectores permitían una resolución espacial de sólo 1.5-3 mm con una resolución temporal de 100 y 500 mseg, respectivamente. En la actualidad, se pueden adquirir hasta 256 cortes por cada vuelta del tubo de rayos-X, cada uno con un grosor de 0.4-0,5 mm.

Esta resolución espacial submilimétrica es indispensable para la evaluación de las arterias coronarias, las cuales tienen una conformación tridimensional compleja y un diámetro pequeño. Esta resolución espacial permite la evaluación de los segmentos proximales y de vasos mayores a 1.5 mm de diámetro, es decir aquellos segmentos coronarios donde la detección de estenosis significativa es de importancia clínica.⁽²⁷⁾

Protocolos de adquisición de angioTAC coronaria propuestos en diferentes generaciones de tomógrafos (las características pueden variar dependiendo de la marca del tomógrafo).

	4D	16D	64D
Colimación del detector	4x1 mm	16 x 0.75 mm	64 x 0.6 mm
Tiempo de rotación del gantry (ms)	500	375	330
Tiempo de adquisición (apnea)	40s	20s	10s
Intervalo de reconstrucción (incremento)	0.7 mm	0.5mm	0.4mm
Volumen* de contraste en mL/caudal en mL/s	120-150/3.5	100-120/4	70/5
Retraso**	4s	6s	6s

*Volumen de contraste =(tiempo de adquisición + retraso) x caudal.

**Retraso adicional al tiempo obtenido por técnica de prueba de bolo (test bolus).

De acuerdo con un estudio de 14,000 autopsias, sólo el 16% de las estenosis significativas se presentan en el tercio distal de las coronarias, sitio donde rara vez se realizan procedimientos terapéuticos intervencionistas. ⁽⁴⁷⁾ El incremento en el número de detectores ha permitido disminuir el tiempo de apnea y el número de latidos cardíacos necesarios para obtener el estudio, y por ende reducir los artificios por movimiento. Además, los voxels (volume elements) son prácticamente isotrópicos, o sea su dimensión es igual en los ejes x, y, y z, lo cual permite realizar reconstrucciones en cualquier plano sin deformidad de las imágenes. Una alta resolución temporal es indispensable para minimizar los artificios por movimientos generado por el latido cardíaco. La resolución temporal ideal aquella que evitaría los artificios por movimiento cardíaco, es de 100-250 msec, tiempo necesario para obtener imágenes en fases sistólica y diastólica respectivamente. El tiempo de rotación ha mejorado de 500 msec en los tomógrafos de 4 detectores a 330-400 msec en los de 64 y 256 detectores. ^(20,22-24)

2.4.2 SINCRONIZACIÓN CARDIACA Y PROTOCOLOS DE RECONSTRUCCIÓN:

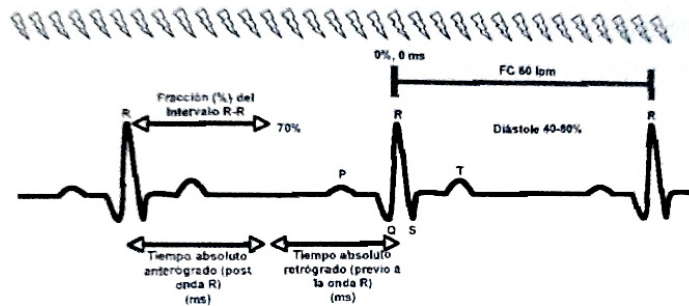
Las imágenes se adquieren con un acoplamiento electrocardiográfico ⁽²⁶⁾ Existen dos formas de adquisición: "Prospectiva y restrospectiva". ^(26,28)

Ventajas y desventajas de los algoritmos de reconstrucción con sincronización EKG.

Ventajas y desventajas de los algoritmos de reconstrucción con sincronización EKG.		
Ventajas	Sincronización prospectiva. Radiación "pulsada" Dosis baja de radiación	Sincronización retrospectiva. Adquisición helicoidal de tipo volumétrico. Cobertura R-R completa. Alta reproducibilidad.
Desventajas	Adquisición secuencial Cobertura R-R parcial	Radiación continua. Dosis de radiación alta

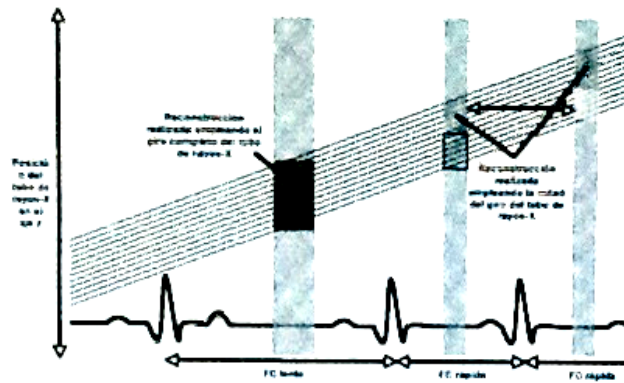
En la adquisición prospectiva, para el cálculo del score de calcio, se emite únicamente radiación después de un tiempo determinado de iniciada la onda R, generalmente durante la diástole. La principal ventaja es la reducción en la dosis de radiación recibida por el paciente, ya que sólo se emiten rayos-X durante un corto lapso del ciclo cardíaco. El principal inconveniente es el incremento en el grosor de corte de las imágenes, lo que resulta inadecuado para identificar detalles anatómicos.

En los protocolos de reconstrucción retrospectiva se emite radiación durante la totalidad del ciclo cardíaco.



Algoritmos de reconstrucción relativa y absoluta. A) Reconstrucción relativa. Cada intervalo R-R se divide en incrementos porcentuales del 0 al 100%: 0% corresponde al inicio de la onda R y al final 100% de la misma. La reconstrucción de las imágenes se realiza con un retraso definido como un porcentaje del intervalo R-R (por ejemplo 70%, ver recuadro). B) Reconstrucción absoluta de las imágenes comienza en un punto fijo en milisegundos (ms), ya sea antes (retrógrado) o después (anterógrado) de la onda R.

En esta técnica, el avance lento de la mesa, está diseñado para solapar las rotaciones del gantry (interpolación-z) al mismo tiempo que se graba el trazo de EKG del paciente, el cual se usa para posteriormente enlazar los datos adquiridos con fases particulares del ciclo cardiaco, ⁽²⁴⁾ facilitando la obtención de imágenes en puntos del ciclo cardiaco donde existen menores probabilidades de artificios por movimiento, generalmente en diástole, que es cuando menor movilidad cardiaca existe. ⁽²⁸⁻³⁰⁾



Protocolos de adquisición retrospectiva mono y multisegmentaria. Las líneas punteadas representan la posición de los detectores (en este caso 12D), en el eje "z", el cuál cambia continua y linealmente de posición en relación con la del paciente conforme éste avanza con la mesa. La señal EKG es grabada de manera simultánea durante la adquisición y se muestra en la parte interior del esquema. Nótese que dichas líneas (detectores) abarcan la totalidad del trazo EKG, o sea, la radiación es constante durante la adquisición. A) Adquisición monosegmentaria a FC bajas (a la izquierda del trazo), la imagen se reconstruye con la información obtenida de un sólo segmento (información obtenida durante un giro completo del tubo) (recuadro en gris de II a izquierda). B) Adquisición multisegmentaria: A FC mayores (lado derecho de la imagen), dos o más ciclos cardiacos se emplean para reconstruir la imagen mediante la información obtenida durante la mitad del giro completo del tubo (recuadros rayados). Nótese que en cada uno de estos dos ciclos cardiacos, una serie de imágenes es reconstruida en diferentes posiciones del eje "z", o sea en regiones diferentes del "subvolumen" cardiaco. Esta combinación de "subvolúmenes" de todos los ciclos cardiacos forman la imagen completa.

Cada nivel anatómico adquirido en el eje cráneo-caudal o eje z está representado en varios latidos cardiacos. La selección del momento apropiado para la reconstrucción puede expresarse en mseg en relación con la onda R (reconstrucción absoluta), o seleccionarse un porcentaje del intervalo R-R al que se va a reconstruir (reconstrucción relativa). ⁽²⁶⁾ Este tipo de protocolos permiten incrementar el pitch (relación entre el avance de la mesa/colimación total del corte), y por ende disminuir el tiempo de adquisición y la radiación recibida por el paciente.

Cuando la frecuencia cardiaca (FC) es la ideal "50 y 60 latidos por minuto (lpm)", la reconstrucción de un segmento cardiaco se realiza con la información obtenida de un sólo latido cardiaco, sin embargo en aquellos pacientes con FC > 70 lpm, es posible mejorar la calidad de las imágenes mediante protocolos de reconstrucción multisegmentarios. En estos protocolos la imagen se forma con "segmentos" de información obtenidos de ≥ 2 latidos cardiacos, lo cual mejora la resolución temporal.

2.4.3 RECONSTRUCCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES.

Par disminuir al máximo los artificios por movimiento, las imágenes son reconstruidas durante el punto del ciclo cardiaco que muestra el menor movimiento de las arterias coronarias. ^(24,26,29) El patrón de movimiento de la Descendente anterior (DA) y Circunfleja (Cx) siguen al corazón izquierdo, mientras que la Coronaria derecha (CD) muestra movilidad sincrónica con el corazón derecho. No obstante, la gran mayoría de los estudios en pacientes con FC < 70 lpm emplea reconstrucciones a la mitad-final de la diástole (entre la fase de llenado rápido y la contracción auricular), típicamente al 60-70% del intervalo R-R, o entre 350 y 450 ms previos a la onda R. ^(26,47,48)

La CD y Cx muestran mayor movimiento, por lo que en aquellos pacientes con FC > 70 lpm pueden ser necesarias más de una reconstrucción, generalmente al final de la sístole o principio de la diástole (40-50% del intervalo R-R), para obtener un estudio de calidad diagnóstica. ⁽⁴⁸⁻⁴⁹⁾ El grosor de corte y el intervalo de reconstrucción dependen del equipo. Se recomienda utilizar el menor grosor de corte posible y un intervalo de reconstrucción de 25-50% del grosor de corte. Aún en la actualidad, la presencia de placas dentro de la pared arterial se evalúa mejor en los planos axiales.

Para una mejor visualización del árbol coronario en su totalidad, las imágenes son enviadas a una estación de diagnóstico donde se pueden revisar en múltiples formatos de presentación: reconstrucción multiplanar y curviplanar, máxima intensidad de proyección, o reconstrucción volumétrica.

Generalmente se emplean dos formatos de reconstrucción "multiplanar y máxima intensidad de proyección" para la interpretación multiplanar y representación en 3D: oblicua anterior derecha para la CD, oblicua anterior izquierda para la coronaria izquierda, y oblicua lateral izquierda para las arterias DA y Cx. La interpretación se hace siguiendo la nomenclatura modificada de la AHA, ⁽⁵⁰⁾ donde el segmento 16 corresponde al ramo intermedio. Los hallazgos positivos siempre se deben de corroborar en por lo menos 2 planos ortogonales. La representación de volumen (4D) es especialmente útil para evaluar el trayecto de los puentes coronarios, así como las anomalías y fístulas coronarias.

2.4.4 DOSIS DE RADIACIÓN.

La gran mayoría de los estudios se efectúa con protocolos de reconstrucción retrospectivos, en donde la radiación es aproximadamente 4 veces mayor que en los protocolos prospectivos. ⁽⁵¹⁾ En este tipo de estudios, el paciente avanza hacia el interior del gantry rotatorio, y la radiación emitida por el tubo de rayos-X es continua durante toda la exploración. Si bien, hoy en día no se han establecido cuales son las dosis de radiación permitidas para los estudios de tomografía específicos, uno de los principales retos a los que se enfrenta esta nueva tecnología, es la reducción de la radiación de tal forma que sea competitiva con otras modalidades como la angiografía invasiva, medicina nuclear, ecocardiografía y la resonancia magnética.

Los cálculos de radiación se pueden representar mediante 3 parámetros:⁽²⁴⁾ 1. Índice de dosis de tomografía, 2. El producto dosis-longitud, 3. La dosis efectiva. La más empleada es la dosis efectiva, que representa un estimado del riesgo de daño biológico debido a la exposición a radiación ionizante. Las dosis efectivas estimadas para tomógrafos de 4D en el caso del score de calcio es de 1 y 1.3 mSv para hombres y mujeres respectivamente en la tomografía por haz de electrones, y de 1.5-5.2 y 1.8-6.2 mSv para hombres y mujeres respectivamente en la tomografía multidetector. En el caso de tomografía para cálculo de score de calcio, la corriente empleada es

sensiblemente menor que en la adquisición con medio de contraste para angioTAC de coronarias. La dosis efectiva en angiografía coronaria con tomografía por haz de electrones es de 1.5 y 2 mSv en hombres y mujeres respectivamente, y de 6.7-10.9 mSv para hombres y de 8.1-13 mSv para mujeres en angioTAC. ^(24,51,52) Sin embargo, las dosis efectivas de radiación difieren de manera importante dependiendo el protocolo escogido. ⁽⁵³⁾

Esta radiación recibida durante una tomografía de corazón es similar a la recibida durante la exposición ambiental en un año. El principio que rige los estudios que emplean radiación es el de ALARA ("as low as reasonably achievable", tan bajo como sea posible), por lo que las dosis deben de manejarse de manera responsable. A este respecto, la radiación puede disminuirse mediante técnicas de modulación de la corriente generada por el tubo de rayos-X. ⁽⁵⁴⁾ Estas técnicas de modulación se dividen en 2 grupos:

1. Las que modulan la corriente con base en un cálculo de la radiación necesaria que depende de la posición del tubo de rayos-X respecto al eje longitudinal del paciente (eje z) y a los ejes perpendiculares del mismo, es decir, el eje transversal y anteroposterior del paciente. Esta modulación de la radiación no genera imágenes con "ruido". Dado que los FOV tradicionalmente empleados en la angioTAC únicamente incluyen al corazón, esta técnica de modulación rara vez es utilizada.

2. La segunda técnica de modulación depende del ciclo cardíaco, por ende esto requiere de sincronización EKG (EKG-pulsing). Durante la sístole cardíaca, fase en la que se presenta la mayor movilidad del corazón, se realiza una disminución de la corriente generada por el tubo de rayos-X; en la diástole, cuando existe la "menor" movilidad, la corriente se mantiene estable, lo cual genera imágenes con menor "ruido". Esta técnica permite una reducción de la exposición a la radiación de 35-55%. ^(55,56)

Con las técnicas de modulación, la radiación efectiva recibida por la angioTAC sería similar a la de la angiografía diagnóstica convencional que es de aproximadamente 5mSv y menor a los 15mSv cuando se practican estudios diagnóstico-terapéuticos. ⁽⁵⁷⁾ Hoy en día se encuentran bajo estudio protocolos de bajo voltaje (120-140kV) y corriente (125-225mAs).

Hay que hacer notar que la reducción de la radiación es inversamente proporcional a la FC. La disminución de la radiación es de aproximadamente el 48% cuando la FC es de 60 lpm y de 28% cuando la FC es de 70 lpm.

2.4.5 PREPARACIÓN DEL PACIENTE.

Para que la calidad del estudio sea óptima, se requiere de preparación específica del paciente. ⁽²¹⁾.

Previo a la realización de la angioTAC, es necesario que el paciente se presente con ayuno mínimo de 6 horas previas al estudio. Evitar el consumo de alimentos o bebidas que contengan xantinas (chocolate, refrescos de cola, bebidas energizantes), para evitar taquicardia.

Determinación de creatinina sérica como marcador basal de función renal, se considera que el paciente puede ser sometido a angioTAC con valores de creatinina de hasta 1.5 mg/dl. ⁽⁵⁸⁾

Se debe realizar un interrogatorio dirigido que incluya factores de riesgo cardiovascular, antecedentes médicos de importancia (angina, infarto, revascularización "percutánea o quirúrgica"), uso de medicamentos que incluyan betabloqueador y/o vasodilatadores. Se debe interrogar alergia o sensibilidad a medicamentos y/o mariscos. Se informará al paciente sobre las características del estudio de imagen que se le realizará y las posibles complicaciones inherentes al mismo. Así como la firma de un consentimiento informado. Se canalizará una vena periférica de gran calibre (preferentemente antecubital) y se realizará paso de solución salina para verificar su permeabilidad.

2.4.6 OPTIMIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA.

La preparación de los pacientes en los centros más avanzados incluye la disminución de la frecuencia cardiaca a menos de 65 lpm o incluso menos de 60 lpm, con la finalidad de disminuir los artefactos por movimiento, así como la administración de nitratos inmediatamente antes de la adquisición de las imágenes, con la finalidad de dilatar las arterias coronarias, lo cual aumentará sustancialmente la calidad de las imágenes.

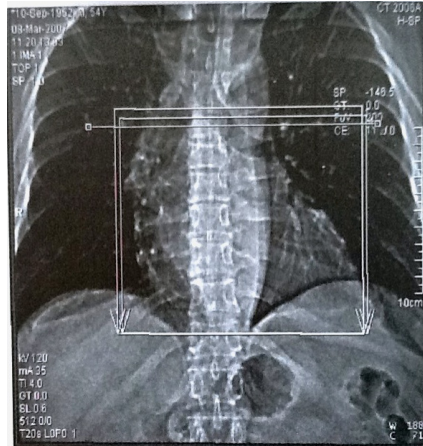
La calidad diagnóstica de la imagen es inversamente proporcional a la FC del paciente. La importancia de la FC no solo radica en el hecho de obtener imágenes de calidad diagnóstica, sino también en que la dosis de radiación es mayor en aquellos pacientes con FC altas. ⁽⁵⁹⁾

La FC ideal es de < 60 lpm. Existen múltiples protocolos que reducen la FC en alrededor de 80% de los pacientes. Se emplean Betabloqueadores vía oral (atenolol o metoprolol de 25-100 mg 1 hora antes del estudio) o intravenosos (metoprolol 5mg al momento del estudio, hasta un máximo de 30 mg repartidos en dosis cada 5 minutos). En algunos centros se practica el B-bloqueo vía oral 1-3 días antes del estudio. En aquellos pacientes con contraindicaciones para su uso (asma, bloqueo A-V, insuficiencia cardiaca descompensada, DM descompensada, fenómeno de Raynaud), se pueden utilizar calcio-antagonistas vía oral (diltiazem 60-90 mg) o vía intravenosa (diltiazem 10-20 mg en infusión de 3 minutos). Además algunos pacientes presentan una ligera disminución de la FC al inicio de la apnea en inspiración (momento en que se adquieren las imágenes), otros presentan un ligero incremento en la frecuencia, por lo que debe realizarse una prueba en apnea para evaluar cuál será el cambio que presentará el paciente. ⁽⁶⁰⁻⁶²⁾

2.4.7 ADMINISTRACIÓN DEL MATERIAL DE CONTRASTE Y PROTOCOLO DE ADQUISICIÓN.

El tiempo de adquisición del estudio y por ende de la duración de la apnea solicitada al paciente, es de aproximadamente 8-13 segundos en sistemas de 64D. En los sistemas de 16D, donde la apnea es mayor a los 20 seg, se puede administrar oxígeno a 3 lt/min durante el estudio. ^(21,63)

Antes de la administración del material de contraste, se realiza el estudio en fase simple para determinar el campo de exploración (FOV, field of view), y se calcula el índice de calcio. El límite superior del FOV debe estar 2 cm por arriba de la emergencia de las arterias coronarias y extenderse 2 cm por debajo del borde inferior del corazón. Típicamente se extiende desde el borde inferior de la carina hasta el diafragma.



Topograma en el que se muestra la forma en que se determina el campo de visión (FOV)

En el caso de pacientes con injertos coronarios, el FOV debe extenderse cranealmente hasta las clavículas. Por otro lado, si el índice de calcio es mayor a 1000 unidades Agatston, no se recomienda continuar con la fase contrastada debido al alto índice de segmentos no valorables por la gran cantidad de placas calcificadas. ⁽⁶⁴⁾

Dado que uno de los parámetros de los cuales depende la exactitud diagnóstica es el diámetro del vaso a evaluar, unos minutos antes de la inyección del contraste (típicamente 3-5 minutos) se administran 5 mg de isosorbide sublingual o 0.4 mg de nitroglicerina sublingual, con el objeto de mejorar la visualización de las arterias coronarias distales. ⁽⁶⁵⁾

La angioTAC emplea medio de contraste yodado no-iónico intravenoso el cuál es seguido de un segundo bolo de solución salina (inyección dual); esto permite disminuir la cantidad de contraste, incrementar la atenuación del contraste en la zona de interés al "compactar" el bolo de medio de contraste, y evitar la presencia de artificios de irradiación secundarios a la alta concentración de medio de contraste en la vena cava superior y aurícula derecha, y que interfieren con la visualización de la coronaria derecha. ⁽⁶⁵⁾

Se recomienda una concentración de yodo ≥ 320 mg/ml de medio de contraste para obtener una atenuación de 250-300 UH en el área de interés. La administración exacta y precisa del medio de contraste es la clave para obtener un estudio adecuado con un contraste homogéneo en la totalidad del árbol coronario. La opacificación debe ser optimizada para las cavidades izquierdas y las arterias coronarias.

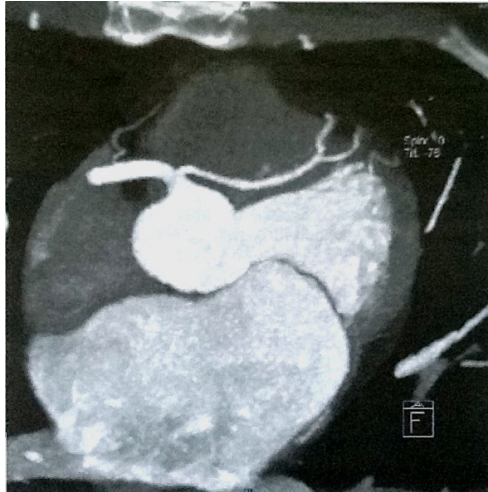
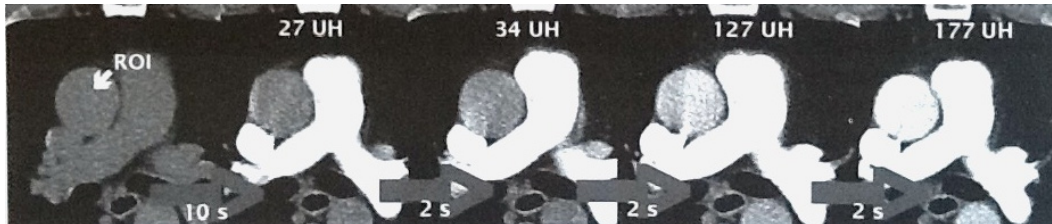


Imagen en reconstrucción en la que se observa la adecuada distribución del medio de contraste en las cavidades izquierdas y las arterias coronarias.

Para el cálculo de la función ventricular derecha y medición del grosor del septum interventricular se emplean protocolos bifásicos de administración de contraste, donde se comienza con 50-60 ml a 4 mL/s, seguido de 30-40 mL a 3 mL/s, y finalmente un bolo de solución salina. El volumen del medio de contraste dependerá del tomógrafo, del motivo del estudio y del tamaño del corazón (volumen a explorar y tiempo de adquisición). Típicamente entre mayor sea el número de detectores, la cantidad de medio de contraste será menor. En sistemas 64D, generalmente se ocupan 60-70 mL de contraste seguidos del bolo de 40 mL de solución salina (denominado bolus chaser) administrados a través de un catéter 17G, de preferencia colocado en una vena de la fosa antecubital.

Existen 3 métodos para calcular el tiempo de retraso desde el comienzo de la administración del medio de contraste hasta el inicio de la adquisición tomográfica: 1. Retraso convencional, generalmente de 21-25 seg, aunque el tiempo dependerá del número de detectores. 2. Técnica de seguimiento del bolo (bolus tracking). En esta técnica se coloca el cursor en la raíz aórtica (adyacente a los ostium coronarios) y se establece un umbral en unidades de atenuación Hounsfield (UH), el cuál una vez alcanzado iniciará automáticamente la adquisición. El umbral escogido depende del número de detectores del tomógrafo y del tiempo de rotación del gantry (150 UH para tomógrafos de 64D y 0.33 s de tiempo de rotación). 3. Prueba de bolo (test bolus): se mide el tiempo de circulación de una pequeña cantidad de contraste (15-20 mL,

aproximadamente 15-20% del volumen total de medio de contraste) hasta que este llega a la raíz aórtica y posteriormente se utiliza dicho tiempo como preestablecido durante la adquisición. Al tiempo obtenido durante la prueba, se agrega un retraso adicional que dependerá del número de detectores del tomógrafo (3-4 s en los sistemas 64D).



Prueba de bolo (test bolus). Imagen xial a nivel de la aorta ascendente para establecer el tiempo de retardo en la adquisición.

2.4.8 APLICACIONES CLÍNICAS DE LA ANGIOTAC.

La principal aplicación de la angioTAC es la visualización de las arterias coronarias. Hasta el momento no existen indicaciones plenamente establecidas de la angioTAC.

En un inicio se limitaba casi exclusivamente a la detección de placas calcificadas en las arterias coronarias con el cálculo del score de calcio, cuyo valor pronóstico recientemente ha sido demostrado por Budoff et al. ⁽⁶⁶⁾

Aunque la calcificación coronaria se puede relacionar con la magnitud y la gravedad de la enfermedad aterosclerótica y su pronóstico, el uso erróneo o el abuso de estos métodos como herramientas de cribado en la población general ha generado una importante controversia.

La cantidad de calcio coronario (que se expresa como una puntuación que se genera a partir del área y la densidad de las mediciones de las placas individuales, predice los episodios de enfermedad coronaria con una capacidad predictiva que va más allá de lo que indican los factores de riesgo estándar, normalmente expresado como un índice de riesgo multifactorial (Puntuación de Framingham). El estudio del calcio coronario en pacientes con riesgo intermedio de cardiopatía isquémica puede mejorar la predicción del riesgo y seleccionar a los pacientes para una modificación de los objetivos de tratamiento. Los pacientes asintomáticos de riesgo bajo y riesgo elevado no se benefician de la medición de las placas calcificadas, por lo que no se recomienda utilizar

la medición de las placas calcificadas en personas asintomáticas para establecer la presencia de enfermedad obstructiva para una revascularización posterior.

Sin embargo, en la actualidad gracias al advenimiento de nueva tecnología, las aplicaciones clínicas potenciales de este método incluyen la detección de estenosis arterial coronaria, la evaluación de puentes coronarios y la evaluación de anomalías coronarias. La visualización y evaluación reproducible de la luz de los stents coronarios, aún no es posible en la actualidad, pero tal vez sea una realidad con el desarrollo tecnológico de las nuevas generaciones de tomógrafos.

2.4.9 INDICACIONES DE LA ANGIOTAC.

Las indicaciones potenciales de la angioTAC son: 1. Pacientes con factores de riesgo intermedio de Framingham y síntomas atípicos, y/o pruebas de estrés no diagnóstica. 2. Incapacidad para realizar prueba de estrés. 3. Puentes coronarios. 4. Sospecha de anomalías coronarias. 5. Pacientes con síntomas o pruebas de estrés anormales quienes no acepten la realización de angiografía coronaria selectiva.

2.4.10 CONTRAINDICACIONES DE LA ANGIOTAC.

Tiene contraindicación relativa: 1. La fibrilación auricular u otra arritmia. y el equipos con un solo tubo de rayos -X 2. FC > 75 lpm, 3. Pacientes con enfermedad arterial coronaria conocida, diferente de aquellos pacientes con puentes coronarios. 4. Valorar grado de estenosis de stents. 5. Síntomas anginosos típicos o pruebas de esfuerzo no concluyentes. 6. Síndrome coronario agudo con evidencia enzimática o EKG de compromiso miocárdico. 7. Score de calcio > 1000 UH. 8. Dificultad respiratoria o imposibilidad de tolerar el decúbito o cooperar con el estudio (pacientes inquietos).

2.4.11 OTRAS APLICACIONES DE LA ANGIOTAC.

Por otra parte la angioTAC está siendo evaluada y validada en otras áreas diferentes al estudio de enfermedad coronaria, ^(67,68) como son la valoración de la morfología, movilidad y función cardíaca, ⁽⁶⁹⁻⁷²⁾ miocardiopatías, valvulopatías, ⁽⁷³⁾ pericardiopatías, tumores cardíacos, evaluación de la placa y remodelación coronaria, ^(74,75) dolor torácico agudo, ⁽⁷⁶⁾ perfusión miocárdica y viabilidad.

La angioTAC, se está convirtiendo rápidamente en una herramienta estándar para la evaluación ambulatoria de la arteriopatía coronaria. La mejora de la resolución y el aumento del número de detectores han hecho que esta prueba sea muy exacta en comparación con la angiografía invasiva.

En un meta análisis que comparó la coronariografía no invasiva por tomografía computada con la angiorresonancia magnética, ⁽⁷⁷⁾ una comparación de la sensibilidad mostró mayor exactitud diagnóstica para la tomografía multidetector (media ponderada [por el tamaño muestral proporcional]: 82%, IC del 95%: 79-90%) que para la angiorresonancia (media ponderada:75%, IC del 95%: 60-84%, p=0.029).

Un reciente meta análisis de Stein y cols. ⁽⁷⁸⁾ Encontró que los valores medios de sensibilidad y especificidad eran de 95 y 84% para la tomografía de 4 cortes, y se observó una exactitud diagnóstica elevada para la tomografía de 16 y 64 cortes. Los valores de especificidad diagnóstica fueron del 90% o mayores para los segmentos proximal, medio y distal. Estos valores diagnósticos son comparables a los de las técnicas de imagen no invasivas actuales como la prueba de esfuerzo nuclear o ecocardiográfica.

Sensibilidad y especificidad de las pruebas diagnósticas para la evaluación de la Cardiopatía isquémica.

	No. de pacientes	Sensibilidad(%)	Especificidad (%)
Prueba de esfuerzo en cinta sin fin	2456	52	71
SPECT de esfuerzo	4480	87	73
Ecocardiografía de estrés	2637	85	77
Calcio coronario mediante TCHE	5730	85	75

En los pacientes con sospecha clínica de Cardiopatía isquémica obstructiva, el elevado valor predictivo negativo (> 98% en la mayoría de los estudios) puede ser útil para evitar la necesidad de una angiografía coronaria invasiva en los pacientes en los que los síntomas o un resultado de una prueba de esfuerzo exigen descartar la presencia de una estenosis arterial coronaria. Especialmente si los síntomas, la edad y el sexo indican una probabilidad baja a intermedia de estenosis hemodinámicamente significativa. ⁽⁷⁹⁾

En la declaración de la AHA 2006, la dosis de exposición a la radiación para la tomografía cardiaca estaba en el intervalo de 10-18 mSv (similar a las dosis de los estudios gamagráficos).

Dosis de radiación en la angiografía coronaria mediante Tomografía por emisión de electrones y angioTAC multicorte.

Autor, año	TCHE dosis efectiva	TCMD activación prospectiva	TCMD, sincronización retrospectiva	Angiografía a mediante TCHE	Angiografía mediante TCMD	Cateterismo cardiaco
Becker, 1999	0,8 mSv		5,3mSv			3,3mSv
Ohnesorge, 2002			3,0mSv(v) 4,0mSv(m)			
Cohnen, 2001			2,8mSv(v) 3,6mSv(m)			
Jakobs, 2002		2mSv(v) 2,5mSv(m) 1mSv(v)* 1,4mSv(m)*				
Hunold, 2003	1 mSv(v) 1,3 mSv(m)	1,5mSv(v) 1,8mSv(m)	3mSv(v) 3,6mSv(m)	1,5mSv(v) 2,0mSv(m) 1,1mSv	10,9mSV(v) 13,0mSv(m) 9,3-11,3mSV	2,1mSv(v) 2,5mSv(m)
Morin, 2003	0,7 mSv	1,0mSv	2,6-4,1mSv			
Kopp, 2002			7,6mSv(v) 9,2mSv(m)			
Achenbach, 2001			6,7mSv(v) 8,1mSv(m)			
Flohr, 2003		0,5mSv(v) 0,8mSv(m)	1,9-2,2mSv(v) 2,8-3,1mSv(m) 1-1,5mSv(v)* 1,4-2mSv(m)*		5,7-7,1mSv(v) 8,5- 10,5mSv(m) 2,9-5mSv(v)* 4,2- 7,4mSv(m)*	
Trabold, 2003			2,9mSv(v) 3,6mSv(m) 1,6mSv(v)* 2mSv(m)*		8,1mSv(v) 10,9mSv(m) 4,3mSv(v)* 5,6mSv(m)*	
Carr, 2000	0,6 mSv(v) 0,7mSv(m)	0,9-1,5mSv(v) 1,1-1,9mSv(m)	4,6mSv(v) 5,6mSv(m)			
Raff, 2005					13mSv(v) 18mSv(m)	

(V), varones; (m), mujeres. mSv, milisievert

* Con modulación de la dosis.

Se siguen desarrollando nuevas técnicas para reducir la dosis de radiación y la necesidad de contraste. Entre estas técnicas se incluyen: modulación de la dosis (reduce la dosis de radiación en un 30-48%), reducción de kVp hasta 100 en pacientes más delgados (reduce la dosis de radiación en un 40%), limitar las partes superior e inferior del campo de estudio (reduce la dosis de radiación en un 20%) y activación prospectiva (reduce la dosis de radiación en un 70%). El uso de estas técnicas, permite hacer angiotomogramas computarizados con dosis tan bajas como 1 mSv (menos que una angiografía coronaria).

Las indicaciones de la angiografía no invasiva es razonable para la evaluación de la enfermedad obstructiva en pacientes sintomáticos, y, también es una modalidad de imagen útil en la evaluación de de las malformaciones coronarias conocidas o probables.

Puede ser útil en la mayoría de los casos no sólo para evaluar la permeabilidad de los bypass, sino también para detectar estenosis coronaria en el trayecto del bypass o en la zona de anastomosis, además del sistema de las arterias nativas. No se recomienda el uso de la angiotomografía computarizada en personas asintomáticas como herramienta de cribado de aterosclerosis (placa no calcificada), tampoco se puede recomendar las angiotomografía computarizada para el seguimiento de la permeabilidad de los stents, ni para evaluar las placas no calcificadas, porque no existe información pronóstica que determine si una placa no calcificada añade alguna información además de los factores de riesgo, la gravedad de la enfermedad angiográfica o la placa calcificada.

Las ventajas de la angiotomografía coronaria, es su mayor disponibilidad, su mayor resolución espacial y sus exploraciones más cortas y homogéneas, con mejor cumplimiento por los pacientes.

Puede dar resultados subóptimos en pacientes con fibrilación auricular y con otras arritmias, y la calidad de la imagen se puede reducir aún más por una masa corporal elevada.

2.4.12 ROL POTENCIAL DE LA ANGIOTAC EN LA VALORACIÓN PREOPERATORIA.

Existe un campo de la angiografía coronaria no invasiva que no se ha explorado aún, como su utilidad en pacientes de riesgo alto de cardiopatía isquémica después de la estratificación del riesgo inicial, como método en la valoración preoperatoria, incluyendo a pacientes con resultados equívocos en la prueba de esfuerzo.

Varios estudios pequeños han reportado una alta eficacia diagnóstica en este tipo de pacientes. ⁽⁸⁰⁻⁸⁴⁾

El estudio más largo a la fecha consistió en 70 pacientes, de los cuáles 31 tuvieron estenosis aórtica (44%), 24 tuvieron insuficiencia mitral (34%), 9 presentaron insuficiencia aórtica (13%), y los restantes tuvieron otras valvulopatías o lesiones congénitas. En base a estudio por paciente, la sensibilidad y especificidad fue del 100% (18 de 18 pacientes con Enfermedad coronaria significativa) y 92% (48 de 52 pacientes sin lesiones significativas), respectivamente. ⁽⁸³⁾

Hay otro estudio donde se promueve el uso de la angioTAC para valoración preoperatoria en pacientes que se requieren cirugía por aneurisma de aorta ascendente, con una población de 65 pacientes, de los cuales se les realizó a 20 de ellos angioTAC (31%) con un tomógrafo de 64 cortes, de estos a 12 pacientes presentaron lesión en el arco aórtico y se verificó quirúrgicamente, no reportando mortalidad intrahospitalaria. Concluyendo que la angioTAC es de mucha utilidad en el trabajo preoperatorio ya que provee información anatómica, detecta la presencia de enfermedad aterosclerótica coronaria, tiene un alto valor predictivo negativo, que realmente cambia el tratamiento en este tipo de pacientes y evite el uso de múltiples exámenes diagnósticos preoperatorios.

En estos casos la exactitud diagnóstica favorece a la angiotomografía coronaria. Existen preocupaciones en relación con la dosis de radiación, sobre todo en pacientes con una probabilidad previa muy baja de estenosis coronaria; los pacientes con una probabilidad previa muy elevada de estenosis coronaria, probablemente precisen una intervención y necesiten una coronariografía invasiva para una evaluación definitiva, pero con estos métodos, podríamos evitarle el riesgo de someterse la misma exposición de radiación e incluso a los riesgos propios de un procedimiento invasivo.

3. JUSTIFICACIÓN.

En pacientes con riesgo cardiovascular elevado, quienes serán sometidos a un procedimiento quirúrgico vascular, las guías para la evaluación preoperatoria de una cirugía de alto riesgo del ACC/AHA, y las Europeas recomiendan la estratificación de cardiopatía isquémica con pruebas clínicas y exámenes no invasivos. La eficacia diagnóstica entre las distintas pruebas no invasivas varía de una 68-85%. Sin embargo para algunos pacientes de alto riesgo, las guías ACC sugieren practicar directamente una angiografía coronaria convencional en lugar de realizar un examen no invasivo. En la práctica clínica el cateterismo cardiaco es realizado de forma ordinaria antes de una cirugía mayor o cirugía cardiaca. Después de algunos años de estudios de validación, comparando la angiotomografía multicorte con la coronariografía convencional, se ha demostrado que esta técnica puede cambiar y mejorar el tratamiento actual de los pacientes. Por lo tanto, el propósito de este estudio es evaluar la utilidad clínica de la coronariografía no invasiva por tomografía multicorte, como parte de la valoración cardiovascular preoperatoria en pacientes que serán sometidos a cirugía vascular.

4. HIPÓTESIS.

La AngioTAC coronaria es un método de estratificación de riesgo prequirúrgico, que discrimina el riesgo cardiovascular en pacientes sometidos a Cirugía Vascular. Su uso debe impactar en morbimortalidad al mes que sigue al procedimiento quirúrgico.

5. OBJETIVOS.

5.1 OBJETIVO PRINCIPAL.

Evaluar la presencia del combinado de eventos cardiovasculares adversos mayores (síndrome coronario agudo, agudización/diagnóstico/necesidad de tratamiento y/o retraso del alta por insuficiencia cardiaca, necesidad de revascularización de urgencia y mortalidad coronaria) en los siguientes 30 días que siguen al procedimiento quirúrgico.

5.2 OBJETIVO SECUNDARIO.

Evaluación de la seguridad (hipersensibilidad tipo I, deterioro de la función renal relacionado al medio de contraste).

6. DISEÑO DEL ESTUDIO.

Estudio prospectivo, narrativo, descriptivo, no aleatorizado.

De forma consecutiva, todo paciente sometido a cirugía vascular en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), si cumplía con los criterios de inclusión y no cumplía con criterios de exclusión, se le realizó procedimiento de coronariografía no invasiva multicorte como parte de la valoración preoperatoria para estratificación de riesgo cardiovascular prequirúrgico.

7. MATERIAL Y MÉTODOS.

7.1 POBLACIÓN.

Pacientes con necesidad de cirugía vascular, a los que se les realizó valoración preoperatoria cardiovascular en el INCMNSZ, entre Abril de 2010 a Junio de 2011. En este período se evaluaron en forma preoperatoria a 27 pacientes de la consulta de Cirugía Vascular del INCMNSZ.

- En 6 pacientes (22%) no se pudo realizar el estudio por tener criterios de exclusión:
 - Hipersensibilidad conocida al medio de contraste - 1 paciente.
 - Fibrilación auricular - 2 pacientes.
 - Deterioro en la función renal basal - 3 pacientes.

- En los demás, en forma consecutiva, se realizó AngioTAC coronaria como método de estratificación de riesgo.

7.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Paciente en evaluación para realizar procedimiento quirúrgico relacionado a Cirugía vascular: Puente axilo femoral, puente aorto femoral, endarterectomía carotídea, tratamiento de aneurisma aórtico abdominal y torácico, amputaciones quirúrgicas de extremidades.

7.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

1. Historia de hipersensibilidad al medio de contraste yodado
2. Pacientes con Depuración renal de creatinina calculada por método CKD-EPI menor a 40 ml/min.
3. Paciente con diagnóstico de Diabetes Mellitus tipo 2 con Depuración renal de creatinina calculada por método CKD-EPI menor a 60 ml/min.
4. Peso del paciente mayor a 130 kg
5. Paciente con Fibrilación auricular con FC mayor a 80 lpm, aún con efecto de betabloqueador.
6. Paciente con intervalo R-R inconstante o extrasistolia frecuente.

7.4 RIESGO PREOPERATORIO.

El riesgo preoperatorio se enfocó en el análisis de los factores de riesgo; (Diabetes, Hipertensión, Dislipidemia, Tabaquismo, Historia familia, obesidad, Clase funcional); comorbilidades; (Evento vascular cerebral, infarto del miocardio, arritmias, enfermedad arterial periférica); y factor de riesgo quirúrgico (tipo de cirugía). Todos estos datos clínicos fueron integrados junto con electrocardiograma, angioTAC y con sistemas de score calculados para estratificación de riesgo cardiovascular (AHA/ACC, Heart SCORE, Framingham, Lee score).

7.5 PROTOCOLO DE ANGIOTAC Y ANÁLISIS DE IMÁGEN.

Previo a la firma de consentimiento informado, los pacientes fueron canalizados a través de la vena antecubital con un punzocat 20 Fr. Los pacientes que presentaban FC > 65 lpm, recibieron un betabloqueador (metoprolol 100 mg VO), una hora antes del procedimiento.

La angioTAC se llevó a cabo con un Scanner de 64 cortes (General Electric Light Speed, VCT, 64D). Se realizó un escaneo pre-contraste para determinar el score de calcio total (AJ score) del árbol coronario (colimación de 16 x 1.5mm, con una velocidad de rotación de la mesa de 3.8 mm/rotación, y corriente del tubo a 380 mAs a 120 kV, con un campo tomográfico W: 400, L 40). Posteriormente el paciente fue sometido a un escaneo angiográfico engatillado con electrocardiograma de las arterias coronarias con los siguientes parámetros: colimación 16 x 0.75 mm, gantry rotation time de 375 ms, voltaje del tubo 120kV, tiempo de corriente de 650 -750 mAs, tablefeed/rotation de 3.0

mm en una dirección craneo-caudal de la carina al diafragma durante una sola respiración sostenida. 70 a 80 ml de medio de contraste no iónico (375 mg/ml, Iopamiron 370, Bayer Schering Pharma, AG. Alemania, bajo licencia de Bracco, Italia). Fue administrado a través de un punzocat 20Fr, previamente posicionado en una vena antecubital a una velocidad de 4ml/sec, seguido de un bolo de 40 ml de solución salina, utilizando un inyector de poder de doble jeringa. Con la técnica de Test bolus, el scanner inicia automáticamente 5 segundos después de una atenuación sostenida de +100 unidades Hounsfield alcanzando una región de interés previamente posicionada en la aorta ascendente. Se realizó la angiografía coronaria con un tiempo de adquisición de 16-20 segundos, y durante el escaneo, se obtuvo un trazo electrocardiográfico. El volumen adquirido fue reconstruido con un grosor efectivo de cortes de 1 mm, un intervalo de reconstrucción de 0.5 mm y un campo tomográfico de 200 mm. Las imágenes fueron reconstruidas por medio de sincronización retrospectiva basado en el electrocardiograma previamente adquirido. La ventana temporal de reconstrucción standard fue de 60,65,70 y 75% del intervalo R-R. Una reconstrucción multifase para la función ventricular izquierda fue realizada (10 fases, de 0 a 90% del intervalo R-R, en el plano del eje corto, cubriendo el ventrículo completo del plano valvular al ápex, con 8-10 mm de grosor e intervalos de 2-4 mm dependiendo del tamaño del corazón) La información se envió a una estación de trabajo, y todas las imágenes axiales de la reconstrucción (60,65,70 y 75% del intervalo R-R) fueron simultáneamente visualizadas y examinadas por 2 expertos radiólogos cardiovasculares. Los datos obtenidos fueron observados y valorados por medio de imágenes axiales, reconstrucciones multiplanares, reformaciones curvadas multiplanares y modelos 3D, así como el software específico para cuantificación de la estenosis vascular.

Se evaluó al Tronco de la coronaria izquierda (TCI), la arteria descendente anterior (DA), la arteria circunfleja (Cx) y la coronaria derecha (CD), incluyendo ramas hasta 1.5 mm, valorando para estenosis mayor o igual al 50%, utilizando el modelo de segmentos coronarios propuesto por la AHA. Para cada vaso se determinó la estenosis, clasificándola en significativa > 50% y no significativa < 50%, también se caracterizó el tipo de placa en placa calcificada y mixta. La función ventricular izquierda (Volumen tele sistólico, Volumen telediastólico, Gasto cardiaco ($GC = VTD - VTS$)*FC, Fracción de expulsión ($FE = GC/VTD \times 100$) y Masa cardiaca) también se evaluó usando un software específico.

7.6 ESTUDIO DE CORONARIOGRAFÍA.

En vista del propósito del estudio y considerando su alto valor predictivo negativo (96-99%), según la literatura, todos los pacientes con más de 2 lesiones significativas en dos o más territorios, fueron sometidos a coronariografía convencional para confirmar los datos de la angioTAC, con la revascularización correspondiente (angioplastia coronaria transluminal percutánea, ACTP).

Las coronariografías invasivas se practicaron en un intervalo de 1 a 8 días posterior a la angioTAC. Los angiogramas fueron evaluados por dos hemodinamistas del INNCSZ, tomando las decisiones de tratamiento con ACTP e implante de stents en conjunto con su médico tratante.

7.7 VIGILANCIA POST ANGIOTOMOGRAFÍA NO INVASIVA.

A todos los pacientes, se les vigiló la función renal a los tres días, de exposición a la AngioTAC, a través de la pruebas correspondientes (Creatinina sérica, Nitrógeno ureico). Se estableció la presencia de nefrotoxicidad por medios de contraste, de acuerdo a la definición de la Sociedad Europea de Radiología Urogenital en donde se establece que existe nefrotoxicidad con la elevación de la creatinina sérica $\geq 0.5\text{mg/dL}$ ó $\geq 25\%$ del valor previo en los siguientes 3 días de la inyección de medio de contraste en la ausencia de otra causa que explique el deterioro en la función renal. ⁽⁸⁵⁾

Para mayor precisión de la presencia de falla renal se calculó la nueva ecuación CKD-EPI (the new Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration equation) para cálculo de la depuración renal de creatinina. ⁽⁸⁶⁾

7.8 VIGILANCIA PERIOPERATORIA.

Se vigiló a los pacientes, antes y posterior al procedimiento quirúrgico, mediante monitorización, electrocardiogramas, análisis de laboratorios y procedimientos de rutina dentro del hospital. La terapéutica estándar de acuerdo a los padecimientos basales no fue discontinuada. En la mayoría de los pacientes, ya tenían y se continuó tratamiento con aspirina (100 mg al día), en conjunto con estatinas y betabloqueadores, esto de acuerdo al tipo de pacientes y/o las patologías de base.

7.9 VIGILANCIA POSTOPERATORIA.

Todos los pacientes fueron sometidos al procedimiento quirúrgico al que fueron programados. Se les dio seguimiento cercano, y posterior a su alta su vigilancia continuó en la consulta externa.

7.10 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS ADVERSOS.

Los eventos adversos cardiovasculares mayores (dentro de los 30 días perioperatorios), se analizaron a través de los registros médicos.

7.10.1 DEFINICIÓN DE INFARTO DEL MIOCARDIO PERIOPERATORIO.

Se definió como una alteración de los biomarcadores junto con cambios electrocardiográficos indicadores de isquemia, onda Q de novo (> 30 ms en 2 derivaciones continuas). Esta definición se tomó en cuenta según las guías de la AHA/ESC para redefinición de infarto del miocardio.

7.10.2 DEFINICIÓN DE MUERTE POR CAUSA CARDIACA.

La muerte por causa cardíaca, fue definida como muerte secundaria a infarto del miocardio, arritmias o insuficiencia cardíaca.

8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Estudio prospectivo, narrativo, descriptivo, no aleatorizado, de una cohorte de pacientes sometidos a cirugía vascular en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, que cumplieron con los criterios de inclusión y a quienes se les realizó procedimiento de coronariografía no invasiva multicorte como parte de la valoración preparatoria para estratificación de riesgo cardiovascular prequirúrgico. La población de estudio se constituyó por 21 pacientes. (n=21) Se analizaron:

- Variables demográficas.
- Antecedentes heredofamiliares (Hipertensión, Diabetes Mellitus, Dislipidemia, Cáncer, Enfermedad Aorto-iliaca).
- Antecedente de tabaquismo, tiempo de evolución e Índice tabáquico.

- Antecedentes personales patológicos (Dislipidemia, Diabetes Mellitus, Hipertensión, Enfermedad cardíaca previa, Evento vascular cerebral, Arritmias, Enfermedad valvular, Enfermedad arterial periférica) y tiempo de evolución.
- Datos antropométricos: (Talla, Peso, IMC, TA, FC, FR, Capacidad Funcional).
- Se analizó el electrocardiograma solicitado para la valoración preoperatoria.
- Tipo de procedimiento quirúrgico planeado.
- Determinación de Creatinina y nitrógeno de urea sérico antes del estudio y 1 - 2 semanas posteriores al estudio.
- Depuración de Creatinina pre y post estudio.
- Se analizaron valores del perfil de lípidos y glucosa sérica y en algunos pacientes diabéticos Hba1c.
- Escalas de riesgo cardiovascular prequirúrgico.
- Por AngioTAC se analizaron:
 - Determinación del score de Calcio (AJ score).
 - Dosis de exposición a radiación.
 - Lesiones en las arterias coronarias por tipo (Significativas > 50% de estenosis, No significativas < 50%).
 - Caracterización de la placa (Calcificadas y Mixtas).
 - Fracción de expulsión, Gasto cardíaco, Volumen telediastólico, Volumen telesistólico, y masa miocárdica por AngioTAC.
- En los pacientes en que se realizó coronariografía:
 - Lesión en las arterias coronarias y tratamiento realizado.
 - Determinar daño pulmonar después de evaluación por espirometría, aunado al análisis de la limitada ventana pulmonar del estudio.
- Evolución postquirúrgica.

Los resultados se expresaron en promedio +/- desviaciones estándar para las variables continuas y en frecuencias relativas (porcentajes) y absolutas (n) para las variables categóricas.

8.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES.

Variable	Definición operacional	Escala de medición	Tipo de variable
Edad	Años cumplidos	Años	Numérica
Género	Fenotipo	Masculino 1 Femenino 2	Categórica
Hederofamiliares	Sin antecedentes Con Antecedentes	Si 1 No 2	Categórica
	Hipertensión	Si 1 No 2	Categórica
	Diabetes	Si 1 No 2	Categórica
	Dislipidemia	Si 1 No 2	Categórica
	Cáncer	Si 1 No 2	Categórica
Tabaquismo	Hábito tabáquico	Si 1 No 2	Categórica
	Índice Tabáquico	# paq/año	Numérica
Diabetes Mellitus 2	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento Hipoglucemiante	Si 1 No 2	Categórica
Hipertensión Arterial	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento antihipertensivo	Si 1 No 2	Categórica
Dislipidemia	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento hipolipemiente	Hipertrigliceridemia 1 Hipercolesterolemia 2 Mixta 3	Categórica
Enfermedad cardiaca previa	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento específico.	Si 1 No 2	Categórica
Evento vascular cerebral	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento específico.	Si 1 No 2	Categórica

Arritmias	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento específico.	Si 1 No 2	Categórica
Enfermedad Valvular	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento específico.	Si 1 No 2	Categórica
Enfermedad vascular periférica	Contar con el diagnóstico o estar recibiendo algún tratamiento específico.	Si 1 No 2	Categórica
Talla	Al momento de la valoración.	Metros (m)	Numérica
Peso	Al momento de la valoración.	Kilogramos (kg)	Numérica
IMC	Al momento de la valoración. Calculado con fórmula Peso/(talla*talla)	Kg/m ²	Numérica
Tensión Arterial	Presión arterial al momento de la valoración.	MmHg	Numérica
FC	Frecuencia cardiaca al momento del estudio.	Latidos por minuto (lpm)	Numérica
FR	Frecuencia respiratoria al momento del estudio.	Respiraciones por minuto (rpm)	Numérica
Capacidad Funcional	Capacidad funcional interrogada según los criterios de la NYHA*.	I 1 II 2 III 3 IV 4	Categórica

Electrocardiograma	Electrocardiograma de 12 derivaciones solicitado al momento de la valoración preoperatoria.	Normal o anormal. Si anormal: (onda Q, alteración ST, BCRDHH, BCRIHH, BAV 1er. grado.)	Categórica
Procedimiento quirúrgico.	Procedimientos quirúrgico realizado.	<ul style="list-style-type: none"> • Puente axilo femoral. • Puente aorta femoral. • Endarterectomía a carótida. • Tratamiento de aneurisma aórtico abdominal y torácico. • Amputaciones quirúrgicas de extremidades. 	Categórica
Creatinina Pre y Post	Determinación de Creatinina sérica antes de la AngioTAC y 1-2 semanas posteriores a la AngioTAC.	mg/dl	Numérica
Nitrógeno de urea Pre y Post	Determinación de BUN sérica antes de la AngioTAC y 1-2 semanas posteriores a la AngioTAC.	mg/dl	Numérica
Depuración de creatinina por la ecuación de CKD-EPI	Calculada con la siguiente fórmula: $GFR = 141 \times \min(Scr/\kappa, 1)^\alpha \times \max(Scr/\kappa, 1)^{-1.209} \times 0.993^{Age} \times 1.018 \text{ [if female]} \times 1.159 \text{ [if black]}$ (Realizada mediante software especializado).	mL/min/1.73m2	Numérica

Colesterol	Determinación de Colesterol sérico reciente.	mg/dl	Numérica
Triglicéridos	Determinación de Triglicéridos séricos recientes.	mg/dl	Numérica
Colesterol HDL	Determinación de colesterol HDL reciente.	mg/dl	Numérica
Colesterol LDL	Determinación de colesterol LDL calculado por la Fórmula de Friedewald: c-LDL= CT – (c-HDL + TG/5)	mg/dl	Numérica
Glucosa sérica	Determinación de glucosa sérica reciente.	mg/dl	Numérica
Escala de riesgo Cardiovascular	ACC/AHA	Riesgo Bajo Riesgo Intermedio Riesgo Alto	Categórica
	Heart	Porcentaje	Numérica
	Framingham	Porcentaje	Numérica
	Lee	Clase I 0 Clase II 1 Clase III 2 Clase IV 3	Categórica
AngioTAC			
Escore de Calcio (AJ score)	Determinación de AJ score por software especializado	UH	Numérica
Exposición a radiación (DLP)	Determinación de exposición a radiación por software especializado.	mGys/cm	Numérica
Dosis de radiación efectiva	Calculada con factor de conversión de dosis efectiva a partir la DLP (región) tórax = 0.019	mSv	Numérica
Lesiones significativas	Determinación Lesiones significativas	>50% estenosis	Categórica
Lesiones no significativas	Lesiones No significativas	<50% estenosis	Categórica

Placas	Caracterización de la placa	Mixta Calcificada	Categórica
Fracción de expulsión (FE)	(FE= GC/VTD x 100)	Porcentaje %	Numérica
Gasto cardiaco (GC)	Gasto cardiaco (GC= VTD-VTS)*FC	Litros/min	Numérica
Volumen telediastólico (VTD)	Determinación del VTD por software especializado.	Mililitros (ml)	Numérica
Volumen telesistólico (VTS)	Determinación del VTS por software especializado.	Mililitros (ml)	Numérica
Masa miocárdica	Determinación por software especializado.	Gramos/m2 (gr/m2)	Numérica
Ventana pulmonar	Determinación Por software especializado.	Fibrosis Bulas Enfisema	Categórica
Coronariografía convencional	Lesiones significativas o No significativas.	>50% estenosis <50% estenosis	Categórica
Espirometría	Realizada a algunos pacientes con sospecha de patología pulmonar.	Patrón normal. 1 Patrón obstructivo. 2 Patrón restrictivo. 3	Categórica
Evolución postquirúrgica	Verificada en los registros médicos	Buena 1 Inadecuada 2	Categórica
Infarto perioperatorio	Biomarcadores junto con cambios electrocardiográficos indicadores de isquemia (Q de novo (> 30 ms en 2 derivaciones continuas)	Si 1 No 2	Categórica
Muerte de causa cardiaca	Muerte secundaria a infarto del miocardio, arritmias o insuficiencia cardiaca.	Si 1 No 2	Categórica

8.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.

Hoja de Captura "Angio TAC en la valoración preoperatoria de px de alto riesgo para cirugía vascular".

Ficha Identificación:
 Registro: _____ Nombre: _____ Edad: _____ años Genero: _____ Motivo: _____
 FECHA: _____ Residencia: _____

Procedimiento quirúrgico: _____ Fecha Neg: _____

Antecedentes:

Heredofamiliares: Si No ¿Cuál? _____

Diabetes mellitus Si No Tiempo Evolución: _____ HbA1c: _____

Hipertensión Si No Tiempo de Evolución: _____ Hipertrofia Retinopatía Nefropatía

Tabaquismo Si No Tiempo Evol: _____ Cigarrillos día: _____

Dislipidemia Si No Tiempo Evol: _____

Enf. Cardíaca previa: Si No ¿Cuál? _____ Tiempo Evol: _____

IM reciente Si No ¿Cuándo? _____ Territorio: _____
 Tratamiento _____

EVC Si No Tiempo Evolución: _____

IC Si No Tiempo Evolución: _____

Arritmias: Si No Ventriculares SV Tiempo Evolución: _____

Enf. Valvular Si No ¿Cuál? _____ Tiempo Evolución: _____

Angina al momento de la valoración: Si No Síntomas: _____
 Tiempo Evolución: _____

Enfermedad Arterial Periférica Si No Lugar: _____
 Tiempo Evolución: _____

Exploración: Talla: _____ Peso: _____ IMC: _____ TA sistólica: _____ TA diastólica: _____ TA: _____ FC: _____
 FR: _____ Capacidad Funcional: I II III IV

Electrocardiograma: FC: _____ Ritmo: _____ Alteraciones: Onda q Alt. ST HVI BDRDHH BRIHH

Laboratorios:

Fecha	Creat pre	Creat post	BUN pre	BUN Post	Glu	PNB	Trop I	HDL	LDL	Col	Tg	PCR	HbA1c	Dep Creat

Angio Tac 64 cortes: Fecha del estudio: _____

Administración del medio de Contraste: Bifásico Trifásico

Tipo de contraste: Iopamiron 370 ml Volumen contraste: _____ ml

DLP: _____ Contractilidad VD: _____

Lesiones: Significativas No significativas Sin lesiones

AJ score: _____ Masa: _____ Volumen: _____ FEVI: _____

GC: _____ VTD: _____ VTS: _____ Contractilidad VI: _____

Neumopatía Si No Ventana pulmonar: _____

No se hizo estudio x FC elevada o arritmia. No se hizo estudio por Score de Calcio elevado

Heart score: _____ Framingham Score: _____

8.3 ASPECTOS ÉTICOS.

Al tratarse de un estudio prospectivo, narrativo, descriptivo, no aleatorizado, que influye en la toma de decisiones médicas y para no violar ninguna de las normas de la declaración de Helsinki (1964) y Somerset Weat, República de Sudáfrica (1996), ni de la Asamblea Médica Mundial en Materia de la Investigación Médica en Humanos, ni lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (artículo cuarto publicado en el Diario Oficial de la Federación en 1990), se requirió del consentimiento informado por escrito por el paciente en cuestión.

8.4 RESULTADOS.

Durante el período comprendido de Abril del 2010 a Junio del 2011, se evaluaron a 27 pacientes desde el punto de vista cardiovascular preoperatorio, procedentes de la consulta de Cirugía Vasculat del INCMNSZ.

En 6 pacientes (22%) no se pudo realizar el estudio por tener criterios de exclusión.

Hipersensibilidad conocida - 1 paciente.

Fibrilación auricular - 2 pacientes.

Deterioro en la función renal basal - 3 pacientes.

Sólo 21 pacientes cumplieron los criterios de inclusión. (n=21).

CARACTERÍSTICAS BASALES.

La edad promedio fue 62.19 ± 14 años. La edad mínima fue de 22 años y la edad máxima de 83 años. 11 fueron hombres (52.38%) y 10 mujeres (47.61%). 7 pacientes eran diabéticos (33%) con un tiempo de evolución 9 ± 8 años, de los cuales 5 tenían una determinación reciente de HbA1c con un valor promedio de $7.6 \pm 8\%$.

14 pacientes fumaban (66.6%) con un índice tabáquico promedio de 14.5paq/año, y un tiempo de evolución promedio de 28 ± 17 años. De los cuales 10 hombres y 4 mujeres fumaban, (71.42 y 28.57%) respectivamente. 13 pacientes padecían Hipertensión Arterial Sistémica (61.9%) con un tiempo de evolución de 10 ± 10 años promedio. De ellos 3 (9.5%) presentaron Hipertrofia Ventricular Izquierda por Ecocardiografía. y 1 (4.7%) contaba con antecedente de retinopatía hipertensiva. 19 pacientes (90%) presentaron

por lo menos una forma de Dislipidemia. 6 pacientes (28%), cursaron con alteración del Colesterol Total y 13 padecieron Hipertrigliceridemia (61%). 16 pacientes tuvieron LDL alto (76%), 13 pacientes HDL bajo (61%), y 16 pacientes No HDL alto (76%).

El peso promedio fue de 67.2 ± 10.3 kg, la talla promedio de 1.61 ± 0.07 mts, y el IMC 25.9 ± 3.5 kg/m². Este ultimo parámetro fue mayor entre las mujeres con un promedio de 27.9 vs 24.02 que correspondió al sexo masculino.

El HeartSCORE promedio fue de $6 \pm 0.06\%$.

El Framingham score promedio fue de $15 \pm 0.11\%$.

El Índice de Lee resultó en 5 pacientes clase I (23.8%), 5 pacientes en clase II (23.8%), 8 pacientes Clase III (38%) y 3 pacientes clase IV (14.2%).

Clase funcional según la NYHA: 13 pacientes se encontraron en clase funcional I (61.9%), 6 pacientes en clase funcional II (28.5%), 2 pacientes en clase funcional III (9.5%), ningún paciente en el momento del estudio se encontró en clase funcional IV.

13 pacientes presentaron un EKG anormal (61.9%). Las anomalías que se encontraron: q patológica en 2 pacientes, alteraciones del ST en 9 pacientes, probable hipertrofia del VI en 7 pacientes, 2 pacientes bloqueo completo de rama derecha, y 1 paciente bloqueo de rama izquierda. Ver Anexo Tabla 1 y 2.

RESULTADOS QUIRÚRGICOS.

De los 21 pacientes, sólo en uno el riesgo cardiovascular fue tan alto que contraindicaba la cirugía, sin embargo, debido a que este paciente cursó con un aneurisma abdominal roto, fue intervenido de urgencia y falleció durante la intervención. Al resto de los pacientes se les practicaron los siguientes procedimientos: 7 endarterectomías, 3 injertos aortoiliacos, 2 puentes aorto bifemorales con amputación de orfejos, 2 amputaciones infracondílea, 1 endarterectomía femoral con implante de stent bilateral, 1 coartación aórtica, 1 ablación con laser de safena, 1 glomus carotídeo, y 1 endarterectomía femoral sola. Ver Anexo Tabla 3.

RESULTADOS DE LA ANGIOTAC.

La Fracción de expulsión promedio fue de $64\pm 8.6\%$, el volumen telediastólico fue de 103 ± 25.7 ml, el volumen telesistólico 39.9 ± 14 ml, el volumen latido promedio fue de 61 ± 8 , el gasto cardiaco promedio fue de 3.87 ± 1.6 l/min, la masa ventricular media fue de 89.7 ± 29 gr/m². Ver anexo Tabla 4. Resultados Cálculos AngioTAC.

De los 3 pacientes con Score de Calcio de más de 1,000 a 2 se les sometió a otro estudio de estrés cardiaco (IRM Dobutamina). Los dos estudios fueron positivos a isquemia en 3 segmentos de Cerquera y fueron llevados a coronariografía. Uno de ellos no tuvo lesiones coronarias significativas (flujo lento) y el otro presentó enfermedad coronaria trivascular con colaterales grado III. En ambos pacientes se llevó a cabo el procedimiento vascular planeado. Al paciente con colaterales se le indicó Betabloqueador. Al tercer paciente se le detuvo el algoritmo por muy alto riesgo global.

RESULTADOS TÉCNICOS DE LA ANGIOTAC.

La cantidad promedio de medio de contraste utilizado fue de 70 ± 6 ml, la dosis de radiación promedio (DLP) fue de 1384 ± 729 mGys/cm, la dosis de radiación efectiva promedio calculada a partir de la DLP fue de 26 ± 13 mSv. El score de calcio (AJ score) fue reportado de 0 UH en 8 pacientes (38%), 8 pacientes estuvieron en el rango de 1-500 UH(38%), y 3 pacientes presentaron un score > 1000 UH (14.5%).

La frecuencia cardiaca promedio durante la angioTAC fue de 61 ± 8 lpm.

En 8 pacientes se pudo esclarecer datos de neumopatía en la pequeña ventana pulmonar que aporta la angioTAC (38%), de ellos 3 presentaron datos relacionados a enfisema pulmonar, 2 a fibrosis pulmonar, 1 a engrosamiento peribronquial, 1 a bulas y 1 a calcificación vascular. Ver Anexo Tabla 5. Resultados técnicos AngioTAC.

RESULTADOS DE LESIONES CORONARIAS.

10 pacientes presentaron lesiones significativas y no significativas (47%), 5 pacientes presentaron lesiones distales no revascularizables (23%), 3 pacientes presentaron sólo lesiones no significativas (14%), 8 pacientes fueron reportados sin lesiones (39%). 4 pacientes presentaron afección de un solo vaso (40%), 5 pacientes presentaron afección de 2 vasos (50%), 1 presentó enfermedad trivascular (10%).

De acuerdo al sitio de afección 19 fueron lesiones significativas, de las cuales 4 se localizaron en la DA (21%), 1 en un ramo diagonal (4.7%), 5 en la circunfleja (23.8%), 9 en la CD (42.8%), en ningún paciente se encontró obstrucción del tronco coronario izquierdo. Ver Anexo Tabla 6. Resultados Lesiones coronarias (Figuras 1,2,3).

RESULTADOS DE LA CORONARIOGRAFIA "TRADICIONAL".

Se realizaron 4 coronariografías convencionales. De las cuales 1 se reportó sin lesiones significativas, 2 fueron con angioplastia con implante de stents BMS (zotarolimus), 1 se reportó con presencia de colaterales suficientes y 1 no se recomendó seguir por comorbilidades. Ver Anexo Tabla 6. Resultados Lesiones coronarias.

RESULTADOS DE OBJETIVO PRIMARIO.

Una paciente de 43 años presentó muerte coronaria, debido a evento de taquicardia ventricular en la primera semana del postquirúrgico. Esta paciente se sometió a endarterectomía carotídea. Como otros antecedentes presentaba Hipertensión Arterial Sistémica de reciente diagnóstico (1 año), Hipertrofia del Ventrículo Izquierdo demostrada en la AngioTAC como daño a órgano blanco, sobrepeso (IMC 26.3), clase funcional I NYHA, ECG basal normal. Además cursó con deterioro del 12% en la función renal relacionado al medio de contraste y a la cirugía. No tuvo sangrado o transfusiones relacionadas. La AngioTAC se reportó sin lesiones, con un Score de Calcio de 0. Su FEVI fue del 63%, el HeartSCORE 1%, el Framingham score 2%, y el Índice de Lee Clase I.

El único paciente rechazado a cirugía presentó ruptura/disección del aneurisma aórtico abdominal y murió en quirófano después de intentar reparar el aneurisma como procedimiento de URGENCIA y a petición insistente de la familia.

RESULTADOS DE OBJETIVO SECUNDARIO.

Aplicando criterios convencionales de deterioro de la función renal, ningún paciente de los expuestos al medio de contraste tuvo disminución en su función. Aplicando la ecuación CKD-EPI, se detectó deterioro de la función renal en el 52% de los pacientes (n=11) que se sometieron a la AngioTAC. Casi la mitad de los pacientes (n=5, el 45%) tuvieron reducción mayor al 15% de su TFG basal. Ningún paciente requirió de tratamiento sustitutivo renal de forma temporal o permanente.

RESULTADOS DE SEGURIDAD RENAL.

Siguiendo criterios convencionales de lesión renal por incremento de creatinina >50% de la basal o con incremento de 0.5 mg/dl en relación a la basal, ningún paciente tuvo deterioro de la función renal.

RESULTADOS DE SEGURIDAD RENAL CON ECUACIÓN CKD-EPI.

11 pacientes presentaron disminución de la función renal (52%).

10 pacientes resultaron sin alteración de la función renal (48%). Ver Anexo Tablas 7,8,9.

9. DISCUSIÓN.

La AngioTAC coronaria es un método aplicable a la mayoría de los pacientes sometidos a cirugía vascular. En el presente trabajo no se realizó este método en el 22% de los pacientes por problemas técnicos inherentes al procedimiento principalmente.

Un porcentaje alto de pacientes (seleccionados incluso) podría presentar disminución de la función renal basal. En nuestro trabajo casi la cuarta parte de los pacientes presentó disminución mayor al 15% de la función renal.

La AngioTAC coronaria es un método rápido, con resultado inmediato, y ayuda a la toma de decisiones clínicas.

Solamente en un caso, la paciente presentó muerte cardíaca, aunque su perfil clínico y el estudio de AngioTAC le daban riesgo cardiovascular bajo. No tuvo complicación quirúrgica aparente aunque no se sometió a autopsia. Se documentó Taquicardia ventricular al llegar a urgencias.

En 3 pacientes no fue posible la interpretación exacta por Score de Calcio mayor a 1,000; esto constituye el 14.5% de la muestra que se analizó y requirió la realización en dos pacientes de otro estudio de estrés. Cabe señalar que a éstos pacientes no se les administró el medio de contraste y la dosis de radiación administrada fue baja.

En cuanto a la dosis de radiación en nuestro trabajo pudimos apreciar que la dosis de radiación efectiva aplicada fue elevada para la mayoría de los pacientes (en promedio de 26.9 mSV), cuando la literatura marca que la dosis recomendada para este estudio oscila en un rango de 15 a 20 mSV.

10. CONCLUSIONES.

La AngioTAC coronaria es un nuevo método que puede considerarse en la evaluación preoperatoria de los pacientes sometidos a Cirugía Vasculat.

Debe realizarse una evaluación detenida del paciente al momento de la indicación y deberá evitarse en pacientes con daño renal identificado, ya que un porcentaje elevado de los mismos presenta ya un deterioro en la función renal aun con filtración glomerular basal en dentro de los rangos de normalidad.

La muestra es pequeña y por el momento no permite otro tipo de análisis estadístico (el trabajo tendrá seguimiento en los siguientes años).

11. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Una de las principales limitaciones del presente estudio es el tamaño de la muestra con un total de 21 pacientes.

Otra limitante importante fue la falta de realización de reconstrucción multifásico de la angioTAC, lo que evitó valorar la función contráctil del ventrículo izquierdo, en varios pacientes, afectando así la calidad informativa del estudio.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Hill MN. New targeted AHA program: cardiovascular care and outcomes. *Circulation*. 1998;97:1221-1222.
2. Min J, Shaw L, Berman D. The present state of coronary computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:957-965.
3. Roberts WT, Bax JJ, Davies LC. Cardiac CT and CT coronary angiography: technology and application. *Heart*. 2008;94:781-792.
4. Meijboom WB, Meijjs MF, Schuijf JD, Cramer MJ, Mollet NR, Van Mieghem CA, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52:2135–2144.
5. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52:1724–1732.
6. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med*. 2008;359:2324–2336.
7. Meijboom WB, Van Mieghem CA, Mollet NR, Pugliese F, Weustink AC, Van Pelt N, 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;50:1469–1475.
8. Hadamitzky M, Freissmuth B, Meyer T, Hein F, Kastrati A, Martinoff S, et al. Prognostic value of coronary computed tomographic angiography for prediction of cardiac events in patients with suspected coronary artery disease. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:404–411.
9. Gilard M, Cornily JC, Pennec PY, Joret C, Le Gal G, Mansourati J, et al. Accuracy of multislice computed tomography in the preoperative assessment of coronary artery disease in patients with aortic valve stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:2020–2024.
10. Bettencourt N, Rocha J, Carvalho M, Leite D, Toschke AM, Melica B, et al. Multislice computed tomography in the exclusion of coronary artery disease in patients with presurgical valve disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2:306–313.

11. Sones Jr FM. Cine-coronary arteriography. *Ohio Med* 1962;58:1018–9.
12. Ricketts HJ, Abrams HL. Percutaneous selective coronary cine arteriography. *JAMA* 1962;181:620–624.
13. Judkins MP. Selective coronary arteriography. A percutaneous transfemoral technic. *Radiology* 1967;89:815–824.
14. Noto Jr TJ, Johnson LW, Krone R, et al. Cardiac catheterization 1990: a report of the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions (SCA&I). *Cathet Cardiovasc Diagn* 1991;24:75–83.
15. Proudfit WL, Shirey EK, Sones PM Jr. Selective cine coronary arteriography. Correlation with clinical findings in 1,000 patients. *Circulation*. 1966; 33:901-910.
16. Garcia MJ. Noninvasive Coronary Angiography. Hype or New Paradigm? *JAMA*. 2005;293:2531-2533.
17. Becker CR. Coronary CT angiography in symptomatic patients. *Eur Radiol*. 2005; 15(Suppl2):B33-B41.
18. American Heart Association. Statistical fact sheep: miscellaneous. <http://www.americanheart.org/downloadable/heart/1103834461175FS19CVP5.pdf> (accessed 8 Sept 2004).
19. AHA Statistical Updates. Heart disease and stroke statistics: 2006 update. A report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. <http://circ.ahajournals.org/cgi/reprint/CIRCULATIONAHA.105.171600v1> (accessed 11 Apr 2006).
20. Kalender WA. CT: the unexpected evolution of an imaging modality. *Eur Radiol*. 2005; 15(Suppl 4):D21-D24.
21. Kopp AF, Heuschmid M, Reimann A, Kuettner A, Beck T, Burgstahler C et al. Advances in imaging protocols for cardiac MDCT: from 16-to 64-row multidetector computed tomography. *Eur Radiol*. 2005; 15(Suppl 5):E71-E77.
22. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Suss C et al. First performance evaluation of a dual source-CT (DSCT) system. *Eur Radiol*. 2006;16:256-268.
23. Schoenhagen P, Halliburton SS, Stillman AE, Kuzmiak SA, Nissen S, Murat E et al. Noninvasive imaging of coronary arteries: Current and future role of multi-detector row CT. *Radiology*. 2004; 232:7-17.

24. Gerber TM, Breen JF, Kuzo RS, Kantor B, Williamson EE, Safford RE et al. Computed Tomographic Angiography of the coronary arteries: Techniques and applications. *Semin Ultrasound CT MRI* 2006;37:42-55.
25. Budoff MJ, Gul K. Computed tomographic cardiovascular imaging. *Semin Ultrasound CT MRI* 2006; 27:32-41.
26. Lawler LP, Pannu HK, Fishman EK. MDCT evaluation of the coronary arteries, 2004: How we do it - Data acquisition, postprocessing, display, and interpretation. *AJR* 2005; 184: 1401-1412.
27. Rodenwaldt J. Multislice computed tomography of the coronary arteries. *Eur Radiol.* 2003;13:748-757.
28. Pannu HK, Alvarez W, Fishman EK. B-blockers for cardiac CT: A primer for the radiologist. *AJR* 2006; 186:S341-S345.
29. Nakanishi T, Kayashima Y, Inoue R, Sumii K, Gomyo Y. Pitfalls in 16-detector row CT of the coronary arteries. *Radiographics.* 2005; 25:425-438.
30. Choi HS, Choi BW, Choi KO, Choi D, Yoo KJ, Kim MI et al. Pitfalls, artifacts and remedies in multi-detector row CT coronary angiography. *Radiographics.* 2004; 24:787-800.
31. Achenbach S, Giesler T, Ropers D, et al. Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2001;103:2535–2538.
32. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, et al. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2002;106:2051–2054.
33. Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A, et al. Non-invasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography. Results in 102 patients. *Eur Heart J* 2002;23:1714–1725.
34. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005;15:1482–1487.
35. Leber AW, Knez A, von Ziegler F, et al. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:147–154.

36. Achenbach S, Ropers D, Pohle FK, et al. Detection of coronary artery stenoses using multi-detector CT with 16 x 0.75 collimation and 375 ms rotation. *Eur Heart J* 2005;26:1978–1986.
37. Kuettner A, Beck T, Drosch T, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary imaging using 16-detector slice spiral computed tomography with 188 ms temporal resolution. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:123–127.
38. Mollet NR, Cademartiri F, Krestin GP, et al. Improved diagnostic accuracy with 16-row multi-slice computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:128–132.
39. Heuschmid M, Kuettner A, Schroeder S, et al. ECG-gated 16-MDCT of the coronary arteries: assessment of image quality and accuracy in detecting stenoses. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184:1413–1419.
40. Dirksen MS, Jukema JW, Bax JJ, et al. Cardiac multidetector-row computed tomography in patients with unstable angina. *Am J Cardiol* 2005;95:457–461.
41. Hoffmann U, Moselewski F, Cury RC, et al. Predictive value of 16-slice multidetector spiral computed tomography to detect significant obstructive coronary artery disease in patients at high risk for coronary artery disease: patient-versus segment-based analysis. *Circulation* 2004;110:2638–2643.
42. Bartels C, Bechtel JF, Hossmann V, et al. Cardiac risk stratification for high-risk vascular surgery. *Circulation* 1997;95:2473–2475.
43. Paul SD, Eagle KA, Kuntz KM, et al. Concordance of preoperative clinical risk with angiographic severity of coronary artery disease in patients undergoing vascular surgery. *Circulation* 1996;94:1561–1566.

44. Eagle KA, Berger PB, Calkins H, et al. American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1996 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery). ACC/AHA guideline update for perioperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery. Executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1996 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery). *Circulation* 2002;105:1257–1267.

45. Mangano DT, Goldman L. Preoperative assessment of patients with known or suspected coronary disease. *N Engl J Med* 1995;333:1750–1756.
46. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2000 Report. Sources and effects of ionizing radiation. Volume I: Sources, Annex D: Medical radiation exposures. <http://www.unscear.org/docs/reports/annexd.pdf> (accessed 13 Oct 2005).
47. Hamoir XL, Flohr T, Hamoir V, Labaki L, Tricquet J, Duhamel A et al. Coronary arteries: assessment of image quality and optimal reconstruction window in retrospective ECG-gated multislice CT at 375-ms gantry rotation time. *Eur Radiol*. 2005; 15:296-304.
48. Giesler T, Baum U, Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, Mennicke M et al. Noninvasive visualization of coronary arteries using contrastenhanced multidetector CT: Influence of the heart rate on image quality and stenosis detection. *AJR* 2002;179:911-916.
49. Kopp AF, Schoroeder S, Kuettner A, Heuschmid M, Gerog C, Ohnesorge B et al. Coronary arteries: retrospectively ECG-gated multi-detector row CT angiography with selective optimization of the image reconstruction window. *Radiology* 2001; 221:683-688.
50. Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, Carabello B, Dehmer GJ, Eagle KA et al. ACC/AHA guidelines for coronary angiography: executive summary and recommendations-a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Comittee on Coronary Angiography) Developed in collaboration with the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *Circulation* 1999; 99:2345-2357.
51. Morin RL, Gerber TC, McCollough CH. Radiation dose in computed tomography of the heart. *Circulation* 2003; 107:917-922.
52. Haberl R, Tittus J, Böhme E, Czernik A, Richartz BM, Back J et al. Multislice spiral computed tomographic angiography of coronary arteries in patients with suspected coronary artery disease: An effective filter before catheter angiography? *Am Heart J* 2005; 149:1112-1119.
53. Hunold P, Schmermund A, Seibel RM, Gronemeyer DH, Erbel R. Prevalence and clinical significance of accidental findings in electron-beam tomographic scans for coronary artery calcification. *Eur Heart J* 2001; 22:1748-1758.

54. McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM. CT dose reduction and dose management tools: Overview of available options. *Radiographics* 2006; 26:503-512.
55. Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, Flohr T, Suess C, Schoepf UJ et al. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: Reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation. *Eur Radiol* 2002; 12:1081-1086.
56. Kuettner A, Trabold T, Schroeder S, Feyer A, Beck T, Brueckner A et al. Noninvasive detection of coronary lesions using 16-detector multislice spiral computed tomography technology: Initial clinical results. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44:1230-1237.
57. Betsou S, Efstathopoulos EP, Katritsis D, Faulkner K, Panayiotakis G. Patient radiation doses during cardiac catheterization procedures. *Br J Radiol* 1998; 71:634-639.
58. Wintersperger BJ, Nikolau K. Basics of cardiac MDCT; techniques and contrast application. *Eur Radiol* 2005; 15(Suppl2):B2-B9
59. Zhang SZ, Hu, XH, Zhang QW, Huang WX: Evaluation of computed tomography coronary angiography in patients with a high heart rate using 16-slice spiral computed tomography with 0.37-s gantry rotation time. *Eur Radiol* 2005; 15:1105-1109.
60. Pannu HK, Alvarez W, Fishman EK. B-blockers for cardiac CT: A primer for the radiologist. *AJR* 2006; 186:S341-S345.
61. Shine Shim S, Kim Y, Mee Lim S. Improvement of image quality with B-blocker premedication on ECG-gated 16-MDCT coronary angiography. *AJR* 2005; 184: 649-654.
62. Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, Yucel EK. CT of coronary artery disease. *Radiology* 2004; 232:18-37.
63. Schoepf UJ, Becker CR, Hoffman LK, Kent Yucel E. Multidetector-row CT of the Heart. *Radiol Clin N Am* 2004; 42:635-649.
64. Achenbach S. Computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48:1919-1928.
65. Becker CR, Hong C, Knez A, Leber A, Bruening R, Schoepf UJ et al. Optimal contrast application for cardiac 4-detector-row computed tomography. *Invest Radiol* 2003; 38: 690-694.

66. Budoff MJ, Cohen MC, Garcia MJ, Hodgson JM, Hundley WG, Lima JA et al. American College of Cardiology Foundation, American Heart Association, American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Society of Atherosclerosis Imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46:383-402.
67. Gaspar T, Halon D, Rubinshtein R, Peled N. Clinical applications and future trends in cardiac CTA. *Eur Radiol* 2005;15(Suppl 4): D10-D14.
68. Woodard PK, Bhalla S, Javidan-Nejad C, Gutierrez FR. Non-coronary cardiac CT imaging. *Semin Ultrasound CT MRI* 2006;27:56-75.
69. Mochizuki T, Hosoi S, Higashino H, Koyama Y, Mima T, Murase K. Assessment of coronary arteries and cardiac function using multidetector CT. *Semin Ultrasound CT MRI* 2004; 25:99-112.
70. Heuschmid M, Rothfuss JK, Schroeder S, Fenchel M, Stauder N, Burgstahler C et al. Assessment of left ventricular myocardial function using 16-slice multidetector-row computed tomography: Comparison with magnetic resonance imaging and echocardiography. *Eur Radiol* 2006; 16:551-559.
71. Koch K, Oellig F, Oberholzer K, Bender P, Kunz P, Mildenerger P. Assessment of right ventricular function by 16-detector-row CT: comparison with magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2005; 15:312-318.
72. Juergens KU, Fischbach R. Left ventricular function studied with MDCT. *Eur Radiol* 2006; 16:342-357.
73. Alkadhi H, Wildermuth S, Bettex DA, Plass A, Baumert B, Leschka S et al. Mitral regurgitation: Quantification with 16-detector row CT Initial experience. *Radiology* 2006; 238: 454-463.
74. Leber A, Knez A, Becker A, Becker C, Reiser M, Steinbeck G et al. Visualising noncalcified coronary plaques by CT. *Int J Cardiovasc Imag* 2005; 21:55-61.
75. Achenbach S, Ropers D, Hoffmann U, MacNeill B, Baum U, Pohle K et al. Assessment of coronary remodeling in stenotic and nonstenotic coronary atherosclerotic lesions by multidetector spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43:842-847.
76. Hoffman U, Pena AJ, Cury RC, Abbara S, Ferencik M, Moselewski F et al. Cardiac CT in emergency department patients with acute chest pain. *Radiographics* 2006; 26:963-978.

77. Schuijf, JD, Bax, JJ, Shaw, LJ, de Roos, A, Lamb, HJ, van der Wall, EE & Wijns, W. Meta-analysis of comparative diagnostic Performance Of magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography For non-invasive coronary angiography. *Am Heart J.* (in press).
78. Stein, PD, Beemath, A & Kayali, F, et al. Multidetector computed tomography for the diagnosis of coronary artery disease: A systematic review. *Am J Med.* 2006;119:203–216.
79. Gibbons, RJ, Chatterjee, K, Daley, J, Douglas, JS, Fihn, SD & Gardin, JM, et al. ACC/AHA/ACP-ASIM guidelines for the management of patients with chronic stable angina: executive summary and recommendations. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Patients with Chronic Stable Angina). *Circulation.* 1999;99(21):2829–2848.
80. Gilard M, Cornily JC, Pennec PY, et al. Accuracy of multislice computed tomography in the preoperative assessment of coronary disease in patients with aortic valve stenosis. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:2020–2024.
81. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Broadley AJ, et al. 16-detector row computed tomographic coronary angiography in patients undergoing evaluation for aortic valve replacement: comparison with catheter angiography. *Clin Radiol.* 2006;61:749 –757.
82. Meijboom WB, Mollet NR, van Mieghem CA, et al. Preoperative computed tomography coronary angiography to detect significant coronary artery disease in patients referred for cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48:1658–1665.
83. Reant P, Brunot S, Lafitte S, et al. Predictive value of noninvasive coronary angiography with multidetector computed tomography to detect significant coronary stenosis before valve surgery. *Am J Cardiol.* 2006;97:1506 –1510.
84. Scheffel H, Leschka S, Plass A, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography for the preoperative detection of coronary artery disease in patients with chronic aortic regurgitation. *Am J Cardiol.* 2007; 100:701– 706.
85. Morcos SK, Thomsen HS. European Society of Urogenital Radiology guidelines of administering contrast media. *Abdom Imaging* 2003; 28: 187-190.
86. Levey et al; *Ann Intern Med* 2009;150 (9): 604-612.

13. ANEXOS.

Tabla 1. Datos Demográficos.

DATOS DEMOGRÁFICOS.		
		Tiempo de evolución (años)
Edad (años)	62 (+/-14)	
Mujeres (n / %)	10 (47.6)	
Diabetes Mellitus (n / %)	7 (33)	9 (+/-8)
HbA1C (%)	7.6 (+/-0.8)	
Tabaquismo (n / %)	14 (66.6)	28 (+/-17)
Indice tabáquico (cajetillas años)	14.5	
Hipertensión Arterial Sistémica (n / %)	13 (61.9)	10 (+/-10)
HVI (n / %)	3 (9.5)	
Retinopatía hipertensiva (n / %)	1 (4.7)	
Dislipidemia (n / %)	19 (90)	no reportado en el expediente
Colesterol Total (n / %)	6 (28)	
Hipertrigliceridemia (n / %)	13 (61)	
LDL alto (n / %)	16 (76)	
HDL bajo (n / %)	13 (61)	
No HDL alto (%)	16 (76)	

Tabla 2. Datos Demográficos.

DATOS DEMOGRÁFICOS.	
Indice de masa corporal (kg/m²)	25.9 (+/-3.5)
HeartSCORE (%)	6 (+/-0.06)
Framingham score (%)	15 (+/-0.11)
Indice de Lee (%)	23.8
Clase I	23.8
Clase II	38
Clase III	14.2
Clase IV	
Capacidad funcional NYHA	13 (61.9%)
I	6 (28.5%)
II	2 (9.5%)
III	0
IV	
ECG anormal	13 (61%)
q patológica	2
anormalidades del ST	9
Probable HVI	7
BRDHH	2
BRIHH	1

Tabla 3. Resultados quirúrgicos.

RESULTADOS QUIRURGICOS	
Cirugía aprobada	20
Endarterectomía	7
Injerto aortoiliaco	3
Puente aorto bifemoral + amputación ortijos	2
Amputación infracondílea	2
Endarterectomía femoral + angioplastia/stent	1
bilateral	1
Coartación aórtica	1
Ablación con láser de safena	1
Glomus carotídeo	1
Aneurisma de aorta abdominal	1
Endarterectomía femoral sola	1
Cirugía no recomendada	1

Tabla 4. Resultados Cálculos AngioTAC.

RESULTADOS CALCULOS ANGIOTAC.	
FEVI (%)	64 (+/-8.6)
VTD (ml)	103 (+/-25.7)
VTS (ml)	39.9 (+/-14)
VL (ml)	61 (+/-8)
GC (l/min)	3.87 (+/-1.6)
Masa VI (g/m ²)	89.7 (+/-29)

Tabla 5. Resultados técnicos AngioTAC.

RESULTADOS TECNICOS ANGIOTAC.	
Medio de contraste utilizado (ml)	70 (+/- 6)
Dosis de radiación (mgy.cm)	1384 (+/-729)
Score de Calcio-AJ Score (n / %)	8 (38)
0	8 (38)
1-500	2 (9.5)
501-1000	3 (14.5)
>1000	
Frecuencia cardiaca (lpm)	61 (+/-8)
Neumopatía en ventana de pulmón (n / %)	8 (38%)
Datos relacionados a enfisema pulmonar	3
Fibrosis	2
Engrosamiento peribronquial	1
Bulas	1
Calcificación vascular	1

Tabla 6. Resultados Lesiones coronarias.

RESULTADOS LESIONES CORONARIAS	
AngioTAC / Lesiones coronarias	10 (47%)
Significativas + NO significativas (n / %)	5 (23%)
Lesiones distales No Revascularizables	3 (14%)
Solamente NO significativas (n / %)	8 (39%)
SIN lesiones	
Afección de un vaso (n/%)	4 (40)
Afección de dos vasos (n/%)	5 (50)
Enfermedad trivascular (n/%)	1 (10)
Número de lesiones significativas	19
TCI	0
DA (n/%)	4 (21)
Rama Diagonal (n/%)	1 (4.7)
Cx (n/%)	5 (23.8)
CD (n/%)	9 (42.8)
Coronariografía "tradicional"	4
Sin lesiones significativas	1
Angioplastía con colocación de BMS / zotarolimus	2
Presencia de colaterales suficientes	1
No se recomendó seguir por comorbilidades	1

Tabla 7. Resultados Seguridad Renal.

Creat pre	Creat post	Delta Cr
1.06	1.18	0.12+ (11%)
1.09	0.97	0
0.9	0.69	0
0.73	0.71	0
0.88	0.79	0
0.87	1.2	0.33+ (37%)
0.95	1.15	0.2+ (21%)
0.6	0.8	0.2+ (33%)
0.92	0.81	0
0.86	0.97	.11+ (12%)
0.35	0.52	.17+ (48%)
0.7	0.81	.11+ (15%)
0.63	0.63	0
0.84	0.94	.10+ (11%)
0.77	0.77	0
0.89	1.2	.31+ (34%)
0.9	0.86	0
0.82	0.96	.14+ (17%)
1.1	1.18	.08+ (7%)
0.67	0.61	0
0.79	0.8	.01+ (1%)

Tabla 8. Resultados Seguridad Renal Ecuación CKD-EPI.

CKD EPI PRE	CKD EPI post	DELTA CKD EPI	% cambio
68.8	60.4	8.4	12.21
77.6	89.4	-11.8	-15.21
78.7	87.8	-9.1	-11.56
98	99.2	-1.2	-1.22
88.3	92.3	-4	-4.53
84.4	58.8	25.6	30.33
91	72.2	18.8	20.66
109.3	97.1	12.2	11.16
79.9	85.7	-5.8	-7.26
82.5	73.9	8.6	10.42
133.7	117.4	16.3	12.19
100.6	84.4	16.2	16.10
97.1	97.1	0	0.00
69.7	60.8	8.9	12.77
81.9	81.9	0	0.00
75.8	52.8	23	30.34
72.7	76.8	-4.1	-5.64
67.3	55.6	11.7	17.38
94.8	87.1	7.7	8.12
90.6	93.4	-2.8	-3.09
84.5	83.3	1.2	1.42

Tabla 9. Resultados Seguridad Renal Pacientes con reducción en función renal.

SEGURIDAD RENAL PACIENTES CON REDUCCIÓN EN FUNCIÓN RENAL			
CKD EPI pre*	CKD EPI post*	Delta CKD EPI*	% Disminución
68.8	60.4	8.4	12.2
84.4	58.8	25.6	30.3
91	72.2	18.8	20.6
109.3	97.1	12.2	11.1
82.5	73.9	8.6	10.4
133.7	117.4	16.3	12.1
100.6	84.4	16.2	16.1
69.7	60.8	8.9	12.7
75.8	52.8	23	30.3
67.3	55.6	11.7	17.3
94.8	87.1	7.7	8.1

Figura1. Lesión significativa.

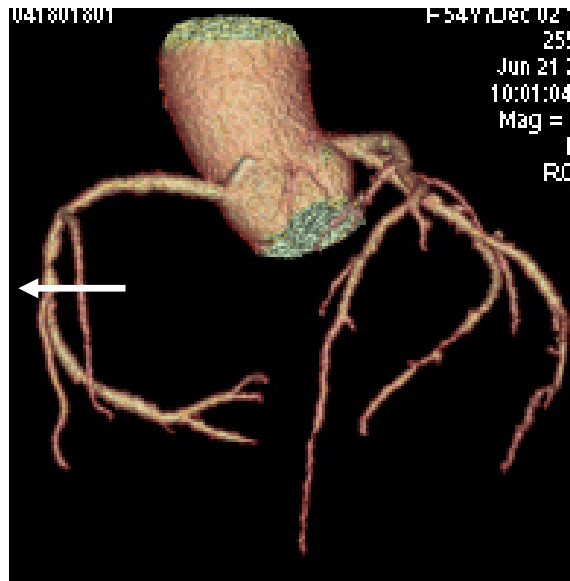


Figura2. Lesión no significativa.



Figura3. Reconstrucción 3D sin lesiones.

