



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**MEDICINA**

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE IMAGEN DE LAS  
ANGIOTOMOGRAFÍAS CORONARIAS**

**FACTORS INFLUENCING THE IMAGE QUALITY OF A CORONARY  
COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE  
RADIOLOGÍA**

**AUTORES:**

CLAUDIA JIMENA PEÑA CABREJOS

LIA NARIETH HUAMAN AVELINO

**ASESORA:**

MG. ERIKA GIOVANA RAMÍREZ TOSCANO

**CO-ASESOR:**

MG. STEEV ORLANDO LOYOLA SOSA

LIMA, PERÚ

2023



## **JURADO**

Presidente: Mg. Edward Artemio Meca Castro  
Vocal: Mg. Natalia Isabel Mosquera Vergaray  
Secretario: Lic. Evelyn Tatiana Tasayco Pérez

Fecha de Sustentación: 10 de mayo del 2023

Calificación: Aprobado

**ASESORES DE TESIS:**

**ASESORA**

MG. Erika Giovana Ramírez Toscano

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-1109-0609

**CO-ASESOR**

MG. Steev Orlando Loyola Sosa

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0001-5455-2423

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar nuestros pasos, a nuestros padres por ser la inspiración que día a día necesitamos para ser mejores y a nuestras hermanas que nos han acompañado en este desafiante, pero hermoso camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros asesores, Steev Loyola y Erika Ramírez, quienes con su paciencia y dedicación nos apoyaron desde el primer momento a que este proyecto se concluya, agradecerles por el tiempo brindado en la elaboración de este estudio.

A la licenciada Silvia Llantoy Taboada y al licenciado Billy Sánchez por su apoyo incondicional durante la ejecución de este proyecto de investigación.

Al Instituto Nacional Cardiovascular por permitirnos realizar nuestra investigación en su institución, especialmente al servicio de tomografía computarizada y a todo el personal que labora ahí, gracias por su tiempo y tolerancia.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Esta investigación fue autofinanciada

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE IMAGEN DE LAS ANGIOTOMOGRAFÍAS CORONARIAS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1

Alcerreca Alcocer Claudio. "Navegador quirúrgico para ablación de tumores con radiofrecuencia", TESIUNAM, 2007

Publicación

3%

2

Romero Moreno Gabriela Elvira. "Evaluación de la dinámica poblacional en las especies de camarones penéidos de importancia comercial para la pesquería en la costa Norte de Nayarit y Sinaloa: Pacífico central oriental", TESIUNAM, 2009

Publicación

2%

3

G. Bastarrika, M. Arraiza, J. Arias, J. Broncano, B. Zudaire, J.C. Pueyo, L. García del Barrio. "Coronariografía mediante tomografía computarizada de doble fuente: calidad de imagen e intervalo de reconstrucción óptimo", Radiología, 2009

Publicación

1%

4

[repositorio.upch.edu.pe](http://repositorio.upch.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

## **TABLA DE CONTENIDOS**

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	7
III. MATERIAL Y MÉTODOS .....	8
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN .....	20
VI. CONCLUSIONES .....	25
VII. LIMITACIONES .....	26
VIII.RECOMENDACIONES .....	27
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28



## RESUMEN

**Antecedentes:** La angiotomografía coronaria (CCTA) es uno de los exámenes imagenológicos con mayor demanda para evaluar patologías cardíacas dado que es un método no invasivo de alta precisión diagnóstica. Sin embargo, su utilidad está relacionada a la calidad de imagen. Según investigaciones previas, la calidad de imagen de la CCTA puede ser afectada por diversos factores asociados al paciente o protocolo. **Objetivo:** Determinar qué factores clínicos del paciente y del protocolo influyen en la calidad de imagen de las CCTA. **Materiales y métodos:** Se incluyeron 50 CCTA realizadas en un tomógrafo Revolution CT (GE) de 256 líneas con una velocidad de rotación de 0.28 s en el Instituto Nacional Cardiovascular entre setiembre y noviembre del 2022. La calidad de las imágenes fue evaluada por tres especialistas en imágenes cardíacas mediante una escala de Likert de cuatro puntos. Se utilizaron las pruebas de Chi-cuadrado, Fischer, t-Student y agrupación significativa para evaluar la asociación entre la calidad de imagen y las variables independientes. **Resultados:** Frecuencias cardíacas mayores a 70.3 lpm proporcionaron una buena calidad de imagen ( $p=0.016$ ). Se obtuvieron excelentes imágenes de CCTA al administrar el contraste a un flujo mayor a 5 mL/s ( $p=0.012$ ). Los factores como sexo, IMC, *score* calcio, volumen del medio de contraste, diámetro de las arterias coronarias, kV y dosis no influyeron en la calidad de imagen. **Conclusiones:** Frecuencias cardíacas menores a 70 lpm y flujos del medio de contraste mayores a 5 mL/s favorecen la obtención de imágenes de excelente calidad diagnóstica.

**Palabras clave:** Angiotomografía coronaria, calidad de imagen, análisis cualitativo

## ABSTRACT

**Background:** Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA) is one of the imaging tests with the highest demand to evaluate cardiac pathologies since it is a noninvasive method of high diagnostic accuracy. However, its usefulness is related to image quality. According to previous research, the image quality of CCTA can be affected by several factors associated with the patient or protocol.

**Objective:** To determine which patient and protocol clinical factors influence the image quality of CCTA. **Materials and methods:** We included 50 CCTA performed on a 256-row Revolution CT (GE) with a gantry rotation speed of 0.28 s at the National Cardiovascular Institute between September and November 2022.

Image quality was assessed by three cardiac imaging specialists using a four-point Likert scale. Chi-square, Fischer, t-Student, and significant clustering tests were used to evaluate the association between image quality and independent variables.

**Results:** Heart rates greater than 70.3 bpm provided good image quality ( $p=0.016$ ). Excellent CCTA images were obtained when contrast was administered at a flow rate greater than 5 mL/s ( $p=0.012$ ). Factors such as sex, BMI, calcium score, contrast media volume, coronary artery diameter, kV and dose did not influence image quality. **Conclusions:** Heart rates lower than 70 bpm and contrast medium flows higher than 5 mL/s favor obtaining images of excellent diagnostic quality.

**Keywords:** Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA), image quality, quantitative assessment, coronary artery.

## I. INTRODUCCIÓN

La angiotomografía coronaria por tomografía computarizada (CCTA, por sus siglas en inglés *Coronary Computed Tomography Angiography*) es un estudio imagenológico, no invasivo, utilizado para explorar con mayor detalle la anatomía cardíaca y las arterias coronarias permitiendo identificar cambios en la luz o calcificaciones en las paredes de las arterias (1). La CCTA se caracteriza por su elevada precisión diagnóstica debido a su alta sensibilidad (84.6% - 97.8%) y especificidad (77.8% - 100.0%) para diagnosticar enfermedades cardiovasculares (ECV) y evaluar las principales arterias coronarias. (2).

Según la Organización Mundial de Salud (OMS), para el 2019, las ECV representaron el 32.0% de todas las muertes en el mundo, convirtiéndose en la primera causa de fallecimiento a nivel global (3). Durante el 2019, en el Perú se registraron 73.5 muertes por cada cien mil habitantes debido a las ECV. Además, el Ministerio de Salud (MINSA) informó que durante la pandemia del COVID-19, diez de cada 100 peruanos que fallecieron en el país padecían de ECV, lo que convirtió a las patologías cardíacas en uno de los principales factores de riesgo relacionados a muerte durante la pandemia (4,5). Por otro lado, en el 2020, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reportó que el 41.1% de las personas mayores de 15 años presentaban un riesgo cardiovascular muy alto (6), prevalencia a partir de la cual se puede asociar la edad como factor de riesgo de sufrir una ECV.

Con lo expuesto anteriormente se puede comprender la importancia del uso de la CCTA para el diagnóstico precoz de las enfermedades cardiovasculares. No obstante, Stocker et al. consideran necesario tomar en cuenta la calidad de imagen de estos exámenes, puesto que, de ello depende el valor y utilidad diagnóstica (7). La calidad de imagen es la representación precisa de detalles finos y de pequeñas diferencias en la atenuación de una imagen (8), la cual refleja la fidelidad que mantiene la imagen tomográfica con la estructura anatómica real.

Existen múltiples factores que influyen en la calidad de imagen de una CCTA. En primer lugar, el modelo de tomógrafo empleado influye notablemente en la calidad de las mismas. Un estudio demostró que la CCTA realizada con un equipo de alta gama de 256 cortes obtuvo una calidad de imagen significativamente mejor en comparación con un equipo de 64 cortes en pacientes con una frecuencia cardíaca superior a 60 lpm. (9) Asimismo, se han desarrollado diversas herramientas que mejoran positivamente la calidad de las imágenes, como el algoritmo de reconstrucción iterativa, cuyo objetivo es optimizar la calidad de imagen reduciendo la dosis de radiación (10). Por otro lado, la experticia y capacitación adecuada del tecnólogo médico es un factor crítico para la adquisición de imágenes de alta calidad (11). Además, los factores clínicos asociados al paciente o al protocolo pueden contribuir a la

mejora o disminución de la calidad de imagen de las angiotomografías coronarias.

Diversas investigaciones preliminares han descrito asociación entre la calidad de imagen de la CCTA y los factores clínicos del paciente como diámetro de las arterias coronarias, calcificaciones coronarias (1), frecuencia cardiaca (12,13) e índice de masa corporal (IMC) (14,15). Por otro lado, características del protocolo, como el kilovoltaje (kV), y volumen del medio de contraste (12,14,16) también han sido considerados como factores que influyen en la calidad de la imagen.

Estudios previos han descrito que la frecuencia cardiaca es un factor determinante en la calidad de la imagen debido al movimiento involuntario del corazón (13). Según el Comité de Directrices de la Sociedad de Tomografía Computarizada Cardiovascular, el valor aceptado para la frecuencia cardiaca en adultos es de 60 latidos por minuto (lpm) o menos para la CCTA, aunque en ocasiones este valor es superado (17). Por ello, se recomienda la administración de beta bloqueadores en ausencia de contraindicaciones (7).

Asimismo, un estudio realizado en diferentes hospitales de Japón en el 2016, demostró que el diámetro de la arteria coronaria influye positivamente en la calidad de imagen (Odds ratio = 0.95), dado que, mayores diámetros de segmentos coronarios estaban asociados a una

mejor calidad de imagen (1). A diferencia de las arterias con mayor calcificación coronaria, las cuales demostraron un efecto negativo en la calidad de imagen debido a una reducción en su calibre (13,14). No obstante, se debe tener en consideración la administración de vasodilatadores a los pacientes previo al examen.

En el 2022, un estudio comparó sistemáticamente los parámetros cardíacos entre ambos sexos y evidenció que el corazón de mujeres presenta una fracción de eyección más alta y late a un ritmo más rápido, pero genera un gasto cardíaco menor en comparación con el corazón de los varones, por lo cual, es posible que existan diferencias sustantivas en la forma y función cardíaca entre ambos géneros (18). Adicionalmente, un estudio evaluó la asociación entre esta variable, género, y la calidad de imagen. Sin embargo, no se encontró una diferencia significativa entre ambas variables, concluyendo que el sexo no afecta la calidad de imagen (1,14,19).

De la misma forma, la literatura revisada sugiere que el calcio reduce la precisión diagnóstica debido a que su densidad amplifica el tamaño aparente de la placa calcificada, produciendo el artefacto de floración de calcio o blooming (20). En la actualidad, existen equipos modernos y algoritmos de reconstrucción que mejoran la calidad de imagen. Sin embargo, pocos estudios han evaluado si las características de los equipos modernos disminuyen el artefacto de floración en las imágenes.

Por otro lado, el objetivo de los exámenes de tomografía es obtener imágenes de excelente calidad diagnóstica empleando bajas dosis de radiación, puesto que elevadas dosis podrían ocasionar efectos perjudiciales en los órganos radiosensibles (21). Richards C. y Obaid D. demostraron que con una dosis de radiación efectiva de 0.88 mSv obtuvieron imágenes de calidad diagnóstica en un 99% de las CCTA bajo situaciones reales con pacientes, siendo esto comparado con el rango de radiación reportado para una radiografía de tórax en dos proyecciones (22). En el estudio realizado por Golubickas D. *et al.* se obtuvieron imágenes aceptablemente diagnósticas con dosis desde 0.9 mSv hasta 1.9 mSv en pacientes con sobrepeso y obesidad (23).

Existen, además, otros estudios donde se ha demostrado que la calidad de imagen no disminuye en las CCTA tomadas con 100 kV en comparación con CCTA de 120 kV, donde incluso la dosis disminuye significativamente, aunque esto solo se cumplió en pacientes cuyo IMC fue menor de 25 kg/m<sup>2</sup> (19, 24). No obstante, los resultados podrían no ser extrapolables a otros grupos poblacionales.

En esa misma línea, se halló una investigación realizada en Italia donde se evaluó la calidad de la imagen generada por CCTA con 80 kV y un bajo nivel del medio de contraste, dando como resultado imágenes de calidad comparable a aquellas que son obtenidas con protocolos estándares (25). No obstante, en la literatura no se ha evidenciado

suficiente información sobre el uso de medio de contraste con valores más elevados de kV como los que son frecuentemente usados en los servicios peruanos de tomografía. Asimismo, no se ha encontrado evidencia científica similar en Perú y en particular en Lima Metropolitana, además algunos factores clínicos del paciente pueden variar entre diferentes áreas geográficas, siendo necesario el desarrollo de investigaciones como la presente para identificar factores que influyen en la calidad de imagen en una CCTA. De acuerdo a lo expuesto, existe una falta de investigación y vacío en el conocimiento en Latinoamérica sobre este tema. Además, este estudio brindará información referencial utilizando un equipo moderno de 256 líneas, con una velocidad de rotación de 0.28 s y detectores con un espesor de 160 mm.

En el marco de investigación del presente estudio, el objetivo fue identificar qué factores clínicos del paciente y qué factores del protocolo influyen en la calidad de las imágenes de CCTA. Al reconocer qué factores están relacionados con la calidad de las imágenes obtenidas por CCTA se conseguirán múltiples ventajas, entre ellas; evitar exámenes que conlleven a la interpretación de un diagnóstico errado o que encubran alguna patología. Por otro lado, con la identificación de los factores asociados a la calidad de la imagen se aumentará la eficacia y eficiencia de los exámenes de CCTA, dado que se evitará la repetición del examen o la realización de otro tipo de exámenes invasivos como las



angiografías coronarias donde la tasa de exposición es mayor para el paciente (26). Al evitar estos sucesos se disminuye la cantidad de dosis de radiación suministrada, cumpliendo así uno de los principios de la protección radiológica universal.

Consecuentemente, al eludir la práctica de exámenes más complejos e invasivos como el mencionado se reducirán los costos para los hospitales y los pacientes, y se evitará la pérdida de tiempo para aquellos pacientes que están a la espera de la realización de un examen diagnóstico. De igual modo, al identificar factores relacionados con la buena calidad, se podrá favorecer un diagnóstico rápido y, por ende, que los pacientes reciban el tratamiento más adecuado de forma oportuna, optimizando así el trabajo de los profesionales de salud en beneficio del paciente. Por otra parte, al identificar los factores que influyen en la calidad de la imagen obtenida por CCTA se motivará a los tecnólogos médicos en radiología a individualizar y uniformizar los protocolos para cada paciente, evitando así la administración de dosis de radiación innecesaria en otros nosocomios.

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Describir los factores que influyen en la calidad de imagen de las angiotomografías coronarias.

### **Objetivos secundarios**

Evaluar la asociación entre los factores clínicos del paciente (como edad, sexo, diámetro de las arterias coronarias, IMC, frecuencia cardiaca y score calcio) y la calidad de imagen de las CCTA.

Evaluar la asociación entre los factores del protocolo (como el volumen y flujo del medio de contraste, kilovoltaje [kV] y dosis de radiación efectiva [mSv]) y la calidad de imagen de las CCTA.

Estimar el nivel de concordancia entre los evaluadores para la evaluación de la calidad de imagen de la CCTA.

### **Hipótesis**

Alguno de los factores evaluados influye significativamente en la calidad de imagen de la CCTA.

## **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Diseño del estudio**

Estudio descriptivo, analítico transversal. Análisis secundario de datos.

### **Población y lugar de estudio**

Imágenes rutinarias de CCTA con su ficha de registro para el servicio de Tomografía en el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR) del Perú adquiridas entre setiembre y noviembre del 2022. Todas las imágenes

adquiridas son rutinariamente transferidas al Sistema de Almacenamiento y Distribución de Imágenes del instituto (PACS, Picture Archiving and Communications System), del cual se obtuvieron las imágenes para este estudio. Los criterios de exclusión fueron; imágenes pertenecientes a pacientes menores de 18 años, e imágenes con presencia de dispositivos metálicos como marcapaso, grapas quirúrgicas, bypass y stents coronarios.

### **Muestra**

El tamaño de la muestra se calculó utilizando como referencia valores de atenuación de las arterias coronarias derecha e izquierda reportadas por Utsominiya D. et al (14). El cálculo además consideró la inclusión de los siguientes parámetros; un intervalo de confianza del 95% y potencia de 80%. El tamaño estimado fue de 22 imágenes (Anexo 1). Se decidió ampliar el tamaño de muestra a 50 imágenes de CCTA con el propósito de obtener un mayor número de observaciones para los análisis propuestos. El cálculo fue realizado con el programa OpenEpi.

### **Procedimientos y técnicas**

#### **Preparación e instrucciones**

Conforme con el protocolo establecido por el INCOR, todos los pacientes recibieron un consentimiento informado con el objetivo de asegurar que estuvieran correctamente informados y para obtener su autorización para la realización del examen. Los pacientes fueron evaluados por el cardiólogo, aquellos cuya frecuencia cardíaca era mayor a 60 lpm recibieron bisoprolol (7). De forma rutinaria, el paciente ingresa al área de tomografía y se acuesta

en decúbito supino sobre la mesa del tomógrafo. El personal técnico le coloca electrodos en el tórax, los cuales son conectados a un electrocardiograma integrado al equipo de tomografía para sincronizar su frecuencia cardiaca con el equipo. Los pacientes que no presentaban contraindicaciones a los vasodilatadores reciben dinitrato de isorbida cinco minutos antes de iniciar el examen. Es importante destacar que aquellos pacientes que manifiestan hipotensión no reciben este medicamento debido a que este puede causar disminución en la presión arterial y, en consecuencia, en el flujo sanguíneo, derivando una hipoperfusión tisular (27). Asimismo, por protocolo, a todos los pacientes se les brinda una explicación detallada del procedimiento, se les menciona los posibles efectos que pueden sentir cuando el medio de contraste ingresa a su organismo y se les pide seguir las indicaciones brindadas durante el examen. De igual manera, para garantizar una adecuada inspiración y retención del aire se realizan ejercicios respiratorios (17).

## **Adquisición**

### **Tomógrafo Revolution CT**

Se adquirieron las imágenes con un tomógrafo Revolution CT, General Electric (GE). Un escáner multi-detector de 256 líneas con una velocidad de rotación de hasta 0.28 s y detectores con un espesor de 160 mm. Además, posee una resolución espacial de 0.23 mm y una resolución temporal de 140 ms. Cuenta con ECG integrado y la función Smart Cardiac, esta técnica permite adquirir el corazón en un solo latido permitiendo identificar el ciclo

cardíaco. Emplea la reconstrucción iterativa, específicamente el algoritmo de reconstrucción iterativa estadística adaptativa (ASiR-V) desarrollado por GE y aprobado por la FDA en el 2014. Posee un algoritmo de selección automática, la cual escoge la mejor fase del ciclo cardíaco con el mínimo movimiento coronario denominado Smart Phase.

### **Calibración del equipo**

Cada mañana se realizó el calentamiento del tubo durante 80 segundos seguido de la calibración diaria o rápida, la cual tomó un tiempo de 30 minutos.

### **Procedimiento**

En todas las adquisiciones, se solicitó al paciente inspirar y contener la respiración durante unos segundos. Por protocolo, se adquirió un topograma frontal y lateral desde el ápice hasta la base pulmonar. Luego se procedió con un escaneo sin contraste, el cual se utilizó para cuantificar las calcificaciones en las arterias coronarias (score calcio). El rango de escaneo abarcó desde la bifurcación de la tráquea hasta la base del diafragma, es decir, solo el corazón. Además, esta fase estuvo gatillada con el electrocardiograma (120 kV; 80 mA).

Una vez finalizada la fase de score calcio, se procedió a la obtención de imágenes activadas retrospectivamente por ECG mediante el uso de medio

de contraste yodado; se utilizó el protocolo de Bolus Tracking (Smart Prep, GE) (17). Para ello, se seleccionó una imagen de referencia a nivel de la carina, donde se visualizó el tronco pulmonar y la aorta ascendente. Esta permitió la precisa colocación de la región de interés (ROI) en este último vaso. La adquisición inició automáticamente al alcanzar 150 unidades Hounsfield (UH), abarcando únicamente el corazón como en la fase anterior. El voltaje del tubo (kV) fue escogido manualmente dependiendo del peso del paciente, mientras que la corriente del tubo se determinó automáticamente con el modulador (Smart mA) entre un rango de 250 a 750 mA.

### **Medio de contraste**

Se utilizó contraste yodado Iohexol a una concentración de 350 mgI/ml. La cantidad de contraste fue de 1 mL por cada kilogramo del peso del paciente. Se aplicó el protocolo de inyección bifásica, la cual se caracteriza por la administración completa del medio de contraste en la primera fase, seguida de solución salina. El valor de la inyección de solución salina fue equivalente a la mitad del volumen de contraste administrado, este osciló entre 40 y 50 mL, a una velocidad de 5ml/s.

### **Reconstrucción de la imagen**

Se usó el algoritmo de reconstrucción iterativa estadística adaptativa (ASiR-V, GE) al 50%, con un grosor de corte de 0.625 mm y una matriz de 512 x 512 píxeles. Se ajustó el ancho y nivel de ventana a 800 y 100,

respectivamente y se utilizó el tipo de reconstrucción o kernel Soft. No se aplicaron filtros de post procesamiento a la imagen reconstruida.

Posterior a ello, el algoritmo Smart Phase seleccionó la fase más óptima del ciclo cardiaco dentro del rango del 0% al 100%. Como resultado, la mejor fase en todos los estudios fue al 75% del intervalo R-R, en la fase diastólica.

### **Índice de dosis de la radiación en la CCTA**

#### **Índice de Dosis en Tomografía Computada en volumen (CTDI<sub>vol</sub>)**

Según la Comisión Electrotécnica Internacional, representa la dosis de radiación promedio sobre el volumen escaneado. Esta expresado en miligray (mGy). Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$CTDI_{vol} = \frac{1}{pitch} \times CTDI_w$$

CTDI<sub>w</sub> es el promedio de radiación que se atribuye a un corte específico en un plano determinado (28).

#### **Producto Dosis - Longitud**

El producto dosis-longitud (DLP) es una medida que evalúa la cantidad de radiación aplicada a lo largo de la longitud axial de un paciente durante un examen de CT. Se calcula mediante la fórmula:

$$DLP = CTDI_{vol} \times L$$

En esta ecuación, L hace referencia a la longitud real escaneada a lo largo del eje z del paciente. Está expresada en mGy.cm (28).

### **Dosis Efectiva**

Se usa para estimar la dosis de radiación emitida a un paciente durante una tomografía computarizada, considerando la dosis absorbida por cada órgano en función de la radiación. Su unidad se expresa en milisieverts (mSv). Se calcula multiplicado el DLP por factores de conversión específicos para los diferentes órganos y tejidos del cuerpo (28).

$$\text{Ecuación de dosis de radiación efectiva (E)} = DLP \times E_{DLP}$$

En nuestra investigación, para estimar la radiación emitida durante los exámenes de angiotomografía, se utilizó la dosis de radiación efectiva (mSv) como medida de referencia. Asimismo, para calcular este valor se consideró los valores del DLP total y específico para la CCTA, y se aplicó la ecuación correspondiente utilizando el factor de conversión específico para tórax de 0.014 mSv (29).

### **Análisis de la imagen**

Las imágenes fueron evaluadas por un tecnólogo médico en radiología especializado en tomografía computarizada, un médico cardiólogo y un médico radiólogo; todos especialistas en imágenes cardiacas del INCOR. Los profesionales evaluaron las cuatro arterias principales; arteria coronaria



derecha (ACD), izquierda (ACI), circunfleja (AC) y descendente anterior (ADA) usando una escala Likert con 4 ítems (Excelente, buena, aceptable y no diagnóstica; Anexo 2). El instrumento ha sido usado en diversas publicaciones científicas (30).

La calificación cualitativa de la calidad de imagen, los datos del paciente y la información del protocolo fueron recolectados en una ficha de datos diseñada por los investigadores (Anexo 3).

### **Aspectos éticos**

El protocolo fue registrado en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) - Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT), y fue evaluado por el Comité de Ética de la UPCH (CIE-UPCH) y el Comité de Ética en Investigación de INCOR previamente a su ejecución. Durante la implementación del estudio se respetó los principios éticos delineados en la Declaración de Helsinki, y se siguieron estrictamente las recomendaciones realizadas por el CIE-UPCH.

### **Plan de análisis**

#### **Análisis univariado**

Las variables categóricas fueron resumidas utilizando frecuencias y proporciones, mientras que, las variables numéricas fueron resumidas mediante promedios y desviaciones estándar. Las variables numéricas con

distribución diferente a la normal fueron resumidas utilizando medianas y rangos.

### **Agrupación Significativa**

La agrupación significativa es la combinación no estadística de variables originales basadas en la interpretación de las puntuaciones de las variables. Se usa para crear una variable compuesta a partir de múltiples resultados categóricos o variables continuas, el resultado debe ser guiado por la ciencia del campo (31).

En nuestro estudio, se empleó la agrupación significativa con el propósito de conseguir una puntuación final sobre la calidad de imagen de cada arteria coronaria evaluada. De los múltiples resultados obtenidos se escogió el valor que mayor se repetía en la evaluación de la calidad de imagen que emitieron los tres observadores de cada estudio de CCTA.

### **Análisis bivariado**

Para explorar la asociación entre las variables independientes de naturaleza numérica y la variable dependiente (calidad de imagen), se evaluaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia de observaciones. De acuerdo con los hallazgos se usó la prueba paramétrica t-Student. Para el análisis bivariado de las variables independientes sexo y IMC en relación a la variable dependiente se usó la prueba de  $\chi^2$ , mientras que para las variables score calcio, flujo del medio de contraste y kilovoltaje se

usó la prueba Fischer. Un  $p < 0.05$  se consideró como estadísticamente significativo. La concordancia entre los observadores se evaluó a través de la prueba de kappa. Todos los análisis mencionados se realizaron con el software estadístico Stata 12 (StataCorp, TX, US).

#### **IV. RESULTADOS**

##### **Características del paciente y parámetros del examen**

Las características de los pacientes y los datos de adquisición del examen se encuentran resumidos en la tabla 1. Se evaluaron 50 imágenes obtenidas de 50 pacientes entre 35 a 84 años; 46% de los participantes fueron mujeres. Con respecto al IMC, 34% de los participantes estuvieron dentro del rango de peso normal (18.5 - 24.9 kg/m<sup>2</sup>) mientras que el 42% y 24% se encontraban en el rango de sobrepeso y obesidad, respectivamente.

La mediana de la frecuencia cardiaca fue de 60 (IQR: 11) lpm, [rango, 46 a 109 lpm] cuando se obtuvo la imagen de CCTA. La mediana del volumen del medio de contraste fue de 72 (IQR:12) mL, [rango, 50 a 125 mL] y este fue administrado a una velocidad de 5 mL/s en el 52% de los pacientes.

Se utilizó 100 kV en el 90% de los estudios. La mediana del DLP total fue de 3.9 (IQR: 2.9) mSv y la mediana de la dosis de radiación efectiva de la adquisición angiográfica fue de 2.4 (IQR: 0.5) mSv.

### **Nivel de concordancia**

Los especialistas emitieron puntajes entre los niveles 3 y 4 en cada arteria coronaria evaluada. Se analizaron las especificaciones de las categorías buena (3) y excelente (4), y no se observó una diferencia significativa entre estas, ya que ambos niveles fueron de utilidad diagnóstica. Por lo tanto, se decidió colapsar dichos niveles para evaluar el nivel de concordancia. El nivel de concordancia entre los tres evaluadores dando como resultado un alto valor kappa ( $\kappa=1.00$ , IC=95%).

### **Agrupación Significativa**

En la tabla 2 se muestra la agrupación significativa, la cual es la valoración final obtenida de los resultados que emitieron los tres especialistas sobre la calidad de imagen de las cuatro arterias coronarias principales de cada CCTA.

### **Calidad de imagen de las arterias coronarias**

En la tabla 3 se resumen los puntajes de calidad de imagen de las cuatro arterias coronarias en porcentajes. Para evaluar la calidad de imagen se analizaron las cuatro arterias coronarias principales (arteria coronaria derecha, izquierda, circunfleja y la descendente anterior) de cada angiogramografía coronaria, evaluando en total 200 arterias coronarias.

### **Factores que influyen en la calidad de imagen relacionados al paciente y protocolo**

En la tabla 4 se resume el análisis bivariado entre la calidad de imagen y las variables independientes. Se encontró asociación entre el flujo del medio de contraste ( $p = 0.012$ ) y la calidad de imagen de la arteria coronaria la arteria coronaria derecha. Un flujo de volumen de contraste mayor a 5 mL/s está asociado a excelentes imágenes de CCTA.

La frecuencia cardiaca y la calidad de imagen de la arteria coronaria derecha estuvieron asociadas. Una frecuencia cardiaca más elevada ( $70.3 \text{ lpm} \pm 16.8$ ) está relacionada con una buena calidad de imagen ( $p = 0.016$ ).

Según las especificaciones del instrumento, las imágenes excelentes no presentaron artefacto de movimiento y tienen capacidad completa para evaluar el lumen y estenosis, mientras que, las imágenes buenas presentan un ligero artefacto de movimiento, ruido o pérdida de contorno, pero tienen la capacidad de evaluar la presencia de estenosis luminal y/o calcificaciones.

Por otro lado, el análisis indicó que los factores como sexo, edad, IMC, diámetro de las arterias coronarias, score calcio, volumen del medio de contraste, kV y dosis de radiación efectiva no influyen en la calidad de imagen de una CCTA.

## V. DISCUSIÓN

Las calcificaciones han sido descritas como un factor que afecta la precisión diagnóstica y contribuyen significativamente en la reducción de la calidad de imagen en diferentes estudios previos (20, 32-34). No obstante, en nuestra investigación el score calcio de las arterias no estuvo asociado a la calidad de imagen. Esta discrepancia se podría atribuir al algoritmo ASIR-V, ya que una investigación realizada en el 2021 por Wang et al. hallaron que este algoritmo disminuyó significativamente la puntuación de Agatston, la masa y volumen del calcio mejorando potencialmente la calidad de imagen sin disminuir la estratificación del riesgo cardiaco (35). Además, según Park et al., la técnica ASiR-V reduce los artefactos y el ruido de la imagen en un 80% en comparación con el algoritmo de retroproyección filtrada (FBP), produciendo imágenes de mayor resolución en estudios de CCTA (36). Asimismo, esta divergencia de resultados se podría asociar a los diferentes kilovoltajes usados en las investigaciones previas en comparación con nuestro estudio. Jia et al. encontraron que al emplear un kilovoltaje menor (70 kV) en los estudios de CCTA, se generaron extensos artefactos de calcificación. Posiblemente esto se debió a su baja penetración de voltaje en las calcificaciones provocando artefactos de endurecimiento del haz más notables, a diferencia de nuestro estudio en el cual se empleó un kilovoltaje de 100 en un 90% de los exámenes (37).

En cuanto a la frecuencia cardiaca, a pesar de tener equipos con un mayor número de detectores y tiempos de rotación menores a 0.35 s, recientes

estudios han demostrado que la calidad de imagen decrece con frecuencias cardiacas mayores a 60 lpm (7,13,17,38,39) debido a la presencia de artefactos de escalera y movimiento. En nuestro estudio, se encontró asociación entre esta variable y la calidad de imagen de la arteria coronaria derecha ( $70.3 \pm 16.8$  lpm), sin embargo, no encontramos asociación con la calidad de imagen de las demás arterias evaluadas aun cuando la frecuencia cardiaca fue mayor a 60 lpm. De acuerdo a investigaciones previas, la arteria coronaria derecha se mueve 5 cm durante cada ciclo cardiaco causándole mayor desplazamiento y movimiento en comparación con las demás arterias coronarias (40). Aquello se debe a su ubicación, ya que la arteria coronaria derecha se encuentra en el surco atrio-ventricular, situado en la base del corazón y estudios han identificado mayor movimiento en esa área (41). Otra razón, por la cual esta es más susceptible a presentar artefactos de movimiento es por su dirección de movimiento, dado que este es perpendicular al plano de corte de la tomografía (42,43). Por otro lado, la independencia estadística entre las otras arterias coronarias y la frecuencia cardiaca probablemente se deba al equipo de 256 líneas utilizado, puesto que un estudio realizado en el 2022 por Vecsey-Nagy et al. encontraron que los pacientes con FC altas presentaron menos artefactos de movimiento en un tomógrafo dedicado a estudios cardiacos en comparación con un equipo convencional (44), permitiendo evaluar las arterias coronarias con una excelente calidad de imagen (45). Asimismo, el algoritmo de reconstrucción coronaria específica; “SmartPhase”, usado en el post-proceso mejora el flujo de trabajo clínico en pacientes con frecuencia

cardiaca altas ( $91.1 \pm 19.0$ lpm) (46). No obstante, se recomienda controlar la frecuencia cardiaca con beta bloqueadores para lograr una buena calidad de imagen (47) y emitir una menor dosis de radiación al paciente (16,39)

Cabe considerar que, en nuestro estudio, la mediana de la cantidad de contraste fue de 70 mL y los protocolos actuales emplean entre 60 a 80 mL de contraste para exámenes de CCTA, aunque este valor depende de las características del paciente, equipo y del protocolo utilizado (48,49). Sin embargo, estudios han comprobado que administrando volúmenes bajos de contraste se obtienen imágenes de buena calidad diagnóstica. Benz et al. utilizaron 45 mL de contraste y 120 kV en pacientes con un IMC mayor 30 kg/m<sup>2</sup> logrando una exploración diagnóstica en el 98.4% de los segmentos coronarios (16). Otros estudios recientes han demostrado obtener imágenes diagnósticas usando volúmenes de contraste entre 28 a 40 mL en combinación con valores bajos de kilovoltaje en pacientes con un IMC normal (12,50,51). Esto se debe a múltiples factores; un kV menor aumentará en gran medida el contraste de la imagen y la intensidad de señal debido a las características de absorción de rayos x del yodo (51). Asimismo, se ha comprobado que un equipo con un tiempo de rotación más corto y con reconstrucciones iterativas permiten usar un menor volumen de contraste (52,53). Se sugiere evaluar usar menores volúmenes de contraste teniendo en cuenta el IMC del paciente para reducir los posibles efectos que puedan ocasionar el medio de contraste al paciente y una menor dosis de radiación sin sacrificar la precisión diagnóstica.



Adicionalmente, nuestro estudio evidenció una asociación significativa entre el flujo del medio de contraste y la calidad de imagen de la arteria coronaria derecha dando como resultado excelentes imágenes con flujos mayores a 5 mL/s ( $p < 0.05$ ). De acuerdo a la evidencia disponible, se recomienda administrar un alto flujo de contraste (5 mL/s), ya que ello proporciona un mayor realce y opacificación arterial en los exámenes angiotomográficos en un menor tiempo (49). Asimismo, la duración de la inyección será más corta evitando que el contraste se diluya menos en la sangre. No obstante, Bae señala que no es posible que un flujo mayor entre 8 a 10 mL/s mejore aún más la opacificación del vaso dado que la dispersión inherente del medio de contraste en el compartimiento central de la sangre amortigua el efecto de las inyecciones rápidas en el órgano y, además, aumentan los efectos adversos (49). En nuestro estudio, en el 94% de los casos se administró flujos entre 5 y 6 mL/s, obteniéndose imágenes con excelente y buena opacificación.

La última encuesta internacional de dosis realizada en 62 países encontró que el uso del kilovoltaje de 100 aumentó del 5 al 56% entre el 2007 al 2017, disminuyendo así un 78% de dosis de radiación en la última década (DLP; 2.7 mSv) sin afectar la calidad de la imagen (54). Por otro lado, Masuda et al. demostraron que el uso de 100 kV ayudó a reducir la dosis en un 50% aproximadamente en comparación con el kV de 120 (55). Con esta información se puede inferir que el protocolo usado en el Instituto Nacional

Cardiovascular (INCOR) se alinea a los estándares internacionales actuales, ya que en el 90% de los estudios de CCTA se usó 100 kV dando como resultado una mediana de la dosis efectiva de exposición de 2.4 (0.5) mSv, a pesar de que se tuvo un 42% y 24 % de pacientes con sobrepeso y obesidad, respectivamente. Bajo este escenario, es importante resaltar que la calidad diagnóstica de la imagen no estuvo afectada. En esa misma línea, se conoce que el IMC es directamente proporcional al kV y a la dosis, sin embargo, Golibickas et al. en el 2021 demostró que al usar 100 kV versus un protocolo estándar de 120 Kv en pacientes obesos no solo se reduce un 41% la dosis, sino que se obtienen imágenes aceptablemente diagnósticas en todos los casos (23). De igual manera, Kosmala et al. demostraron que se puede lograr una calidad de imagen adecuada con una exposición razonablemente baja en una población real de pacientes con una alta proporción de sobrepeso y obesidad (56). Un estudio similar realizado el 2022 demostró que hay una correlación entre la degradación de la calidad de imagen y el IMC, sin embargo, esta no fue suficiente para el diagnóstico clínico (15).

Finalmente, nuestros resultados demostraron que no existe una asociación estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) entre el IMC, kV y el DLP. Se considera que la estrategia para obtener excelentes y buenas imágenes de calidad de una CCTA con un kilovoltaje bajo (100 kV) en pacientes con sobrepeso y obesidad, y con dosis menores a 4 mSv seguramente se deba a una combinación de diversos factores propios del equipo, operador y

preparación del paciente. Las características de un equipo moderno con una velocidad de giro de 0.28s permiten obtener excelentes imágenes clínicas en un solo latido cardiaco. Asimismo, un equipo con una amplia área de detectores proporciona una menor exposición a la radiación a pacientes cuya frecuencia cardiaca es inferior a 65 lpm (57). Además, el algoritmo de reconstrucción iterativa permite obtener una mejor calidad de imagen reduciendo el ruido y, al mismo tiempo, evita el aumento en la corriente del tubo, lo que a su vez resulta en una menor dosis de radiación emitida. (58).

## **VI. CONCLUSIONES**

Se concluye, en base al análisis realizado, que existe una asociación estadísticamente significativa entre la calidad de imagen de la arteria coronaria derecha y la frecuencia cardiaca y el flujo del medio de contraste, es decir ambas variables influyen en la calidad de imagen de las CCTA.

Los resultados demostraron independencia estadística entre la calidad de imagen de las CCTA y los factores clínicos del paciente como edad, sexo, diámetro de las arterias coronarias, IMC y score calcio.

No se evidenció una asociación estadística entre la calidad de imagen de las CCTA y los factores de protocolo como el volumen del medio de contraste, kilovoltaje y dosis de radiación efectiva.

El alto valor de Kappa ( $\kappa = 1$ ) obtenido en nuestra investigación indica una fuerte concordancia entre los tres evaluadores (médico radiólogo, médico cardiólogo especialista en imágenes médicas y tecnólogo médico especializado en tomografía computarizada).

## **VII. LIMITACIONES**

El instrumento ha sido ampliamente utilizado en diversas investigaciones (22-24), sin embargo, este no ha sido validado; por ello se acepta que pueden existir sesgos por mala clasificación debido a que la medida de asociación podría estar subestimada.

Se brindó una primera aproximación con un número reducido de observadores para tener una línea base de información, la cual más adelante puede ser evaluada con mayor rigurosidad incluyendo un mayor número de observadores.

Además, se reconoce que una limitación de esta investigación fue la evaluación de solo cuatro arterias coronarias, excluyendo la arteria descendente posterior. Sin embargo, se debe tener en cuenta que se seleccionaron solo las arterias coronarias derecha, izquierda, circunfleja y descendente anterior debido a que investigaciones previas solo han evaluado estas. Por tanto, la información descrita en este documento debe ser

considerada como referencial y preliminar, la cual puede ser comparada con los diferentes antecedentes descritos en la literatura.

Finalmente, los resultados mostrados en nuestra investigación pueden ser útiles para centros con características muy similares a las que hemos estudiado, no obstante, si estos quieren ser extrapolados a diferentes poblaciones sugerimos hacer estudios multicéntricos para validar la consistencia de nuestras observaciones.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que futuras investigaciones evalúen y comparen diversos protocolos y equipos utilizados para realizar exámenes de CCTA en Perú.

Por otro lado, se sugiere el análisis minucioso de aquellos factores que no fueron investigados previamente en relación con la calidad de imagen de la CCTA. Asimismo, se aconseja implementar la evaluación cuantitativa para medir la calidad de imagen a fin de obtener un resultado más completo.

Adicionalmente, se considera necesario que próximos estudios comparen la calidad de imagen en equipos modernos dedicados a realizar estudios de CCTA versus equipos utilizados para exámenes rutinarios y CCTA.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Ghekiere O, Nchimi A, Djekic J, et al. Coronary Computed Tomography Angiography: Patient-related factors determining image quality using a second-generation 320-slice CT scanner. *Int J Cardiol.* 2016;221:970-976.
2. Mansour H, Alajeramo Y, Abushab K, Quffa K. The diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography in patients with and without previous coronary interventions. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences* 2022; 53: 81 – 86.
3. World Health Organization. Cardiovascular diseases. 2021. [Internet]. Disponible en: Cardiovascular diseases (CVDs) (who.int)
4. OPS. La carga de enfermedad Cardiovascular. 2019. [Internet]. Disponible en: La Carga de Enfermedades Cardiovasculares - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud (paho.org)
5. En el Perú, 10 de cada 100 personas que fallecen por COVID-19 padecen de enfermedades cardiovasculares. 2020. [Internet]. Plataforma digital del Estado Peruano. Disponible en: En el Perú, 10 de cada 100 personas que fallecen por COVID-19 padecen de enfermedades cardiovasculares - Noticias - Ministerio de Salud - Plataforma del Estado Peruano (www.gob.pe)
6. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES-2020). 2020. Disponible en: Instituto Nacional de Estadística e Informática (inei.gob.pe)

7. Stocker TJ, Leipsic J, Chen MY, et al. Influence of Heart Rate on Image Quality and Radiation Dose Exposure in Coronary CT Angiography. *Radiology*. 2021;300(3):701-703. doi:10.1148/radiol.2021210245
8. Zarb F, Rainford L, McEntee M. Image quality assessment tools for optimization of CT images. *Radiography*. 2010; 16(2):147-153.
9. Andreini D, Mushtaq S, Pontone G, et al. Diagnostic performance of coronary CT angiography carried out with a novel whole-heart coverage high-definition CT scanner in patients with high heart rate. *Int J Cardiol*. 2018; 257:325-331.
10. Precht H, Gerke O, Thygesen J, et al. Image quality in coronary computed tomography angiography: influence of adaptive statistical iterative reconstruction at various radiation dose levels. *Acta Radiologica*. 2018;59(10):1194-1202.
11. Mahmoudi F, Naserpour M, Farzanegan Z, Talab AD. Evaluation of radiographers' and CT technologists' knowledge regarding CT exposure parameters. *Pol J Med Phys Eng*. 2019;25(1):43-50.
12. Jin L, Jie B, Gao Y, Jiang A, Weng T, Li M. Low dose contrast media in step-and-shoot coronary angiography with third-generation dual-source computed tomography: feasibility of using 30 mL of contrast media in patients with body surface area <1.7 m<sup>2</sup>. *Quant Imaging Med Surg*. 2021;11(6):2598-2609.
13. Qian W, Liu W, Zhu Y, et al. Influence of heart rate and coronary artery calcification on image quality and diagnostic performance of coronary CT

- angiography: comparison between 96-row detector dual source CT and 256-row multidetector CT. *J Xray Sci Technol.* 2021;29(3):529-539.
14. Utsunomiya D, et al. Relationship between diverse patient body size- and image acquisition-related factors, and quantitative and qualitative image quality in coronary computed tomography angiography: a multicenter observational study. *Jpn J Radiol.* 2016;34(8):548-55.
  15. Law WY, Huang GL, Yang CC. Effect of Body Mass Index in Coronary CT Angiography Performed on a 256-Slice Multi-Detector CT Scanner. *Diagnostics (Basel).* 2022;12(2):319.
  16. Benz DC, et al. Minimized Radiation and Contrast Agent Exposure for Coronary Computed Tomography Angiography: First Clinical Experience on a Latest Generation 256-slice Scanner. *Acad Radiol.* 2016;23(8):1008-14.
  17. Abbara S, Blanke P, Maroules CD, et al. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee: Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2016;10(6):435-449.
  18. St Pierre S, Peirlinck M, Kuhl E. Sex Matters: A Comprehensive Comparison of Female and Male Hearts. *Front Physiol.* 2022; 13:831179.
  19. Chian T, Nassir N, Ibrahim MI, Yusof A, Sabarudin A. Quantitative assessment on coronary computed tomography angiography (CCTA) image quality: comparisons between genders and different tube voltage settings. *Quant Imaging Med Surg.* 2017; 7(1): 48–58.



20. Weir-McCall JR, Wang R, Halankar J, Hsieh J, Hague CJ, Rosenblatt S, et al. Effect of a calcium deblooming algorithm on accuracy of coronary computed tomography angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2020, 14(2), 131–6.
21. Shamsul S, Sabarudin A, Hamid HA, Bakar NA, Maskon O, Karim MKA. Evaluation of radiation dose from coronary CT angiography (CCTA) examination associated with prospective ECG-triggering technique in multidetector 640-slice scanner. *J Phys Conf Ser.* 2020;1505(1):012073
22. Richards CE, Obaid DR. Low-Dose Radiation Advances in Coronary Computed Tomography Angiography in the Diagnosis of Coronary Artery Disease. *Curr Cardiol Rev.* 2019;15(4):304-315.
23. Golubickas D, Lukosevicius S, Tamakauskas V, Dobrovolskiene L, Baseviciene I, Grib L, et al. Image Quality in Computed Tomography Coronary Angiography and Radiation Dose Reduction. *Informatica.* 2021;32(4):741-57.
24. Zhang C, Zhang Z, Yan Z, Xu L, Yu W, Wang R. 320-row CT coronary angiography: effect of 100-kV tube voltages on image quality, contrast volume, and radiation dose. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2011;27(7):1059-68.
25. Andreini D, Mushtaq S, Conte E, Segurini C, Guglielmo M, Petullà M, et al. Coronary CT angiography with 80 kV tube voltage and low iodine concentration contrast agent in patients with low body weight. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2016;10(4):322-6.
26. Aupongkaroon P, Makarawate P, Chaosuwannakit N. Comparison of radiation dose and its correlates between coronary computed tomography

- angiography and invasive coronary angiography in Northeastern Thailand. *Egypt Heart J.* 2022;74(1):6. 2022 Jan 25.
27. Ramanlal R, Gupta V. Physiology, Vasodilation. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557562/>
28. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en tomografía computada. *Rev Argent Radiol.* 1 de julio de 2014;78(3):156-60.
29. Trattner S, Halliburton S, Thompson CM, Xu Y, Chelliah A, Jambawalikar SR, et al. Cardiac-Specific Conversion Factors to Estimate Radiation Effective Dose From Dose-Length Product in Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018;11(1):64-74.
30. Allende N F, Araya V K, Madariaga M E, Bitar H P, Paolinelli G P. Calidad de imagen y reducción de dosis en angiotomografía computarizada de arterias coronarias usando protocolo de baja energía. *Rev. chil. radiol.* 2017; 23(3): 130-139.
31. Song MK, Lin FC, Ward SE, Fine JP. Composite variables: when and how. *Nurs Res.* 2013;62(1):45-49.
32. Ochs MM, Andre F, Korosoglou G, et al. Strengths and limitations of coronary angiography with turbo high-pitch third-generation dual-source CT. *Clin Radiol.* 2017;72(9):739-744. 28.
33. Ghekiere O, Salgado R, Buls N, et al. Image quality in coronary CT angiography: challenges and technical solutions. *Br J Radiol.* 2017;90(1072):20160567. 29.

34. De Santis, D, Jin, K. N., Schoepf, U. J, et al. Heavily Calcified Coronary Arteries: Advanced Calcium Subtraction Improves Luminal Visualization and Diagnostic Confidence in Dual-Energy Coronary Computed Tomography Angiography. *Investigative radiology*. 2018, 53(2), 103–109.
35. Wang Y, Zhan H, Hou J, et al. Influence of deep learning image reconstruction and adaptive statistical iterative reconstruction-V on coronary artery calcium quantification. *Ann Transl Med*. 2021;9(23):1726. doi:10.21037/atm-21-5548
36. Park IK, Park J, Kim TH, et al. Non-inferior low-dose coronary computed tomography angiography image quality with knowledge-based iterative model reconstruction for overweight patients. *PLoS One*. 2018;13(12):e0209243.
37. Jia CF, Zhong J, Meng XY, et al. Image quality and diagnostic value of ultra low-voltage, ultra low-contrast coronary CT angiography. *Eur Radiol*. 2019;29(7):3678-3685.
38. Kojima T, Shirasaka T, Yamasaki Y, et al. Importance of the heart rate in ultra-high-resolution coronary CT angiography with 0.35 s gantry rotation time. *Jpn J Radiol*. 2022 Aug;40(8):781-790.
39. Ondrejko M, Salat D, Cambal D, Klepanec A. Radiation dose and image quality of CT coronary angiography in patients with high heart rate or irregular heart rhythm using a 16-cm wide detector CT scanner. *Medicine (Baltimore)*. 2022 Sep 16;101(37):e30583.

40. Balcombe J, Litt H. Coronary CT Angiography. *Radiology Secrets Plus*. 2011;69–76. doi:10.1016/b978-0-323-06794-2.00011-0.
41. Shechter G, Resar JR, McVeigh ER. Displacement and velocity of the coronary arteries: cardiac and respiratory motion. *IEEE Trans Med Imaging*. 2006;25(3):369-375. doi:10.1109/TMI.2005.862752
42. Ren P, He Y, Zhu Y, Zhang T, Cao J, Wang Z, et al. Motion artefact reduction in coronary CT angiography images with a deep learning method. *BMC Med Imaging*. 2022;22(1):184.
43. Ma H, Gros E, Szabo A, et al. Evaluation of motion artifact metrics for coronary CT angiography. *Med Phys*. 2018;45(2):687-702.
44. Vecsey-Nagy M, Jermendy ÁL, Kolossváry M, Vattay B, Boussoussou M, Suhai FI, et al. Heart Rate-Dependent Degree of Motion Artifacts in Coronary CT Angiography Acquired by a Novel Purpose-Built Cardiac CT Scanner. *J Clin Med*. 2022;11(15):4336.
45. Andreini D, Mushtaq S, Pontone G, et al. Diagnostic performance of coronary CT angiography carried out with a novel whole-heart coverage high-definition CT scanner in patients with high heart rate. *Int J Cardiol*. 2018;257:325-331.
46. Wang H, Xu L, Fan Z, Liang J, Yan Z, Sun Z. Clinical evaluation of new automatic coronary-specific best cardiac phase selection algorithm for single-beat coronary CT angiography. *PLoS One*. 2017 Feb 23;12(2):e0172686

47. Androshchuk V, Sabharwal N, St Noble V, Kelion A. Speeding up beta-blockade prior to coronary CT angiography: can we predict the dose of intravenous metoprolol required to achieve target heart rate in a given patient?. *Clin Radiol*. 2021;76(3):236.e21-236.e25.
48. Korosoglou G, Giusca S. Contrast agent volume in coronary computer tomography angiography-where are the limits?. *Quant Imaging Med Surg*. 2021;11(10):4511-4513. doi:10.21037/qims-21-488
49. Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches. *Radiology*. 2010;256(1):32-61.
50. Hein, P.A., May, J., Rogalla, P. et al. Feasibility of contrast material volume reduction in coronary artery imaging using 320-slice volume CT. *Eur Radiol* 20, 1337–1343 (2010).
51. Feng R, Tong J, Liu X, Zhao Y, Zhang L. High-Pitch Coronary CT Angiography at 70 kVp Adopting a Protocol of Low Injection Speed and Low Volume of Contrast Medium. *Korean J Radiol*. 2017;18(5):763-772.
52. Hsiao, E.M., Rybicki, F.J. & Steigner, M. CT Coronary Angiography: 256-Slice and 320-Detector Row Scanners. *Curr Cardiol Rep*. 2010. 12, 68–75.
53. Yin WH, Lu B, Gao JB, et al. Effect of reduced x-ray tube voltage, low iodine concentration contrast medium, and sinogram-affirmed iterative reconstruction on image quality and radiation dose at coronary CT angiography: results of the prospective multicenter REALISE trial. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2015;9(3):215-224.

54. Stocker TJ, Deseive S, Leipsic J, et al. Reduction in radiation exposure in cardiovascular computed tomography imaging: results from the Prospective multicenter registry on radiation dose Estimates of cardiac CT angiography in daily practice in 2017 (PROTECTION VI). *Eur Heart J.* 2018;39(41):3715-3723.
55. Lee AM, Engel LC, Hui GC, et al. Coronary computed tomography angiography at 140 kV versus 120 kV: assessment of image quality and radiation exposure in overweight and moderately obese patients. *Acta Radiol.* 2014;55(5):554-562.
56. Kosmala A, Petritsch B, Weng AM, Bley TA, Gassenmaier T. Radiation dose of coronary CT angiography with a third-generation dual-source CT in a "real-world" patient population. *Eur Radiol.* 2019;29(8):4341-4348.
57. Shamsul S, et al. Evaluation of radiation dose from coronary CT angiography (CCTA) examination associated with prospective ECG-triggering technique in multidetector 640-slice scanner. *J Phys Conf Ser.* marzo de 2020;1505(1):012073.
58. Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Katahira K, Honda K, Tokuyasu S, et al. A knowledge-based iterative model reconstruction algorithm: can super-low-dose cardiac CT be applicable in clinical settings? *Acad Radiol.* 2014;21: 104–110.

## ANEXOS

### *Anexo 1: Tamaño de la muestra*

#### Tamaño de la muestra para comparar dos medias

---

<b>Información de entrada</b>			
Intervalo de confianza (2 lados)		95%	
Potencia		95%	
Razón del tamaño de la muestra (Grupo2/ Grupo 1)		1	
	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Diferencia *</b>
Media	401.4	319.5	81.9
Desviación estándar	56.3	47.6	
Varianza	3169.69	2265.76	

---

Tamaño de muestra del grupo 1	11
Tamaño de muestra del grupo 2	11
Tamaño total de la muestra	22

---

Diferencia entre medias

**Anexo2: Instrumento de análisis de imagen**

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE IMAGEN EN UNA ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA**

Se adquirieron 50 angiotomografías coronarias en un tomógrafo Revolution CT, General Electric de 256 cortes entre setiembre y noviembre del 2022. En la angiotomografía coronaria se presenta una variedad de arterias coronarias. Sin embargo, en esta investigación solo se analizarán cuatro arterias principales: Arteria coronaria derecha (ACD) e izquierda (ACI), circunfleja (AC) y descendente anterior (ADA).

Se dispone de la siguiente escala para evaluar la calidad de imagen de una angiotomografía coronaria. Esta cuenta con cuatro ítems y se debe seleccionar solo uno de ellos para cada arteria, según las especificaciones correspondientes.

¿Cómo califica la calidad de imagen?

PUNTAJE	Aspecto de la imagen	Especificación	Marque			
			A C D	A C I	A C	A D A
1	No diagnóstico (ND)	Existe una pérdida de la capacidad de evaluar las arterias coronarias debido a una extensa pérdida de contorno, artefacto de movimiento, pérdida de contraste, presencia de extensas calcificaciones y ruido excesivo en la imagen.				
2	Aceptable (A)	Suficiente para descartar una estenosis significativa, pero existe una mediana pérdida de contorno, artefacto de movimiento, ruido y disminución del contraste.				
3	Buena (B)	Capacidad para evaluar la presencia de estenosis luminal, de placa aterosclerótica coronaria calcificada y no calcificada, pero existe una ligera pérdida de contorno, artefacto de movimiento, ruido, calcificación o bajo contraste.				
4	Excelente (E)	Capacidad completa de evaluar lumen y estenosis y ausencia de artefacto de movimiento				



*Anexo 3: Instrumento de recolección de los datos*

**FACTORES ASOCIADOS A LA CALIDAD DE IMAGEN DE UNA ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA**

**Código:**

**. FACTORES RELACIONADOS AL PACIENTE Y TÉCNICA**

1. Sexo:                      Femenino ( )    Masculino ( )
  
2. Edad:
  
3. Peso del paciente: \_\_\_\_\_ kg
  
4. Score calcio: \_\_\_\_\_
  
5. Diámetro de las arterias coronarias:
  - ACD: \_\_\_\_\_ mm
  - ACI: \_\_\_\_\_ mm
  - AC: \_\_\_\_\_ mm
  - ADA: \_\_\_\_\_ mm
  
6. Volumen del medio de contraste: \_\_\_\_\_ mL
  
7. Flujo del medio de contraste: \_\_\_\_\_ mL/s
  
8. Frecuencia cardiaca: \_\_\_\_\_ lpm
  
9. Kv: 140 kV ( )    120 Kv ( )    100 kv ( )    80 ( )
  
10. DLP total:
  
11. DLP ccta:
  
12. Dosis Efectiva (mSv):

**Tabla 1: Características del paciente y parámetros del examen (N=50)**

<b>Factores</b>	<b>N (%)</b>
Sexo	
Femenino	23 (46)
Masculino	27 (54)
Edad (Años)*	64.0 ± 12.1
Peso (Kg) **	68 (20)
Talla (m) *	161.1 ± 9.5
IMC	
Normal	17 (34)
Sobrepeso	21 (42)
Obesidad	12 (24)
Score Calcio (UA)	
Score 0	20 (40)
Score 1	3 (6)
Score 2	9 (18)
Score 3	10 (20)
Score 4	8 (16)
Frecuencia Cardiaca (lpm)**	60 (11)
Volumen del MC (mL)**	72 (12)
Flujo del MC (s)	
4.5	3 (6)
5.0	26 (52)
5.5	8 (16)
6.0	13 (26)
Diámetro	
ACD	3.1 ± 0.8
ACI	3.7 ± 0.8
AC	2.7 ± 0.7
ADA	2.8 (0.9)
kV	
100	45 (90)
120	3 (6)
140	2 (4)
Dosis efectiva (mSv) **	
Total	3.9 (2.9)
CCTA	2.4 (0.5)

\*Media ± SD: Desviación Estándar; \*\*Mediana (IQR) Rango Intercuartil; MC: Medio de Contraste

**Tabla 2: Información utilizada para la agrupación significativa**

	<b>Agrupación Significativa</b>			
	<b>Derecha</b>	<b>Izquierda</b>	<b>Circunfleja</b>	<b>Descendente Anterior</b>
1	4	3	3	3
2	3	4	4	4
3	4	3	3	3
4	4	4	3	3
5	4	4	4	3
6	4	4	3	4
7	3	4	3	3
8	4	4	4	3
9	4	4	4	3
10	4	4	3	4
11	4	4	4	3
12	3	3	3	3
13	3	3	3	3
14	4	4	3	4
15	4	4	4	3
16	4	4	4	4
17	4	4	3	4
18	4	3	3	3
19	4	4	3	4
20	4	4	3	4
21	4	4	3	4
22	4	4	4	3
23	4	3	3	3
24	4	4	4	4
25	4	4	4	4
26	4	4	4	3
27	4	4	4	3
28	4	4	3	4
29	4	4	3	4
30	4	3	3	3
31	4	4	4	4
32	3	4	4	4
33	3	3	3	3
34	4	3	3	3
35	3	3	3	3
36	2	3	3	3
37	4	4	4	4
38	3	3	3	3
39	4	4	3	3

40	3	4	4	4
41	3	4	4	4
42	4	4	4	4
43	4	4	4	3
44	4	4	3	4
45	4	4	3	4
46	3	3	3	3
47	3	3	3	3
48	4	4	4	4
49	4	4	4	4
50	4	4	4	4

Puntaje: 1, No diagnóstico; 2, Aceptable; 3, Buena; 4, Excelente

**Tabla 3: Calidad de imagen de las arterias coronarias**

Calidad de Imagen ( <i>Por arteria; n=200</i> )	N (%)
ACD	
Adecuada/Buena	13 (26)
Excelente	37 (74)
ACI	
Adecuada/Buena	14 (28)
Excelente	36 (72)
AC	
Adecuada/Buena	28 (56)
Excelente	22 (44)
ADA	
Adecuada/Buena	26 (52)
Excelente	24 (48)

ACD: Arteria coronaria derecha; ACI: Arteria coronaria izquierda; AC: Arteria circunfleja; ADA: Arteria descendente anterior

**Tabla 4: Análisis bivariado entre las variables independientes y la calidad de imagen**

	Calidad de Imagen ACD			Calidad de Imagen ACI			Calidad de Imagen AC			Calidad de Imagen ADA		
	Adecuada/Buena	Excelente	p	Adecuada/Buena	Excelente	p	Adecuada/Buena	Excelente	p	Adecuada/Buena	Excelente	p
<b>Sexo *</b>			0.509*			0.723*			0.945*			0.555*
Femenino	7 (30.43)	16 (69.57)		7 (30.43)	16 (69.6)		13 (56.5)	10 (43.5)		13 (56.5)	10 (43.5)	
Masculino	6 (22.22)	21 (77.78)		7 (25.93)	20 (74.1)		15 (55.5)	12 (44.4)		13 (48.1)	14 (51.8)	
<b>Edad (Años)</b>	66.2 ± 11.7	63.3 ± 12.3	0.455'	63.7 ± 10.3	64.1 ± 12.9	0.907'	64.3 ± 10.1	63.7 ± 14.5	0.273'	64.9 ± 10.5	63.0 ± 13.8	0.582'
<b>Peso (Kg)</b>	70.3 ± 13.7	69.9 ± 13.6	0.920'	72.3 ± 15.8	69.1 ± 12.7	0.460'	72.1 ± 14.6	67.2 ± 11.7	0.202'	70.7 ± 14.1	69.2 ± 13.1	0.711'
<b>Talla (m)</b>	161.8 ± 11.0	160.9 ± 9.0	0.750'	161.4 ± 10.5	161.0 ± 9.2	0.889'	162.6 ± 9.6	159.2 ± 9.0	0.209'	161.3 ± 9.4	160.9 ± 9.7	0.875'
<b>IMC</b>			0.353**			0.565**			0.572*			0.987*
Normal	3 (17.6)	14 (82.3)		3 (17.6)	14 (82.3)		8 (47.1)	9 (52.9)		9 (52.9)	8 (47.1)	
Sobrepeso	8 (38.1)	13 (61.0)		7 (33.3)	14 (66.7)		12 (57.1)	9 (42.9)		11 (52.4)	10 (47.6)	
Obesidad	2 (16.7)	10 (83.3)		4 (33.3)	8 (66.6)		8 (66.7)	4 (33.3)		6 (50.0)	6 (50.0)	
<b>Score Calcio (UA)</b>			0.301**			0.851**			0.844**			0.893**
Score 0	3 (15.0)	17 (85.0)		4 (20.0)	16 (80.0)		10 (50.0)	10 (50.0)		12 (60.0)	8 (40.0)	
Score 1	0 (0)	3 (100.0)		1 (33.3)	2 (66.6)		1 (33.3)	2 (66.67)		1 (33.3)	2 (66.7)	
Score 2	3 (33.3)	6 (66.6)		3 (33.3)	6 (66.7)		6 (66.7)	3 (33.3)		4 (44.4)	5 (55.6)	
Score 3	3 (30.0)	7 (70.0)		3 (30.0)	7 (70.0)		6 (62.5)	4 (40.0)		5 (50.0)	5 (50.0)	
Score 4	4 (50.0)	4 (50.0)		3 (37.5)	5 (62.5)		5 (62.5)	3 (37.5)		4 (50.0)	4 (50.0)	
<b>Frecuencia Cardiaca (lpm)</b>	70.3 ± 16.8	58.6 ± 7.8	0.016'	66.2 ± 11.5	59.8 ± 11.7	0.086'	62.0 ± 10.4	61.2 ± 13.8	0.822'	64.6 ± 10.2	58.5 ± 12.9	0.075'
<b>Volumen del MC (mL)</b>	75.4 ± 17.9	75.5 ± 12.1	0.977'	79.4 ± 17.3	73.9 ± 11.9	0.207'	78.6 ± 16.2	71.4 ± 8.4	0.620'	76.2 ± 13.9	74.7 ± 13.6	0.706'
<b>Flujo del MC (s)</b>			0.012**			0.593**			0.654**			0.550**
4,5	3 (100.0)	0(0)		1 (33.3)	2 (66.7)		1 (33.3)	2 (66.7)		1 (33.3)	2 (66.7)	
5	4 (15.4)	22 (84.6)		7 (26.9)	19 (73.1)		14 (53.8)	12 (46.1)		12 (46.1)	14 (53.85)	
5,5	1 (12.5)	7 (87.5)		1 (12.5)	7 (87.5)		4 (50.0)	4 (50.0)		4 (50.0)	4 (50.0)	
6	5 (38.5)	8 (61.5)		5 (38.5)	8 (61.5)		9 (69.2)	4 (30.7)		9 (69.2)	4 (30.7)	
<b>Diámetro</b>	3.1 ± 0.8	3.1 ± 0.8	0.960'	3.7 ± 0.7	3.6 ± 0.8	0.678'	2.8 ± 0.7	2.7 ± 0.7	0.431'	3.0 ± 0.7	2.9 ± 0.7	0.924'
<b>kV</b>			0.380**			0.405**			0.386**			0.797**
100	12 (26.7)	33 (73.3)		13 (28.9)	32 (71.1)		24 (53.3)	21 (46.7)		24 (53.3)	21 (46.7)	
120	0 (0)	3 (100.0)		0 (0)	3 (100.0)		3 (100.0)	0(0)		1 (33.3)	2 (66.7)	
140	1 (50.0)	1 (50.0)		1 (50.0)	1 (50.0)		1 (50.0)	1 (50.0)		1 (50.0)	1 (50.0)	
<b>Dosis efectiva (mSv)</b>												
Total	4.9 ± 2.3	4.8 ± 2.1	0.870'	4.1 ± 1.4	5.1 ± 2.3	0.141'	4.8 ± 1.9	4.9 ± 2.3	0.881'	4.8 ± 2.2	4.8 ± 2.0	0.924'
CCTA	2.6 ± 0.2	2.7 ± 0.1	0.812'	2.6 ± 0.2	2.6 ± 0.1	0.808'	2.5 ± 0.1	2.8 ± 0.2	0.137'	2.6 ± 0.1	2.6 ± 0.1	0.980'

\*Chi2 \*\*Fischer 'T-Student

