

GUÍA DE CORONARIOGRAFÍA NO INVASIVA

Dr. Luis Miguel Benítez Gómez, MD.

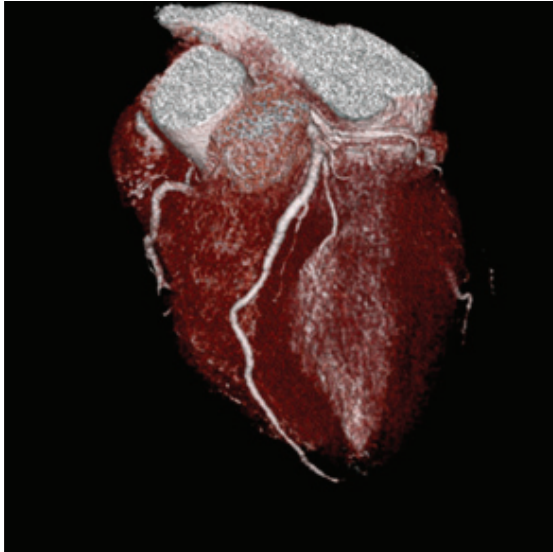


Figura 1. Reconstrucción volumétrica del ventrículo izquierdo y del árbol arterial coronario.



Figura 2. Reconstrucción multiplanar de la arteria coronaria derecha.

Introducción

A raíz del inusitado interés en la evaluación no invasiva del árbol coronario (1), la imaginería cardiovascular ha tenido un vertiginoso desarrollo en los últimos años. En este propósito se destacan, principalmente, las investigaciones y desarrollos tecnológicos en tomografía axial computarizada y en resonancia magnética cardíaca (2), aunque es necesario ratificar que la coronariografía invasiva, ha sido considerada por más de cuarenta años como el “patrón de oro” para establecer el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de la enfermedad coronaria (3). Pese a que ésta ha predominado largo tiempo, incluso con el advenimiento del ultrasonido intravascular y todo el desarrollo imaginológico derivado de esta modalidad, aún es necesaria la invasión del árbol arterial coronario (4). En dicho panorama hace su aparición la coronariografía no invasiva con tomógrafos de 16 cortes, con la cual se abrió la posibilidad de evaluar el lumen arterial coronario -además de la pared

arterial-, con una metodología imaginológica diferente a la de la coronariografía invasiva, situación que generó todo tipo de controversia acerca de la posible aparición de un método alternativo a la coronariografía diagnóstica invasiva (5-7). Con el correr del tiempo, finalmente la tecnología y sus beneficios fueron decantándose y comenzó a gestarse la imperativa complementariedad diagnóstica dentro del armamentarium imaginológico del que dispone la cardiología moderna (1, 8-11). *Figuras Nos. 1 y 2.*

Desde hace más de doce años, a través de la escanografía, ha sido posible la valoración del score de calcio, incluso desde 1980 con el electron beam, cuando se cuantificaba el grado de calcificación del árbol coronario, técnica que cayó en desuso por la magnitud de la radiación. Hoy este score utiliza el puntaje medido en unidades Agatston en las paredes de las arterias coronarias (12). La presencia significativa de calcio, como marcador evolutivo de enfermedad coronaria, parece conferirle al

paciente una re-estratificación más alta de su riesgo cardiovascular global, especialmente en quienes están catalogados en riesgo intermedio, como podrá verificarse más adelante (13). Sin embargo, concomitante con este aporte al posible tamizaje de pacientes, los avances de la tecnología de imágenes lograron aumentar el número de detectores en los equipos de tomografía, con la aparición de 4, 8, 16, 32 y 64 cortes (implementado hace un poco más de seis años) (2), y versiones posteriores con mayor número de detectores hasta 128, 256 y recientemente, 320 cortes.

No obstante, para lograr una calidad y definición óptimas, se requiere la aplicación de beta-bloqueadores antes del procedimiento, con lo cual se busca una imagen del corazón lo más estática posible durante la fase diastólica de la diástasis, a fin de evitar que durante la adquisición exista sobre-posición de imágenes con otras fases del ciclo cardíaco, y una consecuente distorsión de la imagen, por tratarse de estructuras que están en permanente movimiento. En este campo es importante reconocer conceptos que guardan relación con la resolución espacial y la temporal.

La primera hace referencia a la capacidad que tiene el equipo tomográfico para realizar cortes de menor espesor, llegando, incluso, a niveles de 0,35 mm de espesor con los equipos modernos. La resolución temporal, en cambio, se refiere a la capacidad que posee el tomógrafo para tomar una imagen nítida en un objeto que está en movimiento, como es el caso del corazón. Es decir, el equipo perfecto sería aquel que logre una excelente resolución espacial de cortes más pequeños, con la menor resolución temporal, situación ya resuelta por los equipos de angiografía invasiva. Es importante entender que estos equipos angiográficos modernos alcanzan una resolución espacial de 0,1 mm y una resolución temporal menor a 20 ms (3, 14, 15).

Desde hace poco más de cuatro años apareció el Escanógrafo 64c Dual Source (o doble tubo de rayos X), cuya novedad permite mejorar la resolución temporal, que pasa de 165 ms (que se obtiene con el 64c tubo único) a 83 ms (con el 64c Dual Source), favoreciendo una adquisición ultrarrápida independiente de la frecuencia cardíaca (16). Esto se logra gracias a las fuerzas centrífugas de rotación del tubo dentro del “gantry”, el cual por lo general alcanza a realizar tres giros por cada segundo. Generalmente, en los equipos con un tubo de rayos X se logra la adquisición de imágenes cuando ha llegado a 180° de rotación. Con los dos tubos, sólo se adquieren las imágenes a 90° por cada tubo y se superponen las imágenes adquiridas por cada uno de ellos, situación que permite mejorar la resolución temporal con el mismo giro. Es decir, los poseedores de esta tecnología ya no requerirían la administración de beta-bloqueadores y podrían obtener una mejor definición de las arterias así como una mayor valoración de segmentos más distales, aún con frecuencias cardíacas altas (17, 18).

Otros fabricantes optaron por utilizar algoritmos que permiten efectuar reconstrucciones multisegmentarias que pueden mejorar la resolución temporal, y otros simplemente incrementaron el número de detectores (128, 256, hasta 320 detectores). Estos últimos ofrecen la posibilidad de adquirir la totalidad del corazón en un solo latido. Sin embargo, aunque si bien es cierto que se optimiza la resolución temporal, se puede ver afectada por el peso del tubo dentro del “gantry”, lo que permite menos giros por segundo – (19). Además, aspectos como la dosis de radiación por estudio aún no se han definido con estos nuevos desarrollos. De igual forma, pareciera ser siempre necesaria la aplicación de beta-bloqueador, lo cual puede limitar el acceso de múltiples pacientes que no logran la meta de bajar la frecuencia cardíaca o porque existan contraindicaciones para su uso, especialmen-

te en el escenario del paciente en el servicio de urgencias. Así, los modernos equipos de 128, 256, y 320, con rotaciones más rápidas, aún con doble tubo, lograrían una resolución temporal semejante a la de los equipos de doble tubo de 64 C.

Otra limitación evidente para una adecuada resolución espacial y temporal es la presencia de arritmia significativa, dado que los variados momentos del ciclo cardíaco pueden generar distorsiones insalvables en la nitidez de las imágenes (5), la cual podría ser una ventaja de los equipos con mayor número de detectores que permitirían adquisiciones en un solo latido, pero con las desventajas potenciales antes expuestas.

En estos primeros años la literatura se ha volcado en la validación de la técnica para definir si la coronariografía no invasiva responde a la pregunta sobre su capacidad diagnóstica. Su alto valor predictivo negativo – por encima de 96% - posiciona a la coronariografía no invasiva por tomografía, o también conocida como angio-TAC de coronarias, como una herramienta diagnóstica poderosa para descartar la presencia de enfermedad coronaria (3, 20, 21). En estos numerosos estudios de validación, que tienen como “patrón de oro” la angiografía invasiva por cateterismo, se demuestra su alta sensibilidad (>90%), especificidad (>95%) y valor predictivo positivo y negativo (>75% y >98%, respectivamente) en los análisis por segmentos (incluidos los análisis por arteria). De otra parte, en el análisis por paciente, la sensibilidad se ubica por encima de 97%, la especificidad alrededor de 90%, el valor predictivo positivo asciende por encima de 90%, y se mantiene un excelente valor predictivo negativo (22-25). Incluso en nuestro medio hay reportes donde se valida esta tecnología en comparación con el cateterismo cardíaco, más aún con resultados equiparables a los de la literatura mundial (26, 27).

Otra cuestión hasta ahora no resuelta frente a la coronariografía no invasiva por angio-TAC son sus implicaciones pronósticas y terapéuticas. Hasta hoy, la mayoría de estudios arrojan dificultades como alcanzar a definir la incidencia de esta prueba diagnóstica sobre los desenlaces “duros” cardiovasculares de los pacientes en el mundo real (3, 28, 29), y para ello se requiere una muestra significativa de pacientes. Se está a la espera de los resultados del estudio aleatorizado PROMISE del National Heart, Lung and Blood Institute de los Estados Unidos (30), que inició en octubre de 2009, en una población que se espera llegue a 10.000 sujetos con riesgo cardiovascular bajo o intermedio, sometidos a angio-TAC de coronarias vs. prueba funcional, con seguimiento a 2,5 años en promedio y que medirá el desenlace clínico compuesto de muerte e infarto agudo del miocardio. De igual manera, se esperan los resultados del estudio CONFIRM, multicéntrico en seis países de Norteamérica, Europa y Asia, cuyas observaciones tienen como finalidad determinar el valor pronóstico de los hallazgos de la angio-TAC coronaria para predecir eventos cardiovasculares adversos en el futuro, y que en la actualidad incluyó 27.125 pacientes consecutivos con posible enfermedad coronaria, enfermedad coronaria conocida y asintomáticos (31).

Objetivo

Esta guía tiene como meta sensibilizar y orientar al cuerpo médico en el advenimiento de estas novedosas modalidades de diagnóstico cardiovascular por imágenes y proveer herramientas basadas en la evidencia acerca de su utilización racional y proporcionada. Estas nuevas tecnologías permitirán la implementación de recursos modernos para el adecuado, eficaz, eficiente y certero diagnóstico de los pacientes, o complementarán la información clínica y paraclínica ya obtenida, o ambas, para un apropiado discernimiento diagnósti-

co y terapéutico del paciente con enfermedad cardiovascular.

En esta guía clínica se tratarán inicialmente las indicaciones concertadas para el score de calcio. Más adelante se verificarán aspectos relacionados con las recomendaciones para indicar un estudio de angio-TAC de corazón en los siguientes escenarios clínicos:

- Paciente con dolor torácico agudo y posible síndrome coronario agudo.
- Paciente con dolor torácico no agudo o crónico.
- Paciente asintomático para angina.
- Coronariografía no invasiva para la evaluación del paciente revascularizado o con *stents* coronarios.

También se discutirán las indicaciones para pacientes candidatos a cirugía cardiovascular o cirugía mayor en quienes se hace necesario conocer la anatomía coronaria en el preoperatorio, así como las posibles indicaciones para evaluación estructural y funcional cardíaca no coronaria.

Estos aspectos siguen, en parte, cierta lógica y formato del consenso de sociedades científicas norteamericanas de 2006 sobre criterios apropiados para estudios tomográficos de corazón y de resonancia magnética cardíaca (32), y la inclusión de otros criterios en la actualización de estos Criterios de Uso Apropiado que incluyeron además de otras posibles indicaciones, la caracterización de riesgo cardiovascular y probabilidad pre-test, documento publicado en 2010 y actualizado recientemente (33). De igual forma, se incluyeron aportes dados por el Consenso Canadiense de Estándares de Tomografía Computarizada Cardíaca (20) y el reciente Documento Consenso de Expertos sobre Tomografía

Cardíaca del American College of Cardiology Foundation Task Force (3) y las Guías Norteamericanas de Manejo del Paciente Asintomático (34) como el Task Force sobre Score de Calcio (13) y el Task Force sobre Manejo de Angina Inestable e infarto agudo del miocardio sin elevación del ST (35).

Debe anotarse que contrario a las acciones preventivas y de tratamiento que se rigen por indicaciones muy depuradas por la medicina basada en la evidencia, para efectos de la utilización de modalidades diagnósticas, se carece, por lo general, de suficientes estudios prospectivos que evalúen el impacto que su realización verdaderamente tiene para mejorar el pronóstico en determinadas patologías (36). De todas maneras, se encontrarán algunas nuevas y posibles recomendaciones fruto de los actuales desarrollos en el tratamiento de la enfermedad cardiovascular, como es el caso de las endoprótesis valvulares aórtica, y en general, el autor intenta realizar una ponderada agrupación comprensiva de escenarios clínicos en los que se desenvuelve habitualmente un servicio de angio-TAC de corazón, que trata de cubrir los aspectos más relevantes de esta tecnología diagnóstica. En los apartes referentes al paciente asintomático, por ejemplo, en los consensos se manifiestan posiciones controvertidas en cuanto a la realización de estudios tomográficos, incluyendo consensos que catalogan a este tipo de paciente en forma demasiado genérica para la realidad de la práctica cardiológica rutinaria (33, 34). Por lo tanto, las recomendaciones plasmadas para este grupo de enfermos, se basan en lo que aportan estas posiciones inciertas y en otros estudios clínicos que ponderan el aporte del de ayuda diagnóstica en la caracterización de la placa vulnerable, y que encuentran razonable y apropiado el estudio de pacientes asintomáticos pero con riesgo cardiovascular significativo, en determinadas circunstancias clínicas.

Para finalizar, se harán algunas consideraciones especiales acerca de aspectos como la indicación de angio-TAC de corazón y coronarias en pacientes con alteraciones cardíacas estructurales no coronarias, el papel de la coronariografía no invasiva y de los estudios funcionales por resonancia magnética cardíaca, la indicación de angio-TAC con o sin coronariografía en pacientes que requieren intervenciones electrofisiológicas o endovasculares, la radiación, los requisitos y estándares de entrenamiento, y las características y especificaciones de las instalaciones y equipos para estas modalidades imaginológicas cardiovasculares.

Es preciso tener en cuenta que estas guías no pretenden reemplazar el ejercicio de discernimiento clínico individual que enmarca todo acto médico, y han sido diseñadas para la población no pediátrica, por lo cual deben usarse tan sólo como referente conceptual de utilidad clínica.

Fuentes de búsqueda

Dado que la coronariografía no invasiva es una tecnología imaginológica relativamente reciente, no es posible realizar una búsqueda metodológica y sistemática de la literatura en bases de datos tipo Cochrane; no obstante sí fue posible la revisión sistemática en bases de datos tipo Pubmed, Lilac, Scielo y Core Journals. De estas fuentes se obtuvieron y analizaron estudios clínicos retrospectivos y prospectivos, algunos meta-análisis con revisiones sistemáticas, y nueve guías o consensos de expertos.

Es bien reconocido el impacto que los consensos sobre Criterios de Uso Apropriado han tenido y aún tienen sobre la práctica clínica en general. Sin embargo, aunque son válidas las premisas que asumen los autores acerca de las características logísticas de la institución que realiza este tipo de procedimientos

diagnósticos, tales como recurso humano debidamente entrenado, uso de equipos tomográficos adecuados, condiciones clínicas y técnicas mínimas para su adecuada adquisición, seguimiento de protocolos y cursos de acción para toma de decisiones (33), se resalta que esto difiere cuando de establecer el criterio de uso apropiado se trata (36).

La sola definición del criterio de uso lleva consigo una variedad de premisas, sin que pueda agotarse el universo de escenarios clínicos posibles. Por algo tienen que estar en permanente actualización, en parte porque los desarrollos tecnológicos en el tratamiento y la prevención de la enfermedad cardiovascular imponen de manera permanente nuevos desafíos sobre nuevas posibles indicaciones del angio-TAC de corazón, y en general, para cualquier nueva tecnología. Por tanto, si bien en esta guía clínica, de las fuentes se recogen las recomendaciones consideradas como más relevantes, también se tienen en cuenta otras probables recomendaciones que, a juicio del autor, y con base en la literatura, se encuentran en el horizonte de posibilidades de uso, desde una perspectiva clínica y de la Cardiología Intervencionista para el contexto local, regional y nacional, teniendo en cuenta, además que esta tecnología viene implementándose desde hace más de cuatro años en Colombia en diversos centros y por profesionales con más de seiscientos casos estudiados.

Graduación de los niveles de evidencia

Los niveles de evidencia siguen los estándares internacionales acerca de los niveles de evidencia (35), tal como se aprecia en la tabla 1.

Cabe anotar, que por no haber una base extensa y volumen de evidencia suficiente en publicaciones de estudios prospectivos y aleatorizados, meta-análisis y, especialmente, estudios con desenlaces duros (infarto

Tabla 1. Niveles de evidencia y características.

Nivel de evidencia	Características
A	Múltiples estudios clínicos (más de tres) donde se caracterizan sub-poblaciones, en las cuales existe una clara consistencia entre el efecto benéfico o de utilidad del procedimiento.
B	Estudios clínicos limitados (dos a tres estudios).
C	Estudios clínicos muy limitados (uno a dos estudios).

agudo del miocardio o muerte cardiovascular), es difícil establecer una clasificación de indicaciones exhaustiva al estilo de los Task Force (salvo en algunas que se detallarán más adelante), razón por la que ninguna guía de tomografía podría comprometerse con la presentación clínica de conductas taxativas para indicar o no indicar un estudio de angio-TAC de corazón. Sin embargo, es de resaltar que en la medida en que pasa el tiempo de utilización de esta tecnología, con un creciente número de publicaciones en las que se intenta una aproximación a las implicaciones pronósticas de la detección o no de enfermedad coronaria en los pacientes estudiados, se encuentran algunos estudios y meta-análisis. En una publicación reciente se establece que cuando no se encuentra enfermedad coronaria significativa en el angio-TAC, es raro que se presente un evento cardiovascular duro, pero éstos se incrementan en la medida en que se encuentre mayor compromiso coronario (37). Este volumen de evidencia que comienza a acumularse paulatinamente, está gestando la plataforma actuarial madura y suficiente para demostrar, con contundencia científica, las bondades de una estrategia no invasiva y lo que ésta puede significar en la gama de posibilidades diagnósticas del paciente cardiológico.

Por tal motivo, en esta guía el autor tan solo podría comprometerse con plasmar una recomendación plausible en algunas situaciones clínicas, en unos casos, tomando y reforzando criterios planteados por expertos como conductas apropiadas o inapropiadas, y en otros, aportando nuevas posibles luces frente a aspectos aún inciertos o tan novedosos que no alcanzan a mencionarse en estos documentos de expertos o que pudiesen ser situaciones clínicas inciertas o controversiales. De esta manera, en este documento las indicaciones se enunciarán como conductas recomendadas o no recomendadas, a saber. La conducta de solicitud del procedimiento de angio-TAC del corazón podría ser recomendada o considerarse apropiada en el caso que se plantea, cuando la evidencia muestre que la información obtenida puede ser de beneficio para el proceso diagnóstico del paciente, al compararse con los riesgos inherentes al mismo, como lo son la exposición a radiación y la aplicación del medio de contraste (potencialidad de reacciones alérgicas y falla renal). La realización de angio-TAC del corazón se catalogará como no recomendada, cuando en las posibles indicaciones planteadas, el beneficio de su uso sea tan marginal o ninguno, que el riesgo derivado pudiera ser mayor.

Indicaciones diagnósticas

Score de calcio (13, 33) (Tabla 2)

Tabla 2. Recomendaciones y niveles de evidencia para el score de calcio.

Recomendado	Nivel de Evidencia
<ul style="list-style-type: none"> • Puede considerarse útil como estrategia de re-estratificación de riesgo en pacientes con riesgo cardiovascular intermedio. • Historia familiar de enfermedad coronaria prematura en paciente con riesgo cardiovascular bajo. 	B
	C
No recomendado	Nivel de Evidencia
<ul style="list-style-type: none"> • Tamizaje en pacientes con riesgo cardiovascular alto. 	A
<ul style="list-style-type: none"> • Tamizaje en pacientes con riesgo cardiovascular bajo. 	A

Se establece con claridad que los pacientes con riesgo cardiovascular intermedio y score de calcio por encima de 400 U Agatston, se re-estratifican a una escala mayor de riesgo cardiovascular, y por tanto, deben optimizarse las metas terapéuticas para el control de sus factores de riesgo (3). Esto no significa que deban ser conducidos necesariamente a un estudio invasivo, pero ya deben ser inscritos en una escala de riesgo cardiovascular alto (38-40). Podría considerarse la realización de score de calcio sin coronariografía en aquellos con riesgo cardiovascular intermedio y en quienes tengan riesgo cardiovascular bajo con historia familiar de enfermedad coronaria prematura (31). Sin embargo, es importante anotar que no sólo la enfermedad coronaria temprana se relaciona con ateromatosis de tipo calcificado, y esto dejaría de lado la potencialidad de placas blandas vulnerables, las cuales, en edad temprana, pueden tener repercusiones clínicas de mayor severidad, así no esté plenamente validado en los estudios con desenlaces duros en los pacientes asintomáticos (34).

Con respecto al riesgo cardiovascular alto, este grupo de pacientes por sí mismo, ya requiere un tratamiento específico, por lo que un score de calcio alto no aportaría mayor información. Además, parece claro que cuanto mayor sea el compromiso y número de vasos comprometidos, mayor será el score de calcio (41). De igual manera, en pacientes con riesgo cardiovascular bajo, que se asemejan a la población general, el consenso de expertos no recomienda el tamizaje para el score de calcio (13).

Hasta el momento no hay consenso sobre indicaciones absolutas de tamizajes para población general con score de calcio; algunos estudios incluso han abordado el análisis de costo que tendría una propuesta así (42, 43). Empero, pese a que existe un manejo escalonado en estos pacientes, y a razón de los resultados de los estudios que muestran que los pacientes asintomáticos o con angina estable pueden ser tratados médicamente sin intervenciones percutáneas o quirúrgicas, generalmente existe la tendencia a avanzar en el flujograma, que en ocasiones termina

en estudios angiográficos invasivos en estos pacientes tamizados. Con todo, el asunto de falsos positivos no es sólo patrimonio del score de calcio, dado que existe también la posibilidad de que estudios funcionales para detección de isquemia, lleven a estudios angiográficos invasivos no conducentes a intervención (44, 45).

Por tales consideraciones, la recomendación de esta guía se inclinaría a que el score de calcio en los pacientes sintomáticos (46), sólo se practique en pacientes que por indicaciones o recomendaciones precisas, vayan a ser sometidos a coronariografía no invasiva por TAC. Y cabe aclarar que los resultados de score de calcio por encima de 400 U Agatston, de ninguna manera constituyen una recomendación para no continuar el estudio coronariográfico no invasivo contrastado (33).

Detección de enfermedad coronaria en pacientes con dolor torácico agudo y posible síndrome coronario agudo (Tabla 3) (3, 20, 32-34, 47)

El alto valor predictivo negativo (mayor a 96% en las diversas series) y la rapidez en la toma y obtención de resultados permiten acortar los tiempos del flujograma decisorio y la toma de conductas clínicas (47, 48). También es clave el concepto de la probabilidad pre-test, a cuya categorización se le asigna una probabilidad clínica (baja, intermedia o alta) de que el síntoma referido sea de origen coronario o no (3).

Adicionalmente, la angio-TAC posibilita descartar en el mismo estudio, diagnósticos diferenciales como patología de aorta torácica y tromboembolismo pulmonar, con o sin el requerimiento de beta-bloqueadores, dependiendo de la tecnología. Esto se conoce como “triple descarte diagnóstico” por lo que la angio-TAC de coronarias constituye un arma diagnóstica de primera línea en el dolor torácico agudo, con probabilidad pre-test intermedia para síndrome coronario agudo (49, 50). En este punto, el último consenso de Criterios de Uso Apropiado ubica esta indicación como incierta (33); sin embargo, existe un volumen

Tabla No. 3. Recomendaciones Angio-TAC Coronario en Pacientes con Dolor Torácico Agudo.

Recomendado	Nivel de Evidencia
• Dolor torácico de etiología no clara (cuando la sospecha de síndrome coronario agudo es menor frente a descartar tromboembolismo pulmonar o disección aórtica).	B
• Probabilidad clínica baja a intermedia, con electrocardiograma y biomarcadores enzimáticos normales.	C
• Probabilidad clínica baja a intermedia y electrocardiograma no interpretable.	B
• Probabilidad clínica baja a intermedia, electrocardiograma no diagnóstico o biomarcadores enzimáticos equívocos.	B
No recomendado	Nivel de Evidencia
• Probabilidad clínica alta, cambios electrocardiográficos del segmento ST y elevación enzimática.	A

de evidencia abundante sobre los potenciales beneficios de este estudio que no pueden ignorarse y por tanto podría ser recomendable si la posibilidad de diagnóstico etiológico alternativo es igual o mayor al que sea de origen coronario. Adicionalmente, la angio-TAC redundante en disminución de costos hospitalarios y tiempos de estancia de los pacientes en los servicios de urgencias, y posibles hospitalizaciones innecesarias en unidades de cuidado coronario en este grupo (52, 53). Aunque, como anotan los expertos, su realización impone altos estándares logísticos y de protocolo de administración de medio de contraste, teniendo en cuenta los requerimientos de este último en tres ubicaciones diferentes en una misma adquisición (3).

Para los centros que cuentan con la facilidad y disponen de equipos y personal idóneo para realizar tomografía cardíaca, el último Task Force de Angina Inestable (35) considera que la evaluación no invasiva del árbol coronario en pacientes con dolor torácico hasta de probabilidad intermedia para clasificarse como de origen coronario, con seguimiento enzimático y electrocardiográfico normal, como alternativa a otras pruebas funcionales para descartar isquemia, corresponde a una indicación IIa, con nivel de evidencia B. Sin embargo, existen una buena cantidad de publicaciones (47, 49-51) en donde la angio-TAC puede ser de mucha utilidad más tempranamente en los servicios de urgencias, en pacientes con probabilidad baja o intermedia, no solamente por su excelente capacidad diagnóstica, en especial por su capacidad para descartar la enfermedad coronaria significativa como responsable del evento, sino que parece tener un impacto significativo en el tiempo de estancia en urgencias y como se anotaba arriba, evitar hospitalizaciones innecesarias y costosas en unidades de cuidado crítico (51). Adicionalmente, estos posibles escenarios tienen en cuenta la presencia de electrocardiograma no diagnósticos (descenso no significativo

del ST) o no interpretables (bloqueo completo de rama izquierda, síndrome de pre-excitación y/o ritmo de marcapasos) (33). Por este motivo, las indicaciones recomendadas en la tabla 3 obedecen a los criterios recientes de uso apropiado en las instancias de pacientes con dolor torácico agudo con probabilidad baja a intermedia de que el dolor sea de origen coronario, y que tengan electrocardiograma normal, no diagnóstico o no interpretable, aún con enzimas normales o equívocas. Esto es, en resumen, las tres últimas indicaciones expuestas en la tabla, las cuales comprensivamente se encuentran desagregadas, en parte como resultado de los escenarios propuestos en el consenso actualizado sobre criterios apropiados, y en parte por los niveles de evidencia para estas afirmaciones. Es decir, la indicación para el uso recomendado de angio-TAC de coronarias o de corazón en el paciente con dolor torácico agudo de probabilidad baja o intermedia en los servicios de urgencias, tiene una ilimitada aplicación y uso apropiado, a la luz de la evidencia científica actual.

En cambio, en pacientes con probabilidad pre-test alta (33), existe un criterio incierto de los efectos y riesgos del procedimiento versus los beneficios marginales que se obtendrían al utilizar esta estrategia diagnóstica, cuando el electrocardiograma es normal, equívoco o no interpretable, dado que en estos casos se pudiera considerar eventualmente más apropiado pasar a una estrategia invasiva. De igual forma, los pacientes con cambios electrocardiográficos típicos, y alteraciones enzimáticas, específicamente de troponina, claramente se benefician de pasar a una estrategia invasiva, especialmente si los cambios electrocardiográficos son del tipo elevación del ST.

Detección de enfermedad coronaria en pacientes con dolor torácico no agudo sospechoso de angina o equivalente anginoso (Tabla 4) (3, 20, 32, 33)

En la medida en que se hace más frecuente el uso de angio-TAC de coronarias, se hace más recomendable el criterio de pacientes con electrocardiograma interpretable y capacitado para hacer ejercicio, pero con una probabilidad pre-test intermedia de que el dolor sea de origen coronario (33). De manera semejante, el hecho de que los pacientes con probabilidad pre-test baja e intermedia quie-

nes tienen electrocardiograma no interpretable o están incapacitados para realizar ejercicio, se incluyó como criterio apropiado para la realización de coronariografía no invasiva por angio-TAC (33).

Por otro lado, cuando el paciente tiene cuadro de dolor torácico y las pruebas funcionales para la detección de isquemia no son suficientes, sea por resultados equívocos, discordantes o por dificultades de interpretación, puede ser benéfico pasar a una exploración anatómica no invasiva (54, 33). De igual forma, en los pacientes con estudios funcionales pre-

Tabla No. 4. Recomendaciones para Angio-TAC de Coronarias en Pacientes con Dolor Torácico no Agudo

Recomendado	Nivel de Evidencia
<ul style="list-style-type: none"> • Probabilidad clínica pre-test intermedia, electrocardiograma interpretable y capacitado para hacer ejercicio. 	C
<ul style="list-style-type: none"> • Probabilidad pre-test baja o intermedia, electrocardiograma no interpretable o imposibilidad para realizar ejercicio. 	C
<ul style="list-style-type: none"> • Que continúa sintomático a pesar de prueba de esfuerzo electrocardiográfica negativa, o pruebas funcionales de isquemia por imágenes con resultado negativo. 	C
<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas funcionales de isquemia por imágenes (eco estrés o perfusión con Medicina Nuclear) que arrojan resultados equívocos, discordantes o no interpretables. 	B
<ul style="list-style-type: none"> • Historia previa de revascularización miocárdica, previo a ser reintervenido. 	B
<ul style="list-style-type: none"> • Imposibilidad para canulación selectiva de coronarias en paciente estudiado para cirugía cardíaca. 	C
<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes de enfermedad coronaria, intervencionismo con <i>stents</i> coronarios, cuyo diámetro sea igual o mayor a 3,0 mm. 	B
<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes de revascularización miocárdica y persistencia de síntomas. 	B
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando existe sospecha de anomalías coronarias o fístulas arteriovenosas torácicas. 	B
No recomendado	Nivel de Evidencia
<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo cardiovascular bajo, baja probabilidad clínica pre-test de etiología coronaria y pruebas funcionales para isquemia negativas. 	A

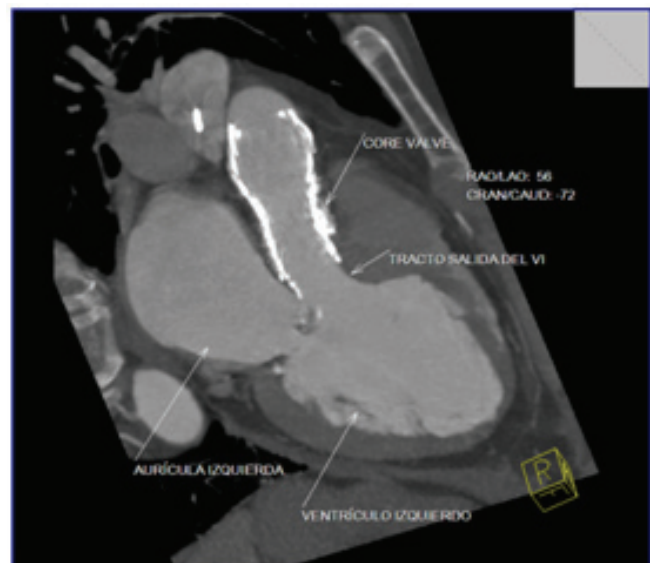
vios negativos, pero con evidencia de inestabilización o empeoramiento de síntomas, puede recomendarse la angio-TAC coronaria para verificar anatómicamente lo que hasta el momento parece funcionalmente descartado (33). Aún aparece un buen volumen de literatura médica en donde se afirma que la coronariografía no invasiva puede ser favorable para despejar dudas sobre la presencia o no de enfermedad coronaria en pacientes que a pesar de tener pruebas funcionales negativas se clasifican en riesgo cardiovascular intermedio o alto (este último por antecedentes de enfermedad coronaria y/o intervencionismo previo), y persisten sintomáticos.

En quienes serán reintervenidos para cirugía cardíaca y tienen antecedentes de revascularización miocárdica con arteria mamaria interna o injertos venosos, por el riesgo inherente a que durante la esternotomía se pueda seccionar el injerto, podría recomendarse la exploración y ubicación del trayecto de la arteria mamaria interna y del puente venoso, que con frecuencia alcanzan ubicación retroesternal. Esto puede ser de gran utilidad quirúrgica para evitar esta complicación (32). Adicionalmente, la visualización y canulación selectiva exitosa de todos los puentes puede ser limitada, por lo que la angio-TAC constituye una excelente fuente de ubicación y caracterización de las anastomosis, tanto proximales como distales. Por consenso de expertos (32, 33), en pacientes que serán sometidos a cirugía cardíaca coronaria, no coronaria o mixta, a quienes no se les puede canular selectivamente un vaso coronario y no se obtiene una adecuada visualización por inyección no selectiva, la angio-TAC puede ofrecer una ventaja significativa para completar la evaluación anatómica en forma no invasiva.

Con el auge del intervencionismo coronario con implante de *stents* (Figura 3), ya se vislumbra el requerimiento de un seguimiento anatómico-fisiopatológico de su evolución,

para el cual la angio-TAC coronaria ha demostrado ser útil en varios estudios clínicos (55-57), especialmente para *stents* de mayor calibre (> 3 mm), con valores predictivos negativos altos para descartar re-estenosis intra-*stent* de más de 50%. El consenso reciente sobre Criterios de Uso Apropriado incluso plantea como inciertas las recomendaciones para su uso en pacientes con *stents* de diámetros igual o superior a 3 mm, excepto en los pacientes con *stent* en el tronco izquierdo (31). Igualmente, alcanzan a proponer como inapropiada la realización de coronariografía no invasiva en pacientes con *stents* menores a 3 mm de diámetro. Sin embargo, aunque el diámetro es sin lugar a dudas una limitante, habría consideraciones intervencionistas tales como la impactación y la sobredilatación de *stents* de menor diámetro o el desconocimiento de parámetros de implantación o procedimentales y denominación sobre las características de los *stents* implantados, situación que no es tan infrecuente y puede resultar insalvable en nuestro medio. Además, cabe recordar que no se han contemplado escenarios clínicos donde persisten síntomas en pacientes intervenidos previamente con pruebas funcionales negativas, o que se clasifiquen en la categoría de pacientes con

Figura 3. Endoprótesis valvular aórtica tipo Corvalve por tomografía computarizada.



pruebas funcionales equívocas y cuya responsabilidad de los síntomas no pueda atribuirse plenamente al *stent*, sino a la evolución de la enfermedad coronaria en general. A esto se suma que aparecen algoritmos tecnológicos de adquisición y pos-procesamiento de imágenes que pueden mejorar la visualización intraluminal de los *stents*. Así mismo, es preciso tener en cuenta los artefactos más comunes que se generan en la visualización de *stents* coronarios por tomografía: la mayor absorción de baja energía de los “struts” de los *stents* hace que aparezcan más gruesos de lo que realmente son. Por otro lado, el efecto de la promediación del volumen parcial puede no permitir una adecuada delimitación del borde del *stent* y el lumen vascular (3); incluso existen reportes de validaciones del estudio de *stents* en nuestro medio (58).

En varias publicaciones y consensos de expertos se demostró que la sospecha de anomalías en las arterias coronarias o fístulas arteriovenosas torácicas es una clara indicación para la evaluación no invasiva del árbol coronario (3, 20, 32, 33). Está más claro que en los casos de pacientes revascularizados sintomáticos, solicitar una angio-TAC de coronarias para hacer una evaluación anatómica de los puentes y de los vasos nativos, pueda ser una indicación recomendable o apropiada (33).

Sin embargo, en pacientes con riesgo cardiovascular bajo, con baja probabilidad pre-test de que el síntoma sea de origen coronario, la predictibilidad de las pruebas funcionales para detección de isquemia es alta, por lo que el beneficio marginal de un diagnóstico anatómico es inferior a los riesgos del mismo. Por tal motivo, en estos casos no estaría recomendada la angio-TAC de coronarias.

Detección de enfermedad coronaria en el paciente sin síntomas de angina (Tabla 5) (3, 20, 32, 33)

Para la Cardiología moderna, volcada al estudio de la placa arterioesclerótica (59), es ya una realidad incontrovertible que algunos pacientes pueden tener placas, que, aun sin obstruir el flujo sanguíneo en forma significativa como para producir isquemia, sí pueden ser susceptibles a ruptura y ocasionar un evento coronario agudo (60, 61). Hasta puede demostrarse cómo el comportamiento hemodinámico de la estenosis tiene repercusiones e implicaciones en los estudios de reserva de flujo fraccional (FFR) (62).

Por este motivo, el mundo cardiológico (investigativo, epidemiológico y clínico), parece querer apartarse de una concepción netamente luminológica de la arteria coronaria, virando hacia un enfoque más comprensivo y fisiopatológico de la enfermedad coronaria cuya consecuencia puede derivar en la muerte súbita: la interrelación entre la pared arterial que alberga una placa inflamada vulnerable de ruptura (63, 64), su relación con los factores de riesgo, los fenómenos de neovascularización, y, por supuesto, el grado de obstrucción arterial con la consecuente potencialidad de isquemia.

Así, con frecuencia se utiliza el ultrasonido intravascular (IVUS) para evaluar la pared vascular y se han reportado sensibilidad, especificidad y valores predictivos positivos y negativos por encima de 90% al comparar los hallazgos de lumen y pared entre coronariografía no invasiva por angio-TAC vs. IVUS (65, 66, 67). En efecto, en una revisión sistemática se observó una excelente correlación entre la caracterización de las placas arterioescleróticas entre angio-TAC e IVUS (68), datos que también se encuentran en otro estudio comparativo previo, en donde se anotaba cierta dificultad para evaluar con precisión,

Tabla No. 5. Recomendaciones de Angio-TAC de Coronarias en el Paciente Asintomático

Recomendado	Nivel de Evidencia
• Historia previa de revascularización miocárdica con arteria mamaria interna, previo a intervención para cirugía torácica o cardíaca no coronaria.	B
• Programado para cirugía cardíaca no coronaria con probabilidad intermedia de tener enfermedad coronaria concomitante.	C
• Programado para cirugía mayor no cardiovascular o cirugía vascular, con baja clase funcional y riesgo cardiovascular intermedio o alto.	C
• Riesgo cardiovascular intermedio, con alta sospecha de isquemia silente y pruebas funcionales equívocas o no interpretables, o prueba de esfuerzo con score de Duke intermedio.	C
• Antecedentes de enfermedad coronaria, intervencionismo con <i>stent</i> en tronco principal de más de 3 mm coronario y/o revascularización miocárdica, y alta sospecha de isquemia silente a pesar de pruebas funcionales negativas.	C
• Falla cardíaca o baja fracción de eyección de reciente diagnóstico para búsqueda etiológica, con probabilidad baja o intermedia de tener origen coronario.	B
No recomendado	Nivel de Evidencia
• Riesgo cardiovascular bajo, baja probabilidad clínica de isquemia silente y pruebas funcionales o coronariografía invasiva previa con resultado negativo.	B

entre las placas no calcificadas, la presencia o no de capa fibrosa delgada, la cual confiere mayor vulnerabilidad (61, 69, 70). Recientemente, se documentó una excelente correlación entre los hallazgos tomográficos y por IVUS e histología virtual (VH), especialmente en los pacientes con lesiones obstructivas coronarias intermedias (71). En este sentido, la angio-TAC de coronarias puede convertirse en una herramienta poderosa como marcador imaginológico no invasivo para la detección o el descarte de enfermedad coronaria, especialmente en pacientes con riesgo cardiovascular incrementado. La angio-TAC, junto

con marcadores séricos como la proteína C reactiva ultrasensible (PCRus) (72, 34), podrían llegar a identificar la placa vulnerable de ruptura (63, 64, 73-75), independiente del grado de obstrucción y de la presencia o ausencia de isquemia. Entonces, sería posible para la coronariografía no invasiva por angio-TAC, valorar y caracterizar la carga lipídica de la placa blanda o mixta e identificar la placa vulnerable de ruptura (76-79). Existen estudios recientes donde se demuestra que la presencia de criterios de remodelamiento extrínseco del vaso con placa blanda demostrada por bajos coeficientes de atenuación in-

traplaca (<150 unidades H) documentadas en angio-TAC, se asocian con la aparición de un evento coronario agudo (77). Adicionalmente, el Prospect Trial, cuyos resultados se publicaron recientemente, demuestra cómo las placas arterioescleróticas angiográficamente o luminográficamente leves, se relacionaron con nuevos eventos cardiovasculares, en particular aquellas que mediante IVUS mostraron una capa fibrosa, una carga significativa de placa arterioesclerótica (mayor a 70%) y un área luminal de 4,0 mm² o menos (80). Esto es de gran relevancia dado que emergen estudios con desenlaces duros derivados de una prueba diagnóstica con capacidad para predecir, según los hallazgos y las características de la placa arterioesclerótica, la probabilidad de eventos cardiovasculares en el futuro, y abre el campo a la consideración de este estudio en pacientes con riesgo cardiovascular alto y posible enfermedad coronaria significativa.

Por tanto, no cabe duda que el nivel de obstrucción y la isquemia son indicadores indispensables de posible intervención coronaria percutánea o quirúrgica. Pero, el reconocimiento de la placa vulnerable aún sin obstrucción crítica ni isquemia, favorecerá una intervención farmacológica y no farmacológica más agresiva, y una mayor conciencia de la enfermedad por parte del paciente, que le facilitará la aceptación y adherencia hacia la modificación de sus hábitos y la obtención de metas terapéuticas en el control de sus factores de riesgo. De este modo, este esfuerzo podría interferir de manera positiva en el desenlace ya conocido de los pacientes con riesgo cardiovascular intermedio y alto, sobre todo, si uno de los objetivos es la reducción de la carga lipídica de la placa arterioesclerótica, relacionada con eventos cardiovasculares (81).

En nuestro medio ha existido interés por acercarse a la caracterización de la placa (blanda, mixta o calcificada) y por intentar encontrar los factores asociados a dicha caracterización (82, 83). También cabría preguntarse cuál sería eventualmente el método de elección para la definición y el seguimiento de los estudios de regresión de la placa en pacientes tratados de forma agresiva con estatinas. Esto plantea un desafío para la angio-TAC de coronarias como plataforma imaginológica en la investigación de la placa arterioesclerótica, teniendo en cuenta que la evaluación de progresión o regresión de la placa se sigue, desde el punto de vista investigativo con IVUS (84), y como ya se ha planteado, la correlación entre este método que es invasivo, con el tomográfico no invasivo, es comparable.

De otro lado, en pacientes asintomáticos, programados para cirugía cardíaca no coronaria con historia de revascularización previa con arteria mamaria interna, o sin cirugía previa, pero con probabilidad intermedia para tener enfermedad coronaria concomitante, se recomienda la angio-TAC de coronarias (33). En la primera recomendación, se busca definir el trayecto de los injertos, especialmente el de arteria mamaria interna, ya sea derecha o izquierda, para evitar seccionar el injerto durante el abordaje quirúrgico. En el segundo caso, se trata de evitar una exploración invasiva del árbol coronario en un paciente que será sometido a cirugía cardíaca por patología diferente a la coronaria, con una probabilidad intermedia de padecer enfermedad coronaria concomitante. Además, como se comentó previamente, por consenso de expertos (32, 33), en pacientes que serán sometidos a cirugía cardíaca coronaria, no coronaria o mixta, a quienes no se les puede canular selectivamente un vaso coronario y no se logra obtener una adecuada visualización por inyección no selectiva, la angio-TAC puede ofrecer una ventaja significativa para completar la evaluación anatómica en forma no invasiva.

De otro lado, los casos de cirugía mayor no cardíaca, con historia previa de enfermedad coronaria, pueden beneficiarse de una exploración no invasiva del árbol coronario (85). En el último consenso sobre Criterios de Uso Apropriados, no existe acuerdo frente a esta indicación para pacientes con cirugía no cardíaca, de riesgo intermedio, y cirugía vascular, y aparece clasificada como criterio incierto para uso en pacientes con baja clase funcional (menor a 4 MET) y con más de un factor de riesgo cardiovascular (33). Sin embargo, cuando existe riesgo cardiovascular elevado, la realización de angio-TAC de coronaria podría recomendarse siempre y cuando se prevea que el resultado modificará el tratamiento. Es de anotar que para este efecto, los tiempos de adquisición y cubrimiento anatómico serán más largos, con las consecuentes consideraciones respecto a la colaboración del paciente, quien requerirá un período de apnea más sostenido, y, posiblemente, mayor cantidad de medio de contraste y radiación (3).

En algunos reportes y en la práctica clínica común, con frecuencia para pacientes con riesgo cardiovascular intermedio o alto pero sin síntomas de angina, se efectúan pruebas funcionales mediante tamizaje, que arrojan resultados positivos y cuya veracidad en muchos casos requiere una confrontación anatómica que podría realizarse preferiblemente de forma no invasiva (86, 87). Incluso en los escenarios en donde se han realizado prueba de esfuerzo y electrocardiograma a pacientes asintomáticos, sedentarios, con riesgo intermedio, como parte de estratificación de riesgo cardiovascular o evaluación de la clase funcional (clase IIb, nivel de evidencia B) (34), la versión actualizada del Consenso de Criterios Apropriados, contempla la realización de angio-TAC coronaria cuando la prueba de esfuerzo ha arrojado un score de Duke que se interpretó como intermedio. Así mismo, puede haber casos de pacientes asintomáti-

cos, con historia familiar de enfermedad coronaria, con Score de Calcio elevado (Clase IIb, nivel de evidencia A), intervencionismo previo o revascularizados, o pacientes diabéticos, a quienes por alta sospecha de enfermedad silente, se les realizan pruebas funcionales tipo perfusión miocárdica con medicina nuclear o eco estrés que arrojan resultados no concluyentes o equívocos. Por esta alta sospecha de enfermedad coronaria silente, pudiera optarse por realizar una angio-TAC coronaria para descartar la presencia de enfermedad coronaria significativa .

Tales escenarios clínicos no son tan infrecuentes, a pesar de que estas indicaciones para estudios funcionales de detección de isquemia sean “off label”; es decir, realizadas pese a que su indicación sea catalogada como clase III (como pudiera estar catalogada la realización de ecocardiograma de estrés en el paciente asintomático con riesgo cardiovascular leve a intermedio en las guías referidas) Estos resultados entregados como resultados equívocos o no interpretables, sin embargo, no podrían ser tenidos en cuenta por los consensos de expertos o de criterio de uso apropiado , al menos con la base científica actual, pero son de frecuente ocurrencia en el escenario de la práctica médica del “mundo real”..

En general, la controversia se da en pacientes asintomáticos pero con riesgo cardiovascular intermedio o alto, puesto que no se ha logrado llegar a consenso sobre cuáles serían los casos ideales para evaluar de forma no invasiva (88). Buena parte de esta discusión se establece porque muchos ejemplos de pacientes sintomáticos con angina estable se benefician tan solo de manejo médico óptimo (89, 90), argumento clínico que no puede extrapolarse a los pacientes asintomáticos con riesgo cardiovascular, especialmente intermedio o alto, dado que pueden estar más relacionados o ser portadores de placas de

características blandas (91) en lugar de calcificadas -estas últimas parecen presentarse más y estar asociadas con cuadros clínicos estables-. Lo que sí parece esbozarse con claridad, es la dificultad para que este estudio se recomiende o indique a manera de tamizaje (92-96). Una de las razones para esta falencia, es que a pesar de que hay un creciente número de estudios que muestran que el hallazgo de una placa catalogada como vulnerable incide en desenlaces duros con la subsecuente capacidad de predecir la presentación de infarto agudo del miocardio o muerte por causa cardiovascular, se requiere un volumen mayor de evidencia para que la angio-TAC de corazón pueda implementarse categóricamente en el paciente sin síntomas de angina hasta el momento (77, 97, 99). Sin embargo, como se anotaba en la sección de los niveles de evidencia, en la medida en que la utilización de la angio-TAC va sedimentándose, aparecen revisiones sistemáticas y meta-análisis en los que emergen implicaciones pronósticas cuando se descarta o se detecta enfermedad coronaria (37).

Existen mayores reportes y conceptos emitidos por consensos de expertos, acerca de la utilización de la coronariografía no invasiva para descartar la enfermedad coronaria como factor etiológico de una cardiopatía dilatada reciente con baja fracción de eyección o falla cardíaca de causa indeterminada (32, 33).

De igual forma, aunque aparecen reportes sobre la conveniencia del seguimiento de los pacientes pos-trasplante cardíaco que requieren, por protocolo, estudios angiográficos que la mayoría de veces arrojan resultados normales (2), esta guía quiere plasmar como una posible indicación, la tomografía cardíaca como método de seguimiento de estos pacientes. En el reciente consenso sobre Criterios de Uso Apropiado, esta indicación se ubica en el terreno de la incertidumbre (33), pero el consenso de expertos parece mos-

trarse proclive a su consideración (3).

A pesar de que la patología, o patrón de compromiso vascular coronario, hallada en los pacientes sometidos a trasplante es de naturaleza difusa y concéntrica, en quienes la manifestación clínica con frecuencia ocurre en ausencia de enfermedad significativa, aún, por protocolo, sigue realizándose la coronariografía de seguimiento. Esto conlleva la utilización de IVUS para detectar las placas silentes en la angiografía. Existe un volumen de evidencia científica cada vez mayor tendiente a la implementación de la coronariografía no invasiva con angio-TAC, dado que con este método, además de evaluar el lumen, también es posible explorar la pared vascular con buena correlación, tal como se expuso anteriormente (3).

Parece claro, de todas maneras, que no estaría recomendado en pacientes sin síntomas de angina, con riesgo cardiovascular bajo, a quienes se les han realizado pruebas funcionales para la detección de isquemia que han arrojado un resultado negativo.

Consideraciones especiales

Otras indicaciones de angio-TAC de corazón con o sin coronariografía no invasiva (Tabla 6) (3, 20, 32, 33)

El intervencionismo electrofisiológico requiere cada vez más del aporte imaginológico de la angio-TAC de corazón para la definición de trayectos y drenajes venosos pulmonares y del seno coronario, con la posibilidad de evaluar simultáneamente y en forma no invasiva, el árbol arterial coronario -esto cuando es posible en pacientes sin arritmia significativa en el momento de la adquisición-. De igual forma, aunque no de manera rutinaria, en procedimientos fallidos de implante de marcapasos tricameral o biventricular para resincronización cardíaca, puede ser necesario el mapeo

Tabla No. 6 Otras Recomendaciones de Angiotac de Corazón

Recomendado	Nivel de Evidencia
• Mapeo de venas pulmonares previo a ablación con radiofrecuencia para fibrilación auricular.	B
• Mapeo venoso de corazón previo a implantación de marcapasos tricameral.	C
• Evaluación de características anatómicas de plano valvular aórtico previo al implante de endoprótesis valvular aórtica.	C
• Condiciones cardiológicas estructurales o funcionales valvulares (nativas o protésicas), con sospecha de disfunción no esclarecida con otras modalidades imaginológicas.	C
• Evaluación de masas cardíacas (trombo o tumor) en pacientes con limitación de imágenes por ecocardiografía o resonancia magnética cardíaca (o contraindicaciones).	C
• Evaluación de condiciones pericárdicas (masas, constricción o complicaciones de cirugía cardíaca) en pacientes con limitación de imágenes por ecocardiografía o resonancia cardíaca (o contraindicaciones).	B
• Evaluación de morfología cardíaca en pacientes con cardiopatía compleja.	
• Evaluación de función ventricular izquierda y derecha.	
No recomendado	Nivel de Evidencia
• Como estudio morfológico y funcional cardíaco inicial para evaluar masas cardíacas, válvulas cardíacas, pericardio, función ventricular y cardiopatías congénitas complejas en adultos.	B

venoso cardíaco para ubicar con precisión el origen y trayecto del seno coronario (3, 20, 32, 33).

También se avanza en el país con la implementación de procedimientos endovasculares novedosos, como es el caso del implante percutáneo de endoprótesis valvulares aórticas en pacientes con estenosis aórtica severa (100, 101) *Figura 4*. Parte del éxito prima-

rio y a largo plazo depende de la información obtenida por angio-TAC acerca de las características anatómicas del tracto de salida del ventrículo izquierdo, el plano valvular aórtico y su anillo, y la región sinotubular (102, 103). El grado de calcificación del plano valvular, según a clasificación de Seigburg (*Figura 5*) y por puntaje de Agatston, puede incidir en la posibilidad de presentar insuficiencia paravalvular significativa y en la necesidad de

pos-dilatación después de implantar la endoprótesis. Por tanto, la planificación del procedimiento con medidas combinadas entre ecocardiografía transtorácica (TEE) y angio-TAC parece ser determinante, teniendo en cuenta que este tipo de pacientes, habitualmente han sido rechazados para cirugía cardíaca por co-morbilidad significativa. De igual manera, en caso de no haber obtenido una adecuada información estructural y funcional de la patología estructural y funcional valvular, y que se sospeche disfuncionalidad, bien sean válvulas nativas o protésicas, puede considerarse apropiado el uso de angio-TAC de corazón (33).

Las masas intracardíacas al igual que las condiciones patológicas pericárdicas son susceptibles de evaluación mediante angio-TAC de corazón, pero no como indicación inicial, sino en los casos en que otras modalidades diagnósticas no hayan logrado esclarecer la condición clínico-patológica. Por este motivo, cuando hay limitaciones en las imágenes que pueden ofrecer metodologías no invasivas de

más frecuente uso para la evaluación estructural y funcional cardíaca, se podría imponer la angio-TAC de corazón, que además puede evaluar simultáneamente el árbol coronario. Esto es de vital importancia para la precisión acerca de aspectos morfológicos en pacientes con cardiopatía compleja, en donde es primordial definir los diversos componentes, conexiones y drenajes vasculares. Sin embargo, para este efecto, debe tenerse claro que la angio-TAC en realidad pueda resolver la pregunta en cuestión, y cuando hayan fallado las otras modalidades de diagnóstico imagenológico cardiovascular (33).

En cuanto a la evaluación de la función ventricular, tanto izquierda como derecha (33), aunque se puede realizar adecuadamente mediante angio-TAC por cine al menos en tres ejes – lo que permite evaluar contractilidad en cuatro cámaras, dos cámaras, eje largo y eje corto simultáneamente-, raras veces se solicita como indicación, a la cual se recurre por su alta precisión diagnóstica y por no tener que recurrir a exposición a radiación ionizante

Figura 4. Estenosis valvular aórtica con calcificación masiva (Score de Siegburg).

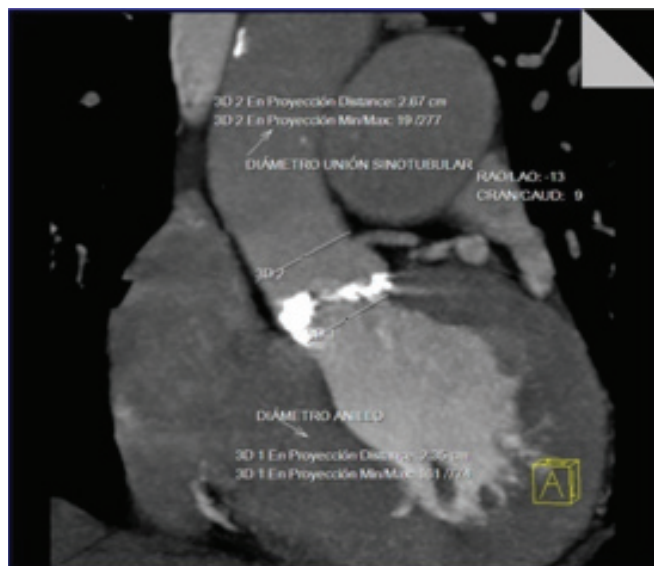
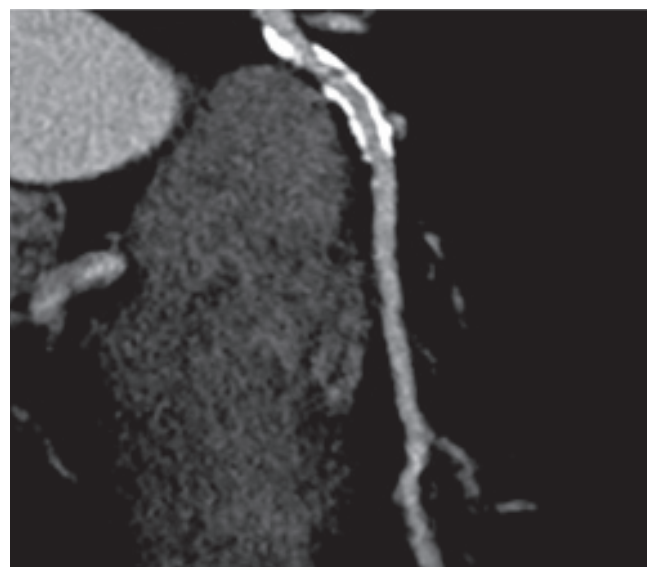


Figura 5. Reconstrucción multiplanar de la arteria descendente anterior con calcificación proximal y stent en el tercio proximal a medio.



única, dado que generalmente la ecocardiografía transtorácica es un medio más versátil, rápido y seguro de evaluación estructural y funcional. Sin embargo, puede ser crucial en casos en que la ventana acústica ecocardiográfica sea limitada, o cuando haya contraindicación para evaluación funcional por resonancia magnética cardíaca, a la cual se acude por su precisión diagnóstica para función biventricular y por no ser necesaria la exposición a radiación ionizante. No obstante, cuando se hace angio-TAC de corazón, con o sin modulación de dosis, se obtienen necesariamente las imágenes que posibilitan la reconstrucción para evaluar integralmente la función ventricular. Esto será cada vez menos frecuente en la medida en que se utilice gatillado electrocardiográfico prospectivo secuencial o modulación de dosis para las adquisiciones, las cuales se hacen con el fin de reducir la dosis de radiación (3).

Indicaciones de estudios no invasivos por resonancia magnética del corazón (Tabla 7) (30)

También hay avances imaginológicos importantes en resonancia magnética cardíaca, en donde se destaca la detección de los orígenes y recorridos de las arterias coronarias en pacientes con posibles anomalías coronarias (104). Es de resaltar, que si bien hay avances en la detección de enfermedad obstructiva coronaria por resonancia, el nivel de evidencia actual no permite ser recomendado como indicación apropiada de coronariografía no invasiva. Sin embargo, en el evento de estarse realizando un estudio de resonancia de corazón, es probable, mediante la aplicación de algunas secuencias específicas, la valoración de los segmentos proximales –e incluso a veces más distales- de los vasos coronarios, por lo que la detección de orígenes anómalos coronarios se hace bastante factible (105, 106). De igual forma, está suficientemente validado que en la valoración de pacientes con dolor torácico agudo y estudio coronariográfico normal, se impone, con frecuencia, la necesidad de descartar miocarditis como factor etiológico, para lo cual el método de elección es la resonancia cardíaca. Por imágenes en T2W, se puede demostrar la presencia de edema y con la evidencia de realces tardíos tras la in-

Tabla No. 7 Recomendaciones para Resonancia Magnética Cardíaca para Enfermedad Coronaria

Recomendado	Nivel de Evidencia
• Sospecha de anomalía coronaria.	B
• Coronariografía invasiva normal por dolor torácico para descartar miocarditis.	A
• Dolor torácico, probabilidad intermedia de enfermedad coronaria, electrocardiograma no concluyente e incapaz de hacer ejercicio (resonancia magnética de estrés con dobutamina o adenosina/ dipiridamol).	A
• Resonancia magnética de estrés para evaluación de isquemia de estenosis de significancia no definida documentada por coronariografía invasiva o no invasiva.	A

yección de gadolinium, se ha constituido en el patrón de oro (30) para establecer el diagnóstico de miocarditis.

Cuando los pacientes con dolor torácico con probabilidad intermedia para enfermedad coronaria tienen electrocardiograma no concluyente y manifiestan limitaciones para la práctica de ejercicio, la resonancia magnética cardíaca de estrés es un método excelente para descartar isquemia o zonas de infarto o necrosis; además cuenta con el potencial de realizar secuencias orientadas a evaluar la anatomía coronaria. En igual sentido, en quienes anatómicamente, bien sea por coronariografía invasiva o no invasiva por angio-TAC, se ha documentado estenosis cuyo grado de significancia sea incierto, nuevamente la resonancia estrés puede ser útil para el discernimiento clínico de funcionalidad (isquemia, reserva contráctil y viabilidad miocárdica) (107).

Radiación

Con el advenimiento de modalidades de diagnóstico imaginológico modernas, el tema de la radiación y la dosis acumulativa anual ha cobrado gran relevancia y vigencia (108). El promedio de radiación medida en milisieverts (mSv) de una angio-TAC coronaria es de 9 mSv con modulación de dosis con rangos entre 8 – 13 mSv para equipos de 64 cortes, comparables con la perfusión por medicina nuclear con sestamibi (9-12 mSv), los cuales deben contrastarse con los de cateterismo cardíaco diagnóstico, cuyo promedio es de 7 mSv con rangos que oscilan entre 2 – 16 mSv (14).

Es así como emerge el concepto de dosis acumulativa a lo largo de la vida, que incide en los efectos estocásticos de la radiación, lo que en inglés se conoce como lifetime attributable risk (LAR). Estos LAR son particularmente altos para las mujeres, jóvenes en especial, con cálculo de incidencia de cáncer por LAR en 1:284 para mujeres de 40 años,

en comparación con 1:1.007 hombres de la misma edad (3, 14).

En estudios poblacionales recientes, se tomaron puntos de corte para establecer niveles de exposición a la radiación en los siguientes rangos:

- Menor o igual a 3 mSv/año: corresponde a la exposición a la radiación de la naturaleza.
- Entre 3 y 20 mSv/año (este último punto de corte corresponde a la dosis tope máxima establecida para personas que trabajan con exposición a la radiación en un periodo de cinco años).
- Exposiciones anuales superiores a los 20 mSv.

De 954.420 adultos en Estados Unidos, con seguimiento a tres años, 9,5% requirió un examen anual de corazón por imágenes. El 3 por 1.000 requirió más de un estudio al año lo cual significó que la dosis promedio acumulada por año fue de 23,1 mSv, y 89 de cada 1.000 tuvo exposición anual acumulada de radiación entre 3-20 mSv (109).

Recientemente se estudió que la aplicación de radiación en los estudios tomográficos con equipos de 64C, existe un riesgo potencial, (que debe ajustarse a la edad y al género femenino), de desarrollar cáncer pulmonar en dosis de 42-91 mSv, y cáncer de seno en dosis entre 50-80 mSv, lo que permite estimar un LAR de: 1 en 143 mujeres para mujeres de veinte años y 1 en 3.261 mujeres para mujeres de ochenta años. Al realizar simulación para adquisiciones con modulación de corriente de energía, este riesgo disminuye a 1 en 219 mujeres, y a 1 en 5.017 mujeres, respectivamente. Para mujeres y hombres de sesenta años, el LAR disminuye a 1 en 715 en mujeres y a 1 en 1.911 en hombres (110).

Por tal motivo, se diseñaron algoritmos para reducir estas dosis al mínimo, como la modulación de dosis durante el ciclo cardíaco (menor dosis en la mayoría del ciclo cardíaco), o gatillado prospectivo en determinado momento del ciclo cardíaco, con lo que las dosis efectivas administradas pueden reducirse hasta llegar a 1 – 3 mSv (111-114).

Por lo tanto, la recomendación general es ajustar los equipos a estos algoritmos de reducción de dosis para minimizar los riesgos de radiación inherentes a este procedimiento imaginológico.

Estándares para el entrenamiento y la implementación de instalaciones en imaginología cardiovascular por tomografía axial computarizada

Dado el interés que ha suscitado este desarrollo imaginológico, las sociedades científicas se han movilizado y es así como emergen (115) y se reformulan (116) nuevas disposiciones en las agremiaciones imaginológicas cardiovasculares en Estados Unidos y Europa (117) para el entrenamiento en estas tecnologías (*Tabla 8*).

Por consiguiente, ante el crecimiento de estas y otras modalidades diagnósticas en Colombia, deberían implementarse lineamientos de entrenamiento estas nacientes modalidades diagnósticas estas prácticas, porque las interpretaciones también impactan el número de hallazgos incidentales durante la prueba y el comportamiento de los valores predictivos de la misma, situaciones que a su vez pueden no solo la interpretación y las consecuencias sobre los pacientes, sino que pueden afectar los costos en salud (118-120). Dado que los casos sometidos a angio-TAC de corazón o coronarias surgen, la mayoría de las veces, por la solicitud de un especialista en Medicina Interna, Cardiólogo Clínico y por sub-especialidades cardiológicas, Cirujano Cardiovascular o Anestesiólogo Cardiovascular, la recomendación de esta guía es que un Cardiólogo con experiencia en imágenes y anatomía coronaria, esté involucrado en todo el proceso del estudio: evaluación de las indicaciones, adquisición y pos-procesamiento de las imágenes. Esto favorecerá una óptima utilización de esta tecnología, evitando la inclusión de pacientes con indicaciones no recomendadas y con un análisis comprensivo orientado a incidir en el proceso de discernimiento clínico de los pacientes.

Tabla No 8. Niveles, Duración y Especificaciones de Entrenamiento en Angio-Tac de Corazón.

	Nivel	Duración (meses)	Casos realizados	Casos interpretados
Angio-TAC de corazón (116)	I	1	0	50
	II	2	50	150
	III	6	100	300

De igual manera, las instituciones que pres-
ten servicio de angio-TAC de corazón deben
contar con cierta infraestructura tecnológica
que garantice los estándares de cumplimien-
to para la realización de este procedimiento
diagnóstico. En cuanto al tomógrafo, este
debe ser capaz de alcanzar una resolución
espacial menor a 0,5 x 0,5 mms axial -que
permita una reconstrucción isotrópica en las
estaciones de trabajo -, y una resolución tem-
poral inferior a 0,25 segundos. El tubo debe
tener una capacidad de calentamiento que
permita adquisiciones mayores a 20 segun-
dos, y deben implementarse estrategias de
reducción de dosis de radiación más allá de la
modulación electrocardiográfica de la dosis,
tales como gatillado prospectivo o secuenciaci-
ón. Los inyectores, preferiblemente de doble
cabeza, deben ser competentes para infundir
a velocidades por encima de 4 mL/s, para
utilizar medios de contraste con osmolaridad
igual o superior a 350 mOsm/L. Las estacio-
nes de trabajo deben posibilitar, además de
reconstrucciones isotrópicas en los ejes x, y,
z, las reconstrucciones volumétricas (*Figura
No. 6*) y multiplanares.

El servicio debe contar con todos los recursos
de monitorización electrocardiográfica, para
el uso de medicamentos como beta-bloquea-
dores, antiarrítmicos y nitroglicerina, y para el
manejo general de complicaciones inherentes
al procedimiento. Todos los procedimientos
deben incluir la lectura, revisión y compren-
sión del consentimiento informado, y se de-
ben establecer protocolos para el tratamiento
de pacientes especiales tales como la nefro-
protección en aquellos con factores de riesgo
para falla renal y la debida preparación para
los alérgicos, además de ajustar los equipos
para realizar estudios con la menor exposi-
ción posible a la radiación ionizante.

Figura 6. Reconstrucción volumétrica de la arteria
coronaria izquierda.



Conclusión

Con esta revisión de la literatura, en la que se
ha intentado recoger y poner en perspectiva
los avances en la coronariografía no invasiva
por tomografía y otras posibles indicaciones, y
donde se han esbozado otros desarrollos ima-
ginológicos como la resonancia magnética del
corazón, se podría concluir, como lo afirman
Raff y Goldstein (1), que:

*“In summary, at this point we should not judge
CCTA as either an overrated investigational
procedure or the universal answer for diagno-
sis of coronary disease. It is a powerful tool;
lets use it wisely”.*

Esto ilustra los avances relevantes en el de-
sarrollo tecnológico de la imaginología cardio-
vascular, que, no obstante, deben ubicarse en
la frontera de las posibles nuevas aplicaciones
y en el horizonte de futuros desarrollos (121).
Pese a ello, debe quedar claro que estos es-
fuerzos regionales por elaborar unas guías
comprensivas que permitan un uso racional y
proporcionado de estas nuevas tecnologías,

así como son incapaces de agotar el universo posible de escenarios clínicos donde la coronariografía no invasiva por angio-TAC pudiera estar indicada, tampoco pretenden suplantar el riguroso y depurado discernimiento clínico individual, competencia siempre crucial en el acto médico.

Finalmente, mientras el volumen de evidencia con más estudios prospectivos, aleatorizados, que impacten los desenlaces duros cardiovasculares se amplíe, y se decanten científicamente estos desarrollos imaginológicos, la angio-TAC de corazón irá ocupando su espacio en el diagnóstico de la enfermedad cardiovascular. Parece ser el camino habitual de toda la innovación tecnológica, tal como lo plasmara proféticamente Sir James Mackenzie (1853-1925), y recogiera Wilson en 1926, citado en un grandioso artículo de la historia de la Cardiología Intervencionista (122):

“There are three stages in the history of every medical discovery. When it is first announced, people say that it is not true. Then, a little later, when its truth has been borne in on them, so that it can no longer be denied, they say it is not important. After that, if its importance becomes sufficiently obvious, they say that anyhow it is not new”.

BIBLIOGRAFÍA

1. Raff GL, Goldstein JA. Coronary Angiography by CT: Coronary Imaging Evolves. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49 (18): 1830-33.
2. de Feyter P, Van Pelt N. Spiral computed tomography coronary angiography. A new diagnostic tool developing its role in clinical cardiology. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49 (8): 872-4.
3. Mark DB, Berman DS, Budoff MJ, et al. ACCF/ACR/AHA/NAISCI/SAIP/SCCT 2010 Expert Consensus Document on Coronary Computed Tomographic Angiography: A Report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 2663-2699.
4. Guaglumi G, Virmani R. La carrera para alcanzar el "patrón de oro" en imagen coronaria. *Rev Esp Cardiol* 2009; 62 (6): 599-602.
5. Nissen SE. Limitations of computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 2145-2147.
6. Conti CR. coronary angiography: catheter based or computed tomography based. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 2405-2406.
7. Min JK, Berman DS. Placing computed tomography coronary angiography in perspective. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1824.
8. Di Carli MF, Hachamovitch R. New technology for noninvasive evaluation of coronary artery disease. *Circulation* 2007; 115: 1464-1480.
9. Gibbons RJ, Araoz PA, Williamson EE. The year in cardiac imaging. *J Am Coll Cardiol*; 2007; 50 (10): 988-1003.
10. Gibbons RJ, Araoz PA, Williamson EE. The year in cardiac imaging. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 54-70.
11. Berman DS, Achenbach S, Taylor AJ, Weigold G. Highlights of the Second Annual Scientific Meeting of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. Washington, DC, July 6-8, 2007. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (24): 2329-35.
12. Abbara S, Arbab-Zadeh A, Callister TQ, et al. SCCT guidelines for the performance of coronary computed tomographic angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2009; 3: 190-204.
13. Bonow RO, Brundage BH, Budoff MJ, et al. Task Force: calcium scoring. *Circulation* 2007; 115: 402-426.
14. Bitar P, Florenzano F. Tomografía computada multiforme de coronarias. *Rev Med Clínica Condes* 2008; 19 (1): 89-96.
15. Stein PD, Yaekoub AY, Matta F, et al. 64-slice CT for diagnosis of coronary artery disease: a systematic review. *Am J Med* 2008; 121: 715-25 / 2324-36.
16. Weustnik AC, et al. Reliable high-speed coronary computed tomography in symptomatic patients. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (8): 786-794.
17. Scheffel H, et al. Accuracy of dual source computed tomography: first experience in the high pretest probability population without heart rate control. *Eur Radiol* 2006; 16: 2739-2747.
18. Matt D, et al. Dual source CT coronary angiography: image quality, mean heart rate, and heart variability. *AJR* 2007; 189: 567-573.
19. Motoyama S. Noninvasive coronary angiography with a prototype 256-row area detector computed tomography system comparison with conventional invasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51 (7). : 773-75.
20. Dennie CJ, Lepsic J, Brydie A. Canadian Association of Radiologists: Consensus Guidelines and Standards for Cardiac CT. *Canadian Association of Radiologists Journal* 2009; 60: 19-34.
21. Nicol ED, Stirrup J, Padley SPJ, Rubens MB. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a flawed comparison. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53:

- 1824-1825.
22. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med* 2008; 359: 2324-36.
 23. Otero HJ, Steigner ML. The “post-64” era of coronary CT angiography: understanding new technology from physical principles. *Radiol Clin N Am* 2009; 47: 79-90.
 24. Ropers U, et al. Influence of heart rate on the diagnostic accuracy of dual-source computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 2393-2398.
 25. Meijboom WB, Meijjs MFL, Schuijf JD, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 2135-2144.
 26. Benítez LM, Gómez F. Validación del angio-TAC de corazón para la detección de enfermedad coronaria por escanografía multicorte de alta velocidad (64C Dual Source). *Rev Colomb Cardiol* 2008; 15 (Suppl 1): 47.
 27. Benítez LM, Gómez F. Registro II: experiencia clínica en angio-TAC de Corazón por escanografía multicorte Dual Source. *Rev Colom Cardiol* 2010; 17 (Suppl 2): 76.
 28. Achenbach S. Assessing the prognostic value of coronary computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (16): 1344-46.
 29. Redberg RF, Walsh J. Pay now, benefits may follow — the case of cardiac computed tomographic angiography. *N Engl J Med* 2008; 359 (22): 2309-11.
 30. Douglas PS, Chen J, Gillam L, et al. Achieving quality in cardiovascular imaging II: proceedings from the Second American College of Cardiology-Duke University Medical Center Think Tank on Quality in Cardiovascular Imaging. *J Am Coll Cardiol Img* 2009; 2: 231-40.
 31. Min JK, Dunning A, Lin FY, et al. Rationale and design of the CONFIRM (COronary CT Angiography Evaluation For Clinical Outcomes: An InteRnational Multicenter) Registry. *J Cardiovasc Computed Tomography* 2011; 5: 84-92.
 32. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol* 2006 ;48: 1475–97.
 33. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson J Mc.B, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCMR 2010 appropriate use criteria for cardiac computed tomography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, and the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Co-published in *Circulation* and *Journal of Cardiovascular Computed Tomography (JCCT)*. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 30-32 (in press).
 34. Greenland P, Alpert JS, Beller GA, et al. 2010 ACCF/AHA Guideline for Assessment of Cardiovascular Risk in Cardiovascular Magnetic Resonance Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for and

- Prevention, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, American Society of Nuclear Cardiology, Society of Atherosclerosis Imaging Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Asymptomatic Adults: A Report of the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: e50-e103.
35. Anderson JL, Adams CD, Antman EM, et al. Task Force: ACC/AHA ACC/AHA 2007 Guidelines for the management of patients with unstable angina/non-ST-elevation myocardial infarction: executive summary. *Circulation* 2007; 116: 803-877.
 36. Bonow RO. Is appropriateness appropriate? *J Am Coll Cardiol* 2008; 51 (13): 1290-91.
 37. Villines TA, Hulten EA, Carbonaro S, et al. prognostic value of cardiac computed tomography angiography: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2011; 57: 1237-1247.
 38. Becker A, et al. Predictive value of coronary calcifications for future cardiac events in asymptomatic individuals. *Am Heart J* 2008; 155: 154-60.
 39. Erbel R, et al. Non invasive screening for coronary artery disease: calcium scoring. *Heart* 2007; 93: 1620-1629.
 40. Raggi P, Gongora MA, Gopal A, et al. Coronary artery calcium to predict all-cause mortality in elderly men and women. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (1): 17-23.
 41. Benítez LM, Gómez F. Asociación entre score de calcio y número de vasos coronarios con lesiones significativas medidas por angio-TAC de corazón con escanografía multicorte Dual Source. *Rev Colomb Cardiol* 2010; 17 (Supl 2): 72.
 42. Shaw LJ, Min JK, Budoff M, et al. Induced cardiovascular procedural costs and resource consumption patterns after coronary artery calcium screening: results from the EISNER (Early Identification of Subclinical Atherosclerosis by Noninvasive Imaging Research) study. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1258-1267.
 43. Blumenthal RS, Hwang CW, Nasir K. Selective use of coronary artery calcium screening: worth the cost? *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1268-1270.
 44. Pennel DJ. Perfusion abnormality, normal coronaries, and chest pain. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51 (4): 473-475.
 45. Gaibazzi N, Reverberi C. False-positive stress tests... or false-negative rest angiograms? *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: e9.
 46. Villines TC, Carbonaro S, Hulten E. Calcium scoring and chest pain: is it dead on arrival? *J Cardiovasc Tomography* 2011; 5: 30-34.
 47. Stillman AE, Oudkerk M, Ackerman M, et al. Use of multidetector computed tomography for the assessment of acute chest pain: a consensus statement of the North American Society of Cardiac Imaging and the European Society of Cardiac Radiology. *Eur Radiol* 2007; 17: 2196-2207.
 48. Rubinstein R, et al. Usefulness of 64-slice cardiac tomographic angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin. *Circulation* 2007; 115 (13): 1762-1768.
 49. Seneviratne SK, et al. CT angiography: front line for acute coronary syndromes now? *Heart* 2007; 93: 1325-1326.
 50. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: The ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1642-1650.
 51. Hlatky MA. Evaluating use of coronary computed tomography angiography in the emergency department. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1651-1652.
 52. Goldstein JA, et al. A randomized controlled trial of multislice coronary computed tomography for evaluation

- of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49 (8): 863-871.
53. Meijboom WB, et al. 64-Slice CT coronary angiography in patients with non-ST elevation acute coronary syndrome. *Heart* 2007; 93: 1386-1392.
 54. Meijboom WB, et al. 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (15): 1469-1475.
 55. Cademartiri F, et al. Usefulness of 64-slice multislice CTCA to assess in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 2204-10.
 56. Hecht HS, Polena S, Jelnin V, et al. Stent gap by 64-detector computed tomographic angiography: relationship to in-stent restenosis, fracture, and overlap failure. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1949-1959.
 57. Hecht HS, Zaric M, Jelnin, et al. Usefulness of 64-detector computed tomographic angiography for diagnosing in-stent restenosis in native coronary arteries. *Am J Cardiol* 2008; 101: 820-824.
 58. Benitez LM, Gomez F. Validación de dimensiones de stents coronarios mediante utilización de escanografía multicorte 64 Dual Source. *Rev Colomb Cardiol* 2008; 15 (Suppl 1): 34.
 59. Sanz J, Moreno PR, Fuster V. The year in atherothrombosis. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49 (16): 1740-1749.
 60. Kasuma I, et al. Impact of plaque rupture on infarct size in ST segment elevation anterior acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (13): 1230-1270.
 61. Cheveru PK, et al. Frequency and distribution of thin-cap fibroatheroma in ruptured plaques in human coronary arteries. a pathological study. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (10): 940-949.
 62. Meijboom WB, van Mieghem CAG, van Pelt N, et al. Comprehensive assessment of coronary artery stenoses computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (8): 636-46.
 63. Naghavi M, Falk E, Hecht HS, et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient—part III: executive summary of the Screening for Heart Attack Prevention and Education (SHAPE) Task Force Report. *Am J Cardiol* 2006; 98 (suppl): 2H-15H.
 64. Ambrose JA. In search of the “vulnerable plaque” can it be localized and will focal regional therapy ever be an option for cardiac prevention? *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 1539-42.
 65. Sun J, Zhang ZQ, Sun JY, et al. Identification and quantification of coronary atherosclerotic plaques: a comparison of 64-MDCT and intravascular ultrasound. *Am J Roentgenol* 2008; 190: 748e54.
 66. Gregory SA, Ferencik M, Achenbach S, et al. Comparison of sixty-four-slice multidetector computed tomographic coronary angiography to coronary angiography with intravascular ultrasound for the detection of transplant vasculopathy. *Am J Cardiol* 2006; 98: 877e84.
 67. Mintz GS, Maehara A. Serial intravascular ultrasound assessment of atherosclerosis progression and regression. state-of-the-art and limitation. *Circ J* 2009; 73: 1557-1560.
 68. Springer I, Dewey M. Comparison of multislice computed tomography with intravascular ultrasound for detection and characterization of coronary artery plaques: a systematic review. *EJR* 2009; 71: 275-282.
 69. De Maria AN, Bax JJ, Yehuda OB, et al. Highlights of the year in JACC 2010. *J Am Coll Cardiol* 2011; 57: 480-514.
 70. Sun J, Zhang Z, Lu B, et al. Identification and quantification of coronary atherosclerotic plaques: a comparison of 64-MDCT and intravascular ultrasound. *AJR* 2008; 190: 748-754.
 71. Voros S, Rinehart S, Qian Z, et al. Pro-

- spective validation of standardized, 3-dimensional, quantitative coronary computed tomographic plaque measurements using radiofrequency backscatter intravascular ultrasound as reference standard in intermediate coronary arterial lesions results from the ATLANTA (Assessment of Tissue Characteristics, Lesion Morphology, and Hemodynamics by Angiography With Fractional Flow Reserve, Intravascular Ultrasound and Virtual Histology, and Noninvasive Computed Tomography in Atherosclerotic Plaques) I study. *J Am Coll Cardiol Intv* 2011; 4: 198-208.
72. Ridker PM, Danielson E, Fonseca F, et al. Rosuvastatin to prevent vascular events in men and women with elevated c-reactive protein. *N Engl J Med* 2008; 359: 2195-207.
73. Aristizábal D. Nuevos factores de riesgo en cardiopatía isquémica. Tópicos Selectos en Guías de Manejo de Enfermedades Cardíacas y Vasculares. Clínica Medellín: Medellín; 2005.. p. 60.
74. Sacco RL. Shifting the paradigm from stroke to global vascular risk estimation. *Stroke* 2007; 38: 1980-87.
75. Mahmarian JJ. Computed tomographic coronary angiography as an anatomic basis for risk stratification. Deja vu or something new?. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (12): 1171-1172.
76. Braunwald E. Noninvasive detection of vulnerable coronary plaques: locking the barn door before the horse is stolen. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 58-59.
77. Motoyama S, Sarai M, Harigaya H, et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2009 54: 49-57.
78. Pasterkamp G. Imaging of de novo atherosclerotic arterial remodeling: clinical sense or research sensibility? *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1716-1717.
79. Henneman MM, Schuiff JD, Pundziute G, et al. Noninvasive evaluation with multislice computed tomography in suspected acute coronary syndrome plaque morphology on multislice computed tomography versus coronary calcium score. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 216-22.
80. Stone GW, Maehara A, Lansky AJ, et al. A Prospective natural-history study of coronary atherosclerosis. *N Engl J Med* 2011; 364: 226-35.
81. Nicholls SJ, Hsu A, Wolski K, et al. Intravascular ultrasound-derived measures of coronary atherosclerotic plaque burden and clinical outcome. *J Am Coll Cardiol* 2010 ;55: 2399-407.
82. Benítez LM, Gómez F. Factores clínicos asociados a la caracterización de placas arterioescleróticas por escanografía multicorte 64 Dual Source. *Rev Colomb Cardiol* 2008; 15 (Suppl 1): 20.
83. Benítez LM, Gómez F. Factores clínicos asociados a la presencia de enfermedad coronaria detectada por escanografía multicorte 64 Dual Source. *Rev Colom Cardio* 2008; 15 (Suppl 1): 45.
84. Bayturan O, Kapadia S, Nicholls SJ. Clinical predictors of plaque progression despite very low levels of low-density lipoprotein cholesterol. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 2736-42.
85. Russo V, Gostoli V, Lovato L, et al. Clinical value of multidetector CT coronary angiography as a preoperative screening test before non-coronary cardiac surgery. *Heart* 2007; 93: 1591-1598.
86. Bax JJ, et al. Global dialogue group for evaluation of C/V risk in patients with diabetes. *Diabetes Care* 2007; 30 (5): 1295-1302.
87. Boyar A. Cardiovascular prevention in asymptomatic diabetic patients. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50 (12). 1203
88. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter

- ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1724-1732.
89. O'Rourke RA. Optimal medical therapy is a proven option for chronic stable angina. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (11): 905-907.
 90. Boden W, O'Rourke RA, Teo KK, et al. Optimal medical therapy with or without PCI for stable coronary disease. *N Engl J Med* 2007; 356: 1503-16.
 91. Benítez LM, Gómez F. Factores clínicos asociados a la caracterización de placas coronarias con obstrucción severa por escanografía multiforme Dual Source. *Rev Colomb Cardiol* 2010; 17 (Suppl 2): 75.
 92. Shah PK. Screening asymptomatic subjects for subclinical atherosclerosis: can we, does it matter, and should we? *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 98-105.
 93. Lauer MS. Screening asymptomatic subjects for subclinical atherosclerosis: not so obvious. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 106-108.
 94. de Feyter P, Schultz CJ. Computed tomography coronary angiography for screening asymptomatic subjects. a bridge too far? *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (5): 366-8.
 95. Cohn JN, Duprez DA. Time to foster a rational approach to preventing cardiovascular morbid events. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (5): 327-9.
 96. Greenland P, Lloyd-Jones D. Defining a rational approach to screening for cardiovascular risk in asymptomatic patients. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (5): 330-2.
 97. Ostrom MP, Gopal A, Ahmadi N, et al. Mortality incidence and the severity of coronary atherosclerosis assessed by computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1335-43.
 98. Min JK, Shaw LJ, Devereaux LB, et al. Prognostic value of multidetector coronary computed tomographic angiography for prediction of all-cause mortality. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1161-70.
 99. Choi, EK, Choi SI, Rivera JJ, et al. Coronary computed tomography angiography as a screening tool for the detection of occult coronary artery disease in asymptomatic individuals. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52 (5): 3576-65.
 100. El-Hamamsy I, Balachandran K, Yacoub MH, et al. Endothelium-dependent regulation of the mechanical properties of aortic valve cusps. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1448-1455.
 101. Simmons CA. Aortic valve mechanics: an emerging role for the endothelium. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1456-1458.
 102. Zegdi R, Sletlaty G, Lafont A, Fabiani JN. Percutaneous Aortic Valve Replacement with the core-valve prosthesis. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51 (8).
 103. Schultz CJ, Weustink A, Piazza N, et al. Geometry and degree of apposition of the corevalve revalving system with multislice computed tomography after implantation in patients with aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 911-918.
 104. Mikolich JR. Cardiac magnetic resonance imaging and coronary computed tomography angiography in the diagnosis of anomalous coronary artery. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 456.
 105. Sibley CT, Bluemke DA. Will 3.0-T make coronary magnetic resonance angiography competitive with computed tomography angiography? *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 77-78.
 106. Patel AR, Antkowiak PF, Nandalur KR, et al. Assessment of advanced coronary artery disease: advantages of quantitative cardiac magnetic resonance perfusion analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010 56: 561-569.
 107. Schuleri KH, Centola M, George RT, et al. Characterization of peri-infarct zone heterogeneity by contrast-enhanced multidetector computed tomography: a comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1699-1707.

108. Budoff MJ, Gupta M. Radiation exposure from cardiac imaging procedures: do the risks outweigh the benefits? *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 712-714.
109. Chen J, Einstein AJ, Fazel R, et al. Cumulative exposure to ionizing radiation from diagnostic and therapeutic cardiac imaging procedures: a population-based analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 702-711.
110. Einstein J, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA* 2007; 298 (3): 317-323.
111. Pontone G, Andreini D, Bartorelli AL, et al. Diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography: a comparison between prospective and retrospective electrocardiogram triggering. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 346-355.
112. Maruyama T, Takada M, Hasuike T, et al. Radiation dose reduction and coronary assessability of prospective electrocardiogram-gated computed tomography coronary angiography: comparison with retrospective electrocardiogram-gated helical scan. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1450-1455.
113. Kaufmann PA. Low-dose computed tomography coronary angiography with prospective triggering: a promise for the future. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1456-1457.
114. Buechel RR, Husmann, L, Herzog BA, et al. Low-dose computed tomography coronary angiography with prospective electrocardiogram triggering feasibility in a large population. *J Am Coll Cardiol* 2011; 57 (3): 332-336.
115. Budoff MJ, Achenbach S, Berman D, et al. Task Force 13: training in advanced cardiovascular imaging (computed tomography). *J Am Coll Cardiol* 2008; 51 (3): 409-414.
116. Thomas JA, Zoghbi WA, Beller GA, et al. ACCF 2008 Training statement on multimodality non invasive cardiovascular imaging. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53 (1): 125-146.
117. Schroeder S, Achenbach S, Begel f, et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements. *Eur Heart J* 2008; 29 (4): 531-556.
118. MacHaalany J, Yam Y, Ruddy TD, et al. Potential clinical and economic consequences of noncardiac incidental findings on cardiac computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1533-1541.
119. Hlatky MA, Iribarren C. The dilemma of incidental findings on cardiac computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1542-1543.
120. Schietinger BJ, et al. The prevalence of extracardiac findings by multidetector computed tomography before atrial fibrillation ablation. *Am Heart J* 2008; 155: 254-9.
121. Rumberger JA. Coronary computed tomography angiography: our time has come, but there are miles to go before we sleep. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1733-1735.
122. Mueller RL, Sanborn TA. The history of Interventional Cardiology: cardiac catheterization, angioplasty, and related interventions. *Am Heart J* 1995; 129: 146-172.