



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÈDICAS Y TECNOLÒGICAS
TSU IMAGENOLÒGIA
TRABAJO MONOGRÀFICO



**USO DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA EN LA DETECCIÓN DE PLACAS ATEROMATOSAS**

AUTORES:

AGUILAR JOSÉ

GONZÁLEZ CARLOS

HERRERA JESÚS

OBISPO YENDRIX

TUTOR ESPECIALISTA:

DRA. BIANCA NOVOA

TUTOR METODOLÒGICO:

ANA RODRÍGUEZ

VALENCIA, OCTUBRE 2016



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÈDICAS Y TECNOLÒGICAS
TSU IMAGENOLÒGÍA
TRABAJO MONOGRÁFICO



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los suscritos miembros del jurado designado para examinar el Informe Monográfico titulado:

**USO DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA EN LA DETECCIÓN DE PLACAS ATEROMATOSAS**

Presentado por los bachilleres:

AGUILAR, JOSÉ 24.248.903
GONZÁLEZ, CARLOS 20.876.853
HERRERA, JESÚS 24.329.106
OBISPO, YENDRIX 24.918.970

Hacemos constar que hemos examinado y aprobado el mismo y, que aunque no nos hacemos responsables de su contenido, lo encontramos correcto en su calidad y forma de presentación.

Fecha: _____

Yoseila Pérez

Jose Nuñez

Rossana Bosco



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÈDICAS Y TECNOLÒGICAS
TSU IMAGENOLÒGÍA
TRABAJO MONOGRÁFICO**



**USO DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA EN LA DETECCIÓN DE PLACAS ATEROMATOSAS**

AUTORES:
AGUILAR JOSÉ
GONZÁLEZ CARLOS
HERRERA JESÚS
OBISPO YENDRIX
TUTOR ESPECIALISTA:
DRA. BIANCA NOVOA
TUTOR METODOLÒGICO:
ANA RODRÍGUEZ
AÑO: 2016

RESUMEN

La presente monografía tuvo como propósito realizar un estudio de la Tomografía Computarizada para la valoración de la anatomía coronaria, siendo ésta la técnica de elección ante la sospecha de su enfermedad, ya que permite su valoración con un gran detalle mediante la reconstrucción y evaluación de los datos al momento de su proceso, el cual tuvo como motivación principal resaltar el uso de la angiografía coronaria por tomografía computarizada en la detección de placas Ateromatosas. Esta investigación fue realizada bajo un diseño tipo documental descriptivo con modalidad monográfica, con el propósito de dar a conocer la anatomía coronaria y las placas Ateromatosas, y los principios y protocolos que se deben seguir para su implementación, ya que esta técnica conlleva un grado de exigencia que se debe dominar para lograr su correcta implementación, con el fin de lograr la evaluación y diagnóstico correcto de la enfermedad coronaria. Concluyendo, para lograr su correcta realización es necesario el conocimiento de los principios que permiten su desarrollo y que esta técnica posee un alto valor diagnóstico a la hora de la evaluación de la enfermedad arteroesclerótica y para la estratificación de riesgo coronario que afecta a los pacientes que la padecen.

Palabras claves: Angiografía Coronaria, Tomografía Computarizada, Placa Ateromatosas, Arteroesclerosis, Enfermedad Coronaria.



**CARABOBO'S UNIVERSITY
AUTHORIZE OF SCIENCES OF THE HEALTH
SCHOOL OF BIOMEDICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY
MEDICAL IMAGING TECHNICIAN
MONOGRAPHIC WORK**



**USE OF CORONARY ANGIOGRPHY BY COMPUTERIZED TOMOGRAPHY TO
DETECTION OF PLATES ATHEROMATOUS**

AUTHORS:

AGUILAR JOSÉ
GONZÁLEZ CARLOS
HERRERA JESÚS
OBISPO YENDRIX

TUTOR SPECIALIST:

DRA. BIANCA NOVOA

SUBJECT TEACHING:

ANA RODRÍGUEZ

YEAR: 2016

ABSTRACT

The present monography had the purpose of realize a study of the Computerized Tomography to assess of the coronary anatomy, since this is the technique of choice in suspected of coronary disease as it allow sits assessment with a great detail through reconstruction and review of the data at the time of process, which had like first motivation stand out the use of the coronary angiography by computerized tomography to detection of the plates atheromatous. This investigation was made with a design descriptive documentary and a monographic mode, with the purpose show the coronary anatomy and the plates atheromatous, and the beginnings and protocols that must follow to its execution, insomuch as this technique has a requirement grade that must dominate to get a good implementation, whit the final purpose to get a god evaluation and diagnostic. Concluding to get its correct realization needs the knowledge of the beginnings that allows its development and this technical has a high value to the evaluation of the atherosclerotic disease and to stratification of the coronary risk that affecting the patient who suffers.

Key words: Coronary Angiography, Computerized Tomography, Atheromatous Plates, Atherosclerosis, Coronary Disease.

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN	6
ANATOMÍA CORONARIA Y PLACAS ATEROMATOSAS	10
PRINCIPIOS BÁSICOS Y PROTOCOLOS DE ADQUISICIÓN DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TC.....	12
EFICACIA DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TC EN LA DETECCIÓN DE PLACAS ATEROMATOSAS	18
CONCLUSIONES	20
REFERENCIAS	21
ANEXOS	23

INTRODUCCIÓN

La Angiografía Coronaria por Tomografía Computarizada es la técnica poco invasiva de elección para estudiar la vascularización coronaria, ya que posee una elevada resolución espacial y temporal que permite valorar su anatomía y morfología con un detalle anatómico sin precedentes, habiéndose convertido en una herramienta diagnóstica esencial para estudiar a los pacientes con sospecha de enfermedad coronaria, ya que permite valorar y cuantificar la calcificación en esta, la cual, se caracteriza por la oclusión progresiva de las arterias por placas de ateroma que pueden llegar a producir insuficiencia arterial crónica como la angina de pecho o un déficit agudo de circulación por trombosis oclusiva, como el infarto del miocardio.

En este sentido, la investigación se traza un objetivo general, el cual es resaltar el uso de la Angiografía Coronaria por Tomografía computarizada en la detección de placas Ateromatosas, del cual se desglosan objetivos específicos tales como describir la Anatomía Coronaria y Placas Ateromatosas, definir los principios básicos y los protocolos de adquisición de la Angiografía Coronaria por Tomografía Computarizada y, por último, exponer la eficacia de la Angiografía Coronaria por TC en la detección de placas Ateromatosas. El estudio está basado bajo la modalidad de trabajo monográfico, ya que es un documento que trata un tema en particular, el cual se realizó por medio de una investigación documental.

Por consiguiente, la realización del presente trabajo de investigación se justifica ante el gran aporte clínico que el mismo representa, por lo que se desea brindar información de las capacidades y requerimientos que posee este estudio, siendo relevante demostrar la utilidad de esta técnica para la valoración de los depósitos de arterosclerosis presentes en las arterias coronarias. Además de ello, representa un aporte bibliográfico para futuras investigaciones referentes al tema.

En lo que a materia se refiere, es necesario destacar que la Cardiopatía Isquémica se debe a un desequilibrio o déficit entre el aporte de oxígeno al miocardio y la cantidad que éste requiere, siendo una de sus causas la reducción del flujo sanguíneo que lo irriga, que puede ser producto de la obstrucción por arteroesclerosis de las arterias coronarias, debida a un depósito de placa en la túnica íntima de las arterias, formada por una acumulación de calcio, lípidos y colesterol, y que conlleva como principales complicaciones a la estenosis arterial y trombosis¹. En este contexto, la Organización Mundial de la Salud indica que la enfermedad cardiovascular isquémica representa la principal causa de muerte entre los años 2000 y 2012 con un número de decesos de 7.4 millones de individuos, ocupando así el 13,2 % de las causas de defunción. A su vez, en Venezuela para el 2008 el 30% de los decesos fueron producto de dicha enfermedad, constituyéndose como la segunda causa de muerte.²

Por otro lado, la Imagenología con el paso de los años ha permitido, a través de la evolución tecnológica, realizar diagnósticos médicos de mayor precisión, traducándose en una base fundamental para el desarrollo de la medicina actual, además, según la Sociedad Europea de Radiología, la Imagenología es una herramienta indispensable en la medicina moderna, aunque muy pocos pacientes conocen todavía su importancia, desde la detección y tratamiento del cáncer, al diagnóstico urgente de un traumatismo, los radiólogos contribuyen a salvar vidas en todas las áreas de la medicina.³

En este sentido, desde la rotación continua de un tubo de Rayos X y la camilla desplazándose simultáneamente, se originó la Tomografía Computarizada Helicoidal, lo que ha mejorado en gran medida el rendimiento de la Tomografía Computarizada, tanto en sus protocolos de exploración como en la información que permiten producir imágenes en 3D del volumen explorado, con ésta aparecieron artefactos como los molinos de viento, siendo esto su principal desventaja⁴, sin embargo destaca entre las técnicas de imágenes médicas para demostrar la presencia de arteroesclerosis en la estratificación del riesgo cardiovascular según la guía americana SHAPE (*Screening for Heart Attack Prevention and Education*).⁵

Debido a esto, la Angiografía Coronaria por TC es un estudio multiplanar poco invasivo basado en los principios físicos de esta, el cual permite evaluar la anatomía cardíaca, permitiéndole al médico tratante detectar cualquier patología presente en ellas, lo que la convierte en la técnica de elección para la vascularización coronaria, debido a que posee una alta resolución espacial y temporal que permite evaluar la anatomía coronaria en gran detalle, permitiendo observar los cambios producidos por la arterosclerosis en la pared vascular que comienza afectando a los segmentos proximales del árbol coronario y avanza hasta los segmentos más distales, en este sentido, es necesario destacar que el mayor riesgo o complicación de la arterosclerosis se manifiesta en pacientes de edad adulta y generalmente se deben a la estenosis de la luz del vaso o ruptura de las placas de ateroma.⁴

Asimismo, la Angiografía por TC tiene como principal importancia permitir el estudio del árbol coronario, ofreciendo información cualitativa de las placas Ateromatosas en la pared arterial (el número, el volumen, el grado de estenosis y la composición de la placa de Ateromatosas). Su eficacia para detectar la enfermedad coronaria se debe a su elevada resolución espacial y a la posibilidad de obtener imágenes con un menor grosor de corte. Esto permite un incremento de la detección de calcio en las arterias coronarias, e incluso se pueden apreciar mínimas cantidades de este. Sumado a esto, además de la gran calidad diagnóstica que posee la Angiografía Coronaria, destaca también la ventaja de ser un estudio poco invasivo que requiere un corto tiempo para su realización.⁶

Ahora bien, considerando que las enfermedades cardiovasculares provocadas por arterosclerosis son la primera causa de muerte e incapacidad en el mundo desarrollado, un diagnóstico preciso en estos casos es de vital importancia cuando se trata de recuperar la calidad de vida y salud de los pacientes que padecen este tipo de patologías. No obstante, en la actualidad existe poco manejo de esta técnica por su elevado costo y la falta de información acerca de este estudio, que no sólo requiere la comprensión de la anatomía coronaria, sino también de los principios básicos y protocolos de adquisición, los cuales poseen una gran importancia para lograr obtener imágenes de calidad.

Además de ello, es importante mencionar que no todos los profesionales de la salud relacionados con el área de la radiología manejan este estudio, debido a la alta complejidad que posee. El mismo, debe ser realizado por un equipo multidisciplinario de trabajo conformado por un técnico en Imagenología, médico radiólogo y un médico cardiólogo y, a pesar de representar poco riesgo para el paciente, sigue siendo un estudio de cuidado, que debe ser realizado con el mayor estándar de calidad posible, pues el desconocimiento de la técnica, conlleva a la ejecución de un estudio de poca calidad diagnóstica. Partiendo de lo dicho anteriormente, con la realización de este trabajo monográfico, se pretende exponer el uso de la Angiografía Coronaria por Tomografía Computarizada para la detección de placas Ateromatosas, pretendiendo que la información en él esbozada sea de utilidad para el personal de salud involucrado en el desarrollo y aplicación de la misma.

Al respecto, en el 2014 se realizó un estudio para demostrar si existía una relación entre la presencia y la cantidad de núcleos de baja densidad con un estudio de Angiografía Coronaria por TC y marcadores derivados con un valor de 30 Unidades Hounsfield. Esto fue aplicado sobre lesiones causantes de enfermedades coronarias, lo que dio como resultado la existencia de dicha relación, mostrando una baja densidad de núcleo dentro de la lesión causante de los pacientes con enfermedades coronarias aguda representando un marcador de vulnerabilidad. Dicho estudio se llevó a cabo en 43 pacientes y 105 placas coronarias fueron escaneadas de manera cuantitativa y cualitativa con el fin de hallar dicha correlación. Curiosamente, el análisis de las placas cuantitativamente reveló una diferencia significativa en la composición de las placas entre lesiones responsables y no responsables en lo que respecta a los países menos desarrollados,⁷ relacionándose con la presente investigación en la cuantificación de la composición de las placas Ateromatosas presentes en las arterias coronarias.

Por otra parte, en 2012 se realizaron estudios de ultrasonido intravascular donde se pudo demostrar una variación en la presencia de placas blandas en arterias coronarias, en el que el valor fue mayor en pacientes con angina de pecho inestable, esto conllevó a realizar un estudio de Angiografía coronaria por TC para la medición de la placa coronaria, implementándola en 30 pacientes que padecían de angina de pecho estable e inestable, teniendo como resultado que no hubo diferencias en la tasa de estenosis y área de la placa entera de la lesión causante entre

dichos pacientes, aunque el área de la placa de baja densidad si fue mayor en pacientes con angina de pecho estable; esto quiere decir que la utilización del estudio para la medición de la densidad de área de la placa podría ser útil para así comprender el contexto clínico de la angina de pecho inestable.⁸ Sabiendo que esto se realizó en pacientes con sospecha de enfermedad coronaria se relaciona con la presente investigación al emplear la angiografía por TC para la evaluación de estos.

De la misma manera, en 2011 se aplicó la angiografía coronaria convencional en pacientes con una complicación iatrogénica, donde se le aplicó un catéter a un paciente de 70 años de edad el cual presentó una complicación severa con una amplia disección en la arteria coronaria derecha en donde se vio reflejado que al ser aplicada esta técnica no había ningún tipo de lesiones residuales que pudieron ser causantes de síntomas de angina de pecho las cuales presentaba el paciente luego de realizar el estudio 5 años más tardes del incidente. Al mismo paciente, se le realizó el estudio de angiografía coronaria por TC demostrando que si existía una lesión estenótica la cual causaba dichos síntomas, según esto la angiografía coronaria por TC podría ser considerada como la primera opción para el seguimiento de pacientes con patologías coronarias ya que esta tiene un nivel de eficacia mayor al convencional, de esta forma se ahorraría procedimientos innecesarios y así evitar complicaciones mayores.⁹

Al saber esto, se obtiene información que guarda estrecha relación con la presente investigación, al valorar la angiografía por TC como la primera opción para el seguimiento de pacientes con patologías coronarias, evitando así someterlo a procedimientos que resultan mucho más invasivos, con un costo mayor para su implementación y los cuales no brindan suficiente información para la realización del diagnóstico la evaluación de la enfermedad.

ANATOMÍA CORONARIA Y PLACAS ATEROMATOSAS

La Anatomía Coronaria normal está constituida por la arteria coronaria izquierda que se origina justo por encima del anillo aórtico y posee un tronco principal, que se bifurca en la arteria coronaria descendente anterior que transcurre a lo largo del surco interventricular anterior hasta el ápex cardíaco, y en la circunfleja que transcurre por el surco

auriculoventricular izquierdo irrigando la pared lateral y parte de la cara inferior de este ventrículo, y en ocasiones se puede presentar un ramo intermedio entre la arteria descendente anterior y circunfleja llamado intermedio o bisectriz, a su vez la arteria coronaria derecha nace ligeramente por debajo de la arteria coronaria izquierda y transcurre a lo largo del surco auriculoventricular derecho hacia la cruz cardiaca (VER ANEXO 1).¹⁰

De la misma forma, las venas coronarias transcurren junto a las arterias coronarias a lo largo de los surcos auriculoventriculares e interventriculares hasta confluir en el seno coronario que se encuentra en la parte posterior del surco A.V. derecho y desemboca en la aurícula derecha junto a la vena cava inferior, y se encuentran conformadas por la vena coronaria mayor o vena cardíaca magna que se origina en el ápex cardíaco recorriendo el surco I.V. junto a la arteria coronaria descendente anterior, a su vez la vena coronaria menor se origina en el borde derecho del corazón y transcurre por el surco A.V. derecho y por último la vena cardíaca media transcurre a lo largo del surco I.V. posterior hasta el seno coronario.¹⁰

Por otro lado, las placas Ateromatosas son un trastorno arterial frecuente que se caracteriza por un depósito de placas de colesterol y lípidos en la capa interna de las paredes arteriales, con su formación las paredes de los vasos se engrosan y aparecen fibróticas y calcificadas, lo que causa una reducción de la luz del mismo, y deterioro de la pared endotelial, reduciendo así la circulación del órgano al que irriga dicha arteria. Esta, constituye una importante causa de trastornos cardiacos que suelen encontrarse en pacientes con factores de riesgo como son las cifras elevadas de colesterol, concentraciones bajas de lipoproteína de alta intensidad (HDL), tabaquismo, hipertensión arterial, obesidad y diabetes. En este sentido, en la práctica clínica, al interpretar las angiografías por TC, las placas de ateroma suelen clasificarse en tres categorías: calcificadas, parcialmente calcificadas o mixtas y no calcificadas.¹

Según evolucionan las placas Ateromatosas muchas veces desarrollan áreas de calcificación, y sus manifestaciones clínicas se presentan cuando se encuentra en una fase avanzada, que generalmente requiere años para su formación, en los cuales en la mayoría de las ocasiones el paciente no presenta síntomas; luego de esto, se pueden presentar síndromes de angina de

pecho o infarto de miocardio causados por la estenosis arterial que puede progresar hasta un grado que impida el flujo de sangre a través del vaso.¹

Otra de las complicaciones está relacionada con la ruptura física de la placa arteroesclerótica que produce habitualmente una trombosis aguda, lo que se puede originar de dos maneras, siendo la primera de ella la fractura de la cubierta fibrosa de la placa, ocupando dos tercios de los Infartos Agudos de Miocardio, y el segundo que implica una erosión superficial de la íntima teniendo como consecuencia un cuarto de pacientes con la cardiopatía mencionada anteriormente.¹

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, se concluye que la vasculatura coronaria es la encargada de la irrigación del corazón y es de suma importancia para el funcionamiento del músculo cardíaco, es por ello que se debe conocer su anatomía normal para lograr identificar lesiones como las placas Ateromatosas que la modifican, produciendo cambios en la luz y en la continuidad de estas.

PRINCIPIOS BÁSICOS Y PROTOCOLOS DE ADQUISICIÓN DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TC

La Tomografía Computarizada consiste en un tubo de rayos X que se desplaza 360° alrededor del paciente quien es incidido con un haz de radiación en forma de abanico hasta las filas de detectores que se encuentran en el lado contrario al tubo de rayos X, los cuales junto a un sistema computarizado reconstruyen la imagen mediante algoritmos para permitir así la obtención del estudio. Asimismo, la Angiografía por TC usa el principio de la TC helicoidal que permite realizar cortes milimétricos del área a explorar logrando así obtener reconstrucciones que permiten estudiar el árbol coronario con un altísimo valor diagnóstico.^{4,11}

De igual manera, cuenta con principios básicos para su realización tales como el Pitch que es la relación entre el avance de la mesa o rotación y la anchura del haz de colimación; mientras mayor sea este, menor será el tiempo de la adquisición y la cantidad de dosis emitida hacia el paciente, pero se corre el riesgo de no obtener los datos necesarios para realizar

reconstrucciones necesarias. Teniendo esto en cuenta, en la Angiografía por TC este debe ser de 0,2 a 0,4, ya que la estructura anatómica es muy pequeña y se debe minimizar los artefactos por movimientos.

También, otro principio se basa en la resolución espacial que está representada por la distancia mínima que permite identificar dos puntos como separados en el espacio y es expresada en milímetros, si esta es muy alta, menor será la distancia mínima detectable y mayor será el detalle anatómico con el que se podrá estudiar las distintas estructuras,⁶ Sumado a esto, se encuentra el intervalo de reconstrucción, que es el grado de solapamiento que existe en las imágenes axiales reconstruidas, el cual no influye en la adquisición del estudio, ya que se realiza luego de ser obtenidos los datos, y este permite incrementar la resolución espacial permitiendo así que las imágenes posean mayor detalle anatómico.

Otro factor es la resolución temporal que está determinado por el tiempo de exposición requerido para obtener los datos suficientes que permitan reconstruir una imagen que brinde información diagnóstica, y a su vez el tiempo de rotación del Gantry que se define como el tiempo que requiere para realizar una rotación completa del tubo y de los detectores alrededor del paciente.⁶

Además de los conceptos mencionados anteriormente, se debe señalar la resolución de contraste y resolución contraste-ruido, la cual no es alta en los equipos de tomografía computarizada que, a diferencia de técnicas como la resonancia magnética, no posee gran diferencia en la atenuación de los distintos tejidos, es por ello que se debe administrar un medio de contraste yodado intravenoso que nos permita identificar las arterias coronarias del miocardio adyacente, esto se puede ver afectados por características como el hábito corporal del paciente, el gasto cardíaco, el manejo del contraste, la duración de la inyección, la velocidad de inyección, el momento de la adquisición y la concentración del contraste.¹²

No obstante, existen maneras de mejorar la resolución del contraste al modificar el kilovoltaje, lo que permite incrementar el realce de las estructuras vasculares, sin embargo, la alta resolución espacial requerida para la Angiografía por TC requiere de la utilización de un grosor de corte fino, lo que conlleva a un incremento de ruido en la imagen, lo cual puede ser

remediado aumentando la dosis de radiación administrada o también incrementando el grosor de corte al momento de reconstruir los datos.¹³

La Angiografía Coronaria por TC requiere una elevada resolución espacial, temporal y una buena relación contraste-ruido, y es por ello que se implementa la sincronización Electrocardiográfica que mediante el Electrocardiograma permite obtener y reconstruir los datos adquiridos en una fase específica del ciclo cardíaco, con lo que se logra aumentar en gran medida dichos factores, y nos permite evitar en su mayor parte los artefactos por movimiento debidos al latido cardíaco y el movimiento coronario, por lo tanto, dicha sincronización resulta imprescindible para la realización de este estudio, ya que permite valorar la anatomía coronaria, el grado de estenosis y la pared vascular.¹⁴

También, la sincronización mediante ECG cuenta con dos estrategias para su realización que son la Sincronización Retrospectiva que requiere una adquisición helicoidal continua de los datos de todo el ciclo cardíaco y posteriormente una reconstrucción retrospectiva en la fase del ciclo deseado, lo que permite reconstruir las imágenes en cualquier fase del ciclo cardíaco ya sea durante la sístole o la diástole, y la Reconstrucción Prospectiva que fue el método implementado en los inicios de la TC Cardíaca que se realiza mediante adquisiciones axiales o secuenciales, y es el que se implementa con mayor frecuencia para cuantificar la calcificación coronaria, la cual requiere adquirir los datos en una fase concreta del ciclo cardíaco que permite la valoración de las arterias coronarias sin artefactos de movimiento.¹⁵

Por otra parte, la realización de la Angiografía coronaria por TC es indicada en pacientes sintomáticos sin patología coronaria conocida, con insuficiencia cardíaca de reciente aparición, en aquellos que posean pruebas cardíacas no concluyentes, para la evaluación de anatomía y función cardíaca en adultos con cardiopatías congénitas y con anomalías en las arterias coronarias, los cuales deben encontrarse en una situación hemodinámica estable y ser capaces de cooperar con la respiración pudiendo mantener la duración de la apnea que puede tardar entre 6 y 8 segundos y no moverse durante la exploración.^{15,6}

No obstante, cabe destacar que los pacientes que posean arritmias graves, inestabilidad hemodinámica, insuficiencia renal crónica y obesidad mórbida no califican para la realización de este estudio, así como también se puede considerar la calcificación coronaria con el riesgo cardiovascular, ya que cuando este es muy elevado es probable encontrar calcificación coronaria extensa, es por ello que en algunos centros es una práctica habitual realizar una adquisición inicial para cuantificar la cantidad presente de esta, con el fin de estratificar mejor el riesgo cardiovascular, en otros centros se utiliza la cantidad total de calcio presente en las arterias como elemento decisivo a la hora de proceder con este estudio, ya que esta dificulta la visualización de la luz vascular y no permite la valoración de los segmentos coronarios.^{15,6}

Además, el paciente debe poseer un acceso venoso conveniente para realizar el estudio, el cual se debe localizar en la vena antecubital derecha ya que posee el tamaño suficiente para poder introducir un catéter de 18 o 20 G para lograr inyectar un flujo de contraste alto, y el recorrido al corazón por medio de esta vena es más corto lo cual permite aprovechar mejor el contraste, hay que mencionar además que otro de los aspectos que condiciona la calidad de la imagen es la frecuencia cardíaca del paciente, la cual debe ser lenta y estable por lo general menor a 65 lat./min, lo cual se logra mediante la administración de fármacos bloqueantes o antagonistas de los canales de calcio, también en la Angiografía por TC se emplea la administración de Nitroglicerina que actúa como un vaso dilatador potente que permite visualizar los segmentos y ramas de menor tamaño de los vasos incrementando su diámetro luminal hasta un 20-25%.^{15,6}

Es así que, la Angiografía Coronaria por TC comienza con el ingreso del paciente a la sala de Tomografía y se procede con la colocación y el entrenamiento de este el cual se coloca decúbito supino en la posición pies primeros o cabeza primero según se prefiera, teniendo en cuenta que el recorrido de los cables y electrodos sobre el paciente sea el menor posible para evitar la aparición de artefactos, estos deben estar colocados de forma correcta para lograr diferenciar la onda “R” del resto del trazado; de no ser así, no se logrará obtener una buena sincronización electrocardiográfica lo que evitaría la obtención correcta de los datos.¹³

Una vez verificado esto, se debe proceder a elevar los brazos del paciente por encima de los hombros teniendo precaución de evitar el cansancio al paciente o dolor que puede causar que el paciente se mueva durante la exploración o se despeguen los electrodos. Es importante entrenar la respiración del paciente, explicándole la inspiración y la apnea que debe realizar igual durante las adquisiciones, siendo lo ideal realizar apneas que se acerquen al tiempo de adquisición de estas.⁶

Una vez colocado el paciente, se procede con la adquisición del estudio que comienza como todo estudio tomografía con un topograma que puede ser una sola proyección frontal o dos proyecciones implementado una lateral. Este se utiliza para ajustar el rango de la exploración por lo que se debe realizar en inspiración como el resto del estudio, al momento de planificar la exploración para la Angiografía por TC se inicia el rango de 1 a 2 cm por debajo de la carina y aproximadamente 2cm por debajo del reborde cardíaco inferior, debajo del diafragma.¹⁴

Luego de obtener el topograma, los parámetros y protocolos como la intensidad de la corriente y el potencial del tubo deben ajustarse a la a las características antropomórficas del paciente, ya que esto determina la cantidad de dosis administrada al mismo, en la mayoría de los equipos de TC de 64 cortes la intensidad de corriente que se utiliza es de unos 600-800 mAs y el potencial del tubo suele ser de 120 KV aunque este se puede disminuir a 100 KV en paciente con masa corporal baja que no presenten calcificaciones extensas ni stent.¹³

El campo de visión de la imagen o FIELD OF VIEW en la TC está compuesto por una matriz de 512 x 512 pixeles, el cual se debe ajustar lo máximo posible al corazón con el propósito de incrementar la resolución espacial, además debido al tamaño de las arterias coronarias el grosor de corte debe ser el mínimo posible de 0,6 mm y para incrementar la resolución espacial se recomienda solapar la reconstrucción en un 40 o 50 %.⁶

Luego de establecer los parámetros, se procede a la realización del estudio el cual antes de la administración de contraste se realiza una fase simple que permite el cálculo del índice de calcio; luego de la realización de la esta, se procede a la inyección de un medio de contraste

yodado intravenoso el cual es seguido de un bolo de solución salina lo que permite disminuir la concentración del contraste evitando así artefactos que pueden producirse por su alta concentración en especial en la vena cava superior y aurícula derecha que interferirían con la visualización de la arteria coronaria derecha, para la realización de este estudio se suele administrar entre 70 y 80 ML de contraste de alta concentración de contraste seguidos por el bolo de solución de 30 a 50 ML a un flujo de inyección alto de 5 a 6 mLs/s.^{14,15}

Finalmente, luego de la obtención de los datos del estudio se procede a realizar las reconstrucciones que permitirán evaluar la anatomía coronaria entre las cuales las técnicas más empleadas se encuentran la reconstrucción Multiplanar (MPR) que permite estudiar la anatomía vascular en cualquier plano del espacio entre las cuales las de mayor interés resultan en un plano paralelo al surco IV anterior para la evaluación de la arteria coronaria descendente anterior, las obtenidas en un plano paralelo a los surcos AV para la evaluación de la arteria coronaria derecha y circunfleja, la reconstrucción Planar Curva (CPR) que es una variante de la MPR que permite evaluar trayectos largos de estructuras con un recorrido curvo o tortuoso y se crea uniendo en un plano los puntos que representen el centro de la luz del vaso.¹⁶

Además, se realiza también la Proyección de Máxima Intensidad (MIP) que suelen valorarse de forma conjunta con la MPR y muestra en un plano los pixeles de máxima atenuación de un volumen o grosor determinado y es uno de los tipos de reconstrucción más utilizados en estudios angiograficos ya que tiende a resaltar las estructuras vasculares y a reducir la percepción del ruido, y por último se encuentra la Reconstrucción Volumétrica (VR) que muestra la morfología tridimensional del corazón y las relaciones anatómicas entre las distintas estructuras presentes en el mediastino, y destaca para definir las arterias coronarias en caso de anomalías, para la evaluación de injertos aórticos, además ayuda a la planificación del tratamiento quirúrgico en pacientes que serán sometidos a una segunda intervención.¹⁶

Conociendo los principios básicos y los protocolos definidos anteriormente, se concluye que su conocimiento es básico para lograr la correcta realización de la Angiografía Coronaria por Tomografía Computarizada, ya que representan, la base de este estudio y su comprensión e implementación permite llevarlo a cabo con la pericia suficiente que este estudio requiere, logrando una correcta obtención de datos, que permitirá procesarlos en las distintas reconstrucciones necesarias para una posterior evaluación médica y lograr así un diagnóstico preciso y certero para el paciente.

EFICACIA DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA POR TC EN LA DETECCIÓN DE PLACAS ATEROMATOSAS

Entre las principales ventajas que posee la Tomografía Computarizada destacan la elevada resolución espacial, temporal, la capacidad de identificar la composición de los tejidos mediante las unidades hounsfield y la versatilidad para realizar diversas reconstrucciones en distintos planos. En el caso de la angiografía coronaria por TC, esto resulta en una gran ventaja para poder realizar el estudio de las arterias coronarias con un alto valor diagnóstico, la calcificación presente en estas resulta en un indicador de arterosclerosis y su cuantificación aporta mayor información acerca de los factores de riesgo del paciente, es por ello que para lograr interpretar este estudio para detectar la enfermedad se requiere tanto de la experiencia del observador como de las técnicas de procesamiento de las que se disponga.^{17,18}

La presencia de las placas Ateromatosas, se debe establecer en las imágenes axiales y en las reconstrucciones por MPR de los segmentos o vaso de interés, asimismo la estenosis causada por esta suele manifestarse como una reducción del diámetro y la cantidad de contraste en la luz del vaso, por lo que ajustar el centro y la amplitud de la imagen resulta de gran ayuda para su valoración, teniendo también en cuenta que las reconstrucciones por MPR que permiten evaluar la lesión de forma longitudinal, ya que esta comienza afectando a los segmentos proximales del árbol coronario y progresa hasta afectar los segmentos más distales(VER ANEXO 2).^{14,17}

Es por este motivo, que la Angiografía por TC se ha convertido en la técnica de elección para el estudio coronario, ya que permite realizar la cuantificación de la calcificación coronaria, lo cual se basa en el sistema Agatston que considera calcificación cualquier densidad superior a 130 unidades Hounsfield y las clasifica según su capacidad de atenuación mediante un puntaje de 1 a 4 en el cual 1 si la placa se encuentra entre 130 y 190 UH, 2 entre 200 y 299 UH; 3 entre 300 y 399 UH; y 4 si la atenuación es superior a 400 UH, a su vez se puede identificar placas no calcificadas mediante el uso de contrastes yodados y permite también diferenciar los componentes que conforman la placa mediante las UH.^{6,17}

Considerando lo expuesto anteriormente, se concluye que la Angiografía Coronaria por Tomografía Computarizada posee un altísimo valor diagnóstico que permite evaluar con detalle la anatomía coronaria y los cambios presentes en ella causados por la formación de la placa Ateromatosas, logrando así, su cuantificación y valoración para demostrar el grado de afectación que posee.

CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio documental y cubiertos los objetivos planteados al inicio del mismo, en el cual se resaltó el uso de la Angiografía Coronaria por Tomografía computarizada en la detección de placas Ateromatosas, se concluye que diversos autores se han centrado en el estudio de la anatomía coronaria, brindando conocimiento acerca de su morfología normal, facilitando su comprensión para lograr el estudio de ella y diferenciar así los cambios patológicos que se presentan por la arteroesclerosis, que es una enfermedad caracterizada por la modificación de la estructura vascular con las consecuentes complicaciones cardíacas que esta ocasiona.

De igual manera, se logró definir los principios básicos y los protocolos de adquisición de la Angiografía Coronaria por TC, que una vez realizado el análisis de dichos puntos se puede considerar que la comprensión de estos es de suma importancia para la elaboración de esta técnica, ya que estos son la base del estudio y los que permiten la correcta realización para la obtención de los datos necesarios que requiere para su procesamiento y posterior evaluación.

Además se logró exponer la eficacia de la Angiografía por TC en la detección de las placas Ateromatosas, ya que este estudio es capaz de brindar datos y reconstrucciones con una alta resolución espacial y temporal que permite la evaluación del árbol coronario y la valoración y cuantificación de las placas Ateromatosas presentes en la vasculatura coronaria, posterior al análisis de los puntos a tratar referentes a esta investigación se logró la respuesta al objetivo general, resaltando el uso de la Angiografía Coronaria por Tomografía Computarizada en la detección de placas Ateromatosas como una técnica de imagen capaz de evaluar la anatomía coronaria en gran detalle, permitiendo al médico tratante realizar un diagnóstico eficaz sin la necesidad de someter al paciente a otros estudios que no poseen la misma calidad diagnóstica.

REFERENCIAS

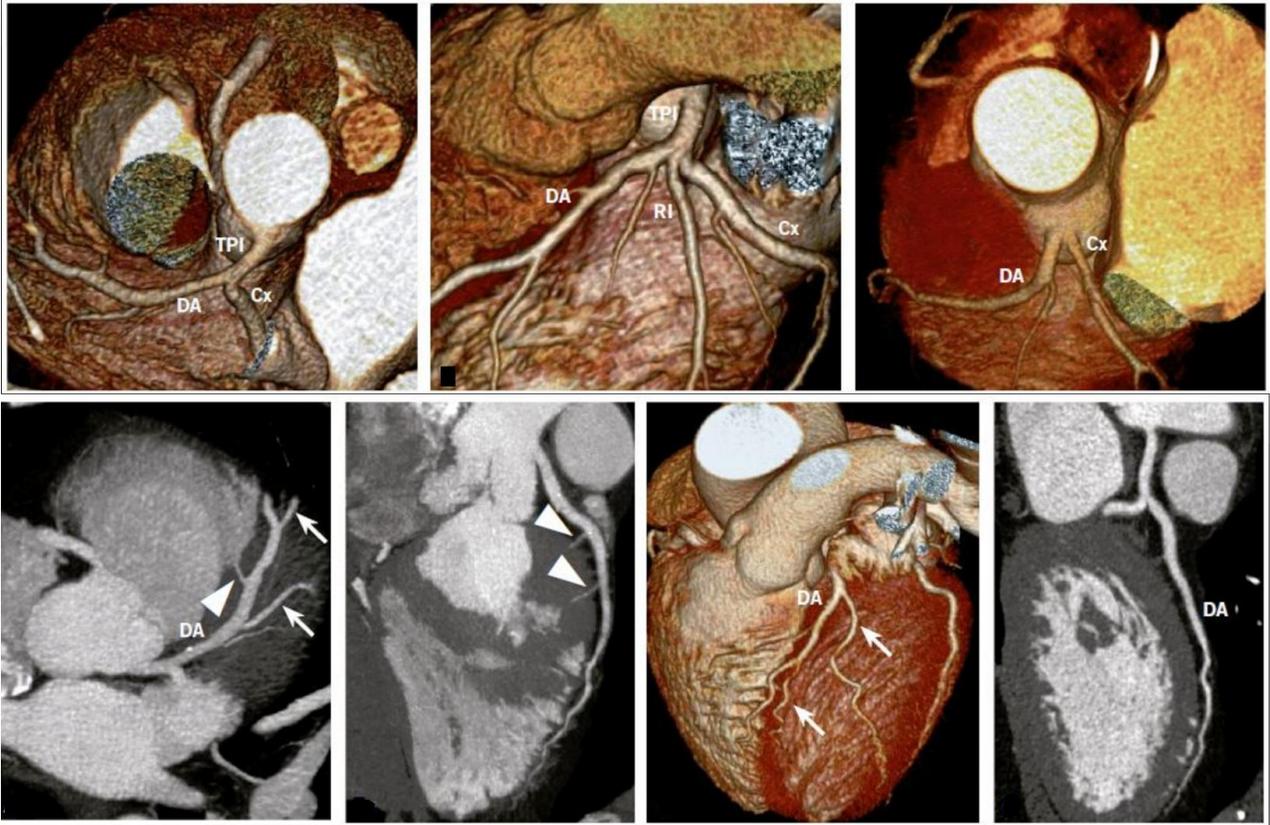
1. Braunwald E, Zipes D, Libby P. Braunwald's Cardiología. 10th edición. 2015, Editorial Marbán.
2. Organización Mundial de la Salud. [citado 30 May 2016] disponible en [:http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/index3.html](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/index3.html)
3. European Society of radiology. [citado 30 May 2016] disponible en: https://www.mysr.org/html/img/pool/EDoR_2011_General_Press_Release_Espanol.pdf
4. Calzado A., Geleijns J., Tomografía Computarizada. Evolución, Principios Técnicos y aplicaciones, Departamento de radiología y medicina física: Universidad Complutense Madrid. 2011. [citado 30 May 2016].
5. Screening for Heart Attack Prevention and Education: <http://shapesociety.org/>
6. Bastarrika G., Tomografía computarizada cardiaca, principios, técnica y aplicaciones clínicas. 1^{era} edición. Editorial Médica Panamericana. 2015.
7. Benedek T, Jako B, Benedek I. Plaque. Quantification by Coronary CT and Intravascular Ultrasound Identifies a Low CT Density Core as a Marker of Plaque Instability in Acute Coronary Syndromes [Internet]. 2014 [citado 7 Jul 2016] disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ihj/55/1/55_13-213/article
8. Moroi M, Nakazato R, Jesmin S, Akter S, Kunimasa T, Masai H. Coronary Artery CT Low-Density Plaque Area and Its Ratio to the Whole Area of a Non-Calcified Plaque at the Culprit Lesion in Patients With Unstable and Stable Coronary Artery Disease [Internet]. 2012 [citado 7 Jul 2016], vol. 53, no. 6, disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ihj/53/6/53_341/article
9. Hasumi E, Iwata H, Saito K, Fujiu K, Ando J, Imai Y. Diagnostic Efficacy of Coronary CT Angiography as a Follow-up Modality for Procedure-Related Coronary Dissection [Internet]. 2011 [citado 7 Jul 2016] disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ihj/52/4/52_4_240/article
10. Ruiz L. Anatomía Humana. 4^a edición, 2011, editorial Médica Panamericana.
11. Bushong S, Manual de Radiología para Técnicos, 10^{ma} edición, 2013, editorial Elsevier.

12. Bitar P, Florenzano F. libro Tomografía Computada Multicorte de Coronarias., 2012.
13. Servicio de radiodiagnóstico del hospital de merida, Portocolo de Cardio-TCMD, [citado 11 Jul 2016], disponible en :
http://www.cardiologiamerida.com/sites/default/files/ficheros/protocolo_general_tc_multicorte.pdf
14. Kimura E, Rosas E, Lamadrid J, Pale R, Talayero P, Sierra C. Tomografía Multidetector de arterias coronarias: aspectos técnicos. [citado 11 Jul 2016], 2007, vol. 77, disponible en :
<http://www.scielo.org.mx/pdf/acm/v77n2/v77n2a7.pdf>
15. Bitar P. Evaluación Cardíaca con tomografía Computarizada y resonancia magnética. . [citado 11 Jul 2016], disponible en :
http://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2013/1%20enero/7-Dra.Bitars.pdf
16. Soledad A. “3D en tomografía”. Universidad nacional san martin. . [citado 11 Jul 2016], disponible en :
[http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.2007-/\(TAC\)%202008-ORTMANN%20AGUSTINA%20SOLEDAD.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.2007-/(TAC)%202008-ORTMANN%20AGUSTINA%20SOLEDAD.pdf)
17. Hernández R, Naranjo G, Ayala F. Utilidad de la Tomografía Helicoidal en pacientes con Enfermedad Coronaria., 2009 [citado 11 Jul 2016], disponible en :
<http://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2008/arm082d.pdf>
18. Alexánder E, Meave A., Angiografía mediante tomografía computarizada cardíaca: una técnica versátil, 2011, [citado 12 Jul 2016], vol. 64, disponible en :
<http://www.revespcardiol.org/es/angiografia-mediante-tomografia-computarizada-cardiaca/articulo/90002073/>

ANEXOS

ANEXO 1

RECONSTRUCCIONES VOLUMÉTRICAS Y PROYECCIONES DE MÁXIMA INTENSIDAD



Reconstrucciones volumétricas y proyecciones de máxima intensidad que muestran parte de la anatomía coronaria, donde se pueden apreciar el Tronco Principal Izquierdo (TPI), la arteria coronaria Descendente Anterior (DA), la arteria Circunfleja (Cx) y una arteria intermedia entre la DA y la Cx llamado ramo intermedio o Bisectriz (RI).

ANEXO 2

RECONSTRUCCIONES MULTIPLANARES Y DE PROYECCIÓN DE MÁXIMA INTENSIDAD



Reconstrucciones multiplanares en donde la imagen A representa un corte axial en donde se puede apreciar una placa Ateromatosa calcificada (flechas blancas), y las imágenes B y corresponden a reconstrucciones planares curvas de la arteria DA, en donde B representa una placa parcialmente calcificadas o mixta (flechas negras) y C una no calcificada (punta de flechas), además la imagen D muestra una Proyección de Máxima Intensidad del árbol coronario con múltiples calcificaciones.