

Índice de calcificación coronaria en la tomografía computarizada para predecir la necesidad de aterectomía rotacional



Guillermo Galeote^{a,*}, Harol Hernández^a, Juan Caro Codón^a, Raúl Moreno^a, Antonio Pardo^b, Gabriela Guzmán^a, Carlos Álvarez-Ortega^a, Rafael Peinado^a, Edurne López Soberón^a, Santiago Jiménez Valero^a, Ángel Sánchez-Recalde^a, Silvia Valbuena^a, Mar Moreno Yangüela^a y José Luis López-Sendón^a

^a Departamento de Cardiología, Hospital Universitario La Paz, Madrid, Spain

^b Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Spain

RESUMEN

Introducción y objetivos: El objetivo del estudio fue investigar si la evaluación no invasiva del índice de calcificación coronaria mediante tomografía computarizada cardiaca multidetector (TCMD) puede predecir la necesidad de una aterectomía rotacional (AR) electiva durante la intervención coronaria percutánea.

Métodos: Se incluyeron pacientes diagnosticados de estenosis coronaria grave con placas moderadamente o gravemente calcificadas durante la angiografía coronaria. Esos pacientes se sometieron a la cuantificación del índice de calcificación coronaria con la escala de Agatston utilizando TCMD y posteriormente a intervención percutánea. Solo fueron tratadas con AR las lesiones que se consideraba que no era posible cruzar ni dilatar, según un protocolo de revascularización prediseñado. Ninguno de los operadores conocía de antemano los resultados de la TCMD. Según el protocolo del estudio, en el análisis estadístico se incluyeron variables clínicas, angiográficas y relacionadas con la puntuación Agatston. Durante el seguimiento se estudiaron los resultados a corto y largo plazo en ambos grupos.

Resultados: Se analizaron 40 pacientes: 20 que recibieron AR y 20 con intervención coronaria percutánea convencional. La mayoría se incluyó después de un síndrome coronario agudo y tenían una anatomía coronaria compleja (puntuación media de la escala Syntax de 25 puntos). La creatinina y la puntuación de Agatston por lesión fueron los únicos factores predictivos de la AR. No se observaron diferencias significativas en el pronóstico dentro del hospital o a largo plazo. Un nuevo parámetro, el índice CAC-Cre, fue útil para predecir la necesidad de AR.

Conclusiones: El análisis de la calcificación de las arterias coronarias mediante la puntuación de Agatston mejora la evaluación no invasiva de las placas coronarias complejas antes de la intervención coronaria percutánea. La puntuación de Agatston por lesión, la creatinina sérica y el índice CAC-Cre son parámetros útiles para predecir la necesidad de una AR electiva durante la intervención coronaria percutánea.

Palabras clave: Aterectomía rotacional. Tomografía computarizada cardiaca. Agatston. Índice de calcificación coronaria. Lesiones coronarias calcificadas.

Coronary artery calcium score with cardiac computed tomography to anticipate the need for rotational atherectomy

ABSTRACT

Introduction and objectives: This study aims to investigate if the non-invasive assessment of coronary calcium score using multislice cardiac computerized tomography (MSCT) may anticipate the need for elective rotational atherectomy (RA) during percutaneous coronary intervention.

Methods: Patients were considered eligible for the study after receiving a diagnosis of severe coronary stenosis with moderate or severely calcified plaques during index coronary angiography. Those patients underwent the Agatston coronary artery calcium (CAC) score quantification using the MSCT and then underwent percutaneous intervention. Only those lesions considered non-crossable or non-dilatable according to a pre-specified revascularization protocol were treated with RA. All operators were blinded to the MSCT results. According to the study protocol, clinical, angiographic and Agatston-related variables were included in the statistical analysis. Short and long-term outcomes were investigated in both treatment groups during follow-up.

* **Autor para correspondencia:** Servicio de Cardiología, Departamento de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista, Hospital Universitario La Paz, Paseo de la Castellana 261, planta 1ª diagonal, 28046 Madrid, España.
Correo electrónico: ggaleote1@gmail.com (G. Galeote).

Recibido el 17 de enero de 2019. Aceptado el 29 de abril de 2019. Online: 16-09-2019.

Full English text available from: www.recintervcardiol.org/en.

<https://doi.org/10.24875/RECIC.M19000063>

2604-7306 / © 2019 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Permanyer Publications. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND 4.0.

Results: A total of 40 patients were included in the analysis: 20 underwent RA and 20 conventional percutaneous coronary interventions. Most patients were included after suffering from an acute coronary syndrome and had complex coronary anatomy (mean Syntax score, 25 points). The logistic regression analysis showed that creatinine levels and the per-lesion Agatston score were the only predictors of RA. No significant differences were observed regarding in-hospital or long-term procedural outcomes. A novel parameter, the CAC-Cre index, was found to be useful to anticipate the need for RA.

Conclusions: Coronary artery calcification analysis using the Agatston score is a simple technique that improves the non-invasive assessment of complex coronary plaques prior to percutaneous coronary intervention. The per-lesion Agatston score, serum creatinine levels, and the CAC-Cre index may become useful parameters to anticipate the need for elective RAs during percutaneous coronary intervention.

Keywords: Rotational atherectomy. Cardiac computerized tomography. Agatston. Calcium score. Calcified coronary lesions.

Abreviaturas

AR: aterectomía rotacional. **CC:** calcificación coronaria. **ICP:** intervención coronaria percutánea. **TCMD:** tomografía computarizada cardiaca multidetector.

INTRODUCCIÓN

El índice de calcificación coronaria (CAC) es un marcador fundamental de la enfermedad coronaria y uno de los predictores más sólidos de la ocurrencia de eventos cardiovasculares adversos en diferentes poblaciones de pacientes. Su prevalencia aumenta con la edad y afecta a un amplio porcentaje de pacientes de por encima de los 60 años de edad¹.

La cada vez mayor esperanza de vida de los países desarrollados ha llevado a los cardiólogos intervencionistas a tener que tratar con lesiones calcificadas cada vez más complejas en pacientes que son sometidos a intervenciones coronarias percutáneas (ICP). Esta situación sigue siendo todo un desafío debido a una tasa más baja de éxito, al mayor riesgo de complicaciones perioperatorias y a la necesidad de tener que realizar nuevas revascularizaciones. De vez en cuando tenemos que recurrir a técnicas para modificar la placa tales como la aterectomía rotacional (AR) a fin de lograr una adecuada expansión y aposición del *stent* en placas extensamente calcificadas. Estas técnicas pueden mejorar los resultados angiográficos y clínicos en pacientes seleccionados. No obstante, el uso de la AR como técnica de rescate puede alargar el tiempo operatorio, la cantidad de agente de contraste utilizado y aumentar la incidencia de complicaciones durante el procedimiento. Además, valorar el estado de la calcificación utilizando, única y exclusivamente, la fluoroscopia durante la angiografía coronaria presenta importantes limitaciones y no ofrece predicciones fiables sobre qué lesiones precisarán una AR durante la intervención.

Por otro lado, la tomografía computarizada cardiaca multidetector (TCMD) mejora la valoración no invasiva de lesiones coronarias calcificadas. Analizar el índice de calcificación coronaria mediante una TCMD se asocia no solo a la extensión, complejidad y gravedad de la arteria coronaria obstruida, sino también al riesgo de sufrir complicaciones operatorias post-ICP^{2,3}.

El principal objetivo del presente estudio fue investigar si resulta útil obtener cuantificaciones precisas del CAC usando la TCMD para predecir la necesidad de AR durante una ICP en el tratamiento de lesiones coronarias calcificadas. Los objetivos secundarios del estudio fueron analizar los resultados tanto hospitalarios como a largo plazo.

MÉTODOS

Pacientes del estudio

Estudio aleatorizado, prospectivo y de un único centro llevado a cabo en un centro cardiaco terciario que realiza más de 1.100 ICP y 10-15 AR al año. Entre enero de 2011 y diciembre de 2013, los pacientes sometidos a angiografías coronarias con enfermedad coronaria obstructiva calcificada y considerados aptos para someterse a una ICP fueron incluidos en un programa de cribado para poder ser inscritos en el estudio. Todos los pacientes sometidos a una angiografía coronaria por tomografía computarizada (TC que cumplían todos los criterios de inclusión y no tenían ningún criterio de exclusión fueron inscritos en el presente estudio (tabla 1 del material adicional)). Los criterios de exclusión fueron los siguientes: síndrome coronario agudo con elevación del segmento ST durante los siguientes 7 días, haber sido sometido a una ICP con 2 meses de antelación, presentar inestabilidad hemodinámica y oclusiones coronarias totales. Todos los pacientes incluidos dieron su consentimiento informado por escrito y el protocolo utilizado fue aprobado por el comité de ética del centro.

Angiografía coronaria

La angiografía coronaria se llevó a cabo siguiendo el protocolo del centro y la indicación de ICP se basó en criterios clínicos. La puntuación obtenida tanto en la escala SYNTAX⁴ como en el índice de calcificación coronaria fue evaluada por dos cardiólogos intervencionistas experimentados utilizando, como mínimo, dos proyecciones fluoroscópicas ortogonales. La calcificación se definió como una densidad evidente dentro de la pared arterial objetivada en la fluoroscopia como un área más radiopaca. El grado de calcificación se estableció del siguiente modo: 1) moderado: radiopacidades visibles solo durante el ciclo cardiaco previo a la inyección del contraste; 2) grave: radiopacidades visibles sin movimiento cardiaco previo a la inyección del contraste y con compromiso de ambos lados de la luz arterial⁵.

Tomografía computarizada cardiaca multidetector

La TCMD se realizó después de la angiografía coronaria índice y antes de la ICP. Todos los intervencionistas que llevaron a cabo

Tabla 1. Características clínicas y angiográficas basales

	Grupo AR	Grupo ICP	p
Edad	72,4 ± 10,6	72,8 ± 10,2	0,91
Varones	16 (80%)	15 (75%)	0,70
IMC	26,7 ± 4,8	26,6 ± 4,3	0,96
Hipertensión	14 (70%)	16 (80%)	0,46
Dislipemia	12 (60%)	17 (85%)	0,07
DM	9 (45%)	8 (40%)	0,93
Fumador en la actualidad	12 (60%)	11 (55%)	0,74
Niveles de creatinina (mg/dl)	1,64 ± 1,48	0,96 ± 0,23	0,05
IAMCEST	3 (15%)	1 (5%)	0,5
IAMSEST	10 (50%)	10 (50%)	0,5
Angina estable	7 (35%)	9 (45%)	0,5
IAM previo	4 (20%)	1 (5%)	0,25
ICP previa	4 (20%)	2 (10%)	0,25
CABG previa	0 (0%)	1 (5%)	0,25
ETCI	1 (5%)	2 (10%)	0,5
Enfermedad multivaso	16 (80%)	19 (95%)	0,26
FE < 50%	2 (10%)	6 (30%)	0,28
ICP multi-lesión	15 (75%)	19 (95%)	0,077
Nuevos agentes antiplaquetarios orales	3 (15%)	1 (5%)	0,48
Observador SYNTAX A	25,8 ± 15,7	24,4 ± 9,3	0,73
Observador SYNTAX B	26,8 ± 17,2	24,4 ± 11,8	0,61

AR: aterectomía rotacional; CABG: cirugía de revascularización coronaria; DM: diabetes mellitus; ETCI: enfermedad del tronco coronario izquierdo; FE: fracción de eyección; IAM: infarto agudo de miocardio; IAMCEST: infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST; IAMSEST: infarto agudo de miocardio sin elevación del segmento ST; ICP: intervención coronaria percutánea; IMC: índice de masa corporal.

una ICP desconocían los resultados de las TCMD. Los conjuntos de datos del CAC y de la angiografía coronaria por TC sin contraste se obtuvieron utilizando un sistema de TC de una única fuente y 64 cortes (Aquilion-Toshiba, Medical systems corporation, Ottawa, Japón). Para cuantificar la calcificación coronaria, se calculó la escala de Agatston usando la estación de trabajo Vitrea 2 (Vital Images Inc, Plymouth, MN, Estados Unidos). La colimación fue de 4 x 3 mm, el tiempo de rotación, 250 msec, el voltaje del tubo, 120 Kv y la corriente efectiva del mismo, 300 mA. Los datos sin procesar de la TC se reconstruyeron utilizando algoritmos optimizados para reconstrucción mediante sincronización ECG retrospectiva con cortes de 2 mm de espesor y a un incremento de 2 mm.

Escala de Agatston

El grado de calcificación se midió individualmente en cada paciente (índice de calcificación total), en cada vaso (índice de calcificación por vaso) y en cada lesión (índice de calcificación por lesión). El calcio coronario se definió como toda placa de, al menos, 3 píxeles contiguos con una densidad > 130 unidades Hounsfield. Los índices de calcificación por lesión se calcularon multiplicando el área de la lesión diana por un factor de densidad derivado de las unidades Hounsfield máximas dentro de esta área y tal y como describe la escala de Agatston⁶. Se utilizó la nomenclatura del

estudio aleatorizado BARI (*Bypass Angioplasty Revascularization Investigation*) avalada por las guías ESC/EACTS de 2018 sobre el manejo de la revascularización miocárdica para describir la localización anatómica específica de una determinada lesión coronaria^{7,8}.

ICP

Según el protocolo previamente diseñado, la ICP se realizó después de la TCMD desconociendo todos los intervencionistas los resultados del estudio. El abordaje arterial preferido fue el abordaje femoral, se utilizaron catéteres guía de 7-8 Fr y se administró heparina intravenosa para mantener el tiempo de coagulación activada ≥ 250 ms. Todos los pacientes recibieron tratamiento antiplaquetario doble con ácido acetilsalicílico y un inhibidor del P2Y₁₂ (clopidogrel, ticagrelor o prasugrel) según las recomendaciones establecidas por las guías de práctica clínica. Se utilizaron guías hidrofílicas para cruzar la lesión diana y predilatación con un balón semidistensible hasta 16 atm (presión máxima de inflado). No se utilizaron balones no distensibles pues la mayoría presentaba un peor perfil transversal que los balones semidistensibles cuando realizamos el estudio. Se optó por un catéter-balón específico de 15-20 mm de longitud para tener un coeficiente de 0,8-1 con el diámetro del vaso de referencia según estimación visual.

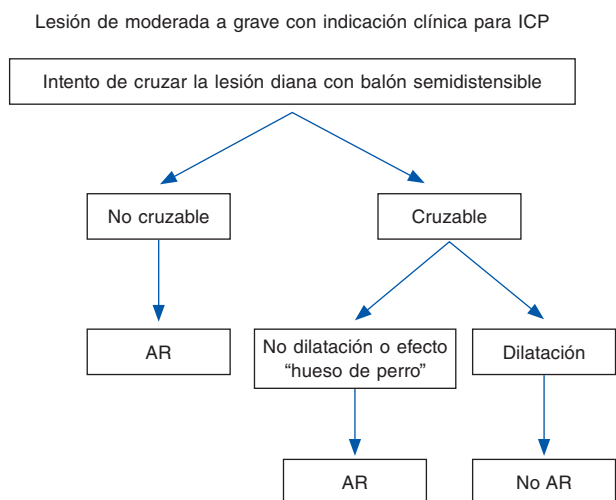


Figura 1. Protocolo de revascularización del estudio. Las lesiones se consideraron no cruzables cuando no podía pasarse un balón de dilatación semidistensible a través de ellas. Cuando el coeficiente entre el diámetro mínimo del balón a 16 atm y el diámetro nominal del balón estaba por debajo del 80%, la lesión se consideraba no dilatada. Todas las lesiones no cruzables y no dilatadas fueron sometidas a una aterectomía rotacional y las restantes a una intervención coronaria percutánea convencional. AR: aterectomía rotacional.

Cuando el balón no podía cruzar la lesión, ésta se consideraba una lesión imposible de cruzar. Cuando el coeficiente entre el diámetro mínimo del balón a 16 atm y el diámetro del balón nominal estaba por debajo del 80%, la lesión se consideraba no dilatada. Aquí es importante recalcar que, en la actualidad, no existe una definición clara de lo que son lesiones coronarias no dilatadas. Todas las lesiones imposibles de cruzar y de dilatar fueron sometidas a una AR y las restantes a una ICP convencional. Así pues, se establecieron 2 grupos y se llevó a cabo una comparativa de las variables preespecificadas (figura 1). El uso de la ecografía intravascular (IVUS) fue muy limitado por las dificultades experimentadas cuando se intentó cruzar este tipo de lesiones.

La rotablación se llevó a cabo utilizando el sistema Rotablator (Boston Scientific Corporation; Natick, MA, Estados Unidos) con tamaños de oliva de entre 1,25 y 2,5 mm. Se optó por este tamaño de oliva para alcanzar un coeficiente oliva/vaso de 0,7. La velocidad de rotación recomendada fueron 165.000-200.000 rpm y cada secuencia duró menos de 15 segundos con cuidado de que no bajara de 5.000 rpm. Se utilizó estimulación cardíaca temporal en casos de rotablación de la coronaria derecha y la circunfleja dominante.

El éxito angiográfico se definió como una adecuada colocación y expansión del *stent* con una estenosis residual por debajo del 20% de la lesión diana en presencia de un flujo de grado TIMI 3 según la clasificación *Thrombolysis in Myocardial Infarction*; el fracaso se definió como una lesión imposible de cruzar o pérdida del *stent* y otras complicaciones tales como disecciones, perforaciones o ausencia de reflujo.

Seguimiento y objetivos

Los niveles de troponina I se obtuvieron 8-10 horas después de la intervención realizándose un ECG en todos los pacientes el día después de dicha intervención. El objetivo primario se definió como la necesidad de realizar una AR durante la revascularización de las lesiones diana. Los objetivos secundarios fueron la incidencia de eventos cardiovasculares y no cardiovasculares durante

Tabla 2. Análisis del índice de calcificación coronaria utilizando la escala de Agatston

	Grupo AR	Grupo ICP	p
Puntuación total en la escala de Agatston	3.772,0 ± 2.154,7	3.040,4 ± 1.693,8	0,240
Puntuación en la escala de Agatston por vaso	1.628,5 ± 1.142,8	833,2 ± 466,0	0,008
Puntuación en la escala de Agatston por lesión	864,1 ± 471,0	458,4 ± 360,3	0,004

AR: aterectomía rotacional; ICP: intervención coronaria percutánea.

la hospitalización índice y el seguimiento a largo plazo. Los datos del seguimiento se recopilaron por teléfono o usando bases de datos centrales. La muerte se definió como mortalidad por cualquier causa. El infarto agudo de miocardio (IAM) se definió como dolor torácico u otro signo clínico compatible con la isquemia miocárdica, nuevas ondas Q patológicas en 2 o más derivaciones contiguas o niveles altos de troponina 5 veces por encima de los valores normales después de la intervención. La revascularización del vaso diana se definió como una nueva revascularización percutánea o quirúrgica del vaso diana y la revascularización de la lesión diana como cualquier reintervención en cualquier lugar del *stent* implantado durante la intervención índice, o en los márgenes proximales o distales de 5 mm de los *stents*. La trombosis del *stent* se definió siguiendo los criterios del *Academic Research Consortium*⁹.

Análisis estadístico

Las variables categóricas se expresaron en frecuencias absolutas y relativas y se compararon utilizando la prueba de la χ^2 o la prueba exacta de Fisher. Las variables continuas se expresaron en medias ± desviaciones estándar o, cuando no tenían una distribución normal, en medias ± rangos intercuartílicos. Las diferencias observadas entre las variables continuas se analizaron utilizando la prueba de la t de Student o la prueba de Kruskal-Wallis, respectivamente. El nivel de concordancia interobservador se evaluó utilizando los coeficientes Kappa y Phi. Se utilizó el modelo de regresión logística a fin de seleccionar las variables candidatas que mejoraban la predicción de AR durante la ICP, con un valor p significativo a nivel estadístico igual a 0,05. Se llevó a cabo un análisis de la curva *receiving operating characteristic (ROC)* para calcular la sensibilidad y especificidad de los diferentes puntos de corte proporcionados por las variables obtenidas mediante regresión logística.

RESULTADOS

Características clínicas y angiográficas basales

Este estudio incluyó un total de 40 pacientes (el 77,5% varones, 72 ± 10,3 años). Las indicaciones más comunes para realizar la angiografía coronaria índice fueron el síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST (50%) y la angina estable con una prueba de estrés positiva (40%).

Las características clínicas basales pueden consultarse en la tabla 1. No se observó diferencia significativa alguna en las características demográficas ni en los regímenes antitrombóticos de ambos grupos, pero sí una cierta tendencia hacia una tasa más alta de dislipemia en el grupo ICP ($p = 0,077$) y una peor función renal en el grupo AR ($p = 0,05$).

Tabla 3. Características angiográficas y procedimentales

	Grupo AR	Grupo ICP	p
Ubicación			0,17
TC	0	1	
DA proximal	10	6	
DA media	2	8	
CX proximal	3	4	
CD proximal	2	1	
CD media	2	0	
Bisectriz	1	0	
DVR (mm)	2,96 ± 0,43	2,91 ± 0,26	0,68
Longitud de la lesión (mm)	44,85 ± 17,84	41,25 ± 24,13	0,59
Diámetro de estenosis, %	79,2 ± 7,9	73,0 ± 9,2	0,028
Bifurcación	6 (46,2%)	7 (53,8%)	0,73
Tamaño máximo de la oliva (mm)	1,45 ± 0,15		
Número de stents/lesión	1,84 ± 0,60	2,05 ± 0,89	0,40
Volumen de contraste (ml)	312,0 ± 96,7	239,0 ± 66,5	0,018
Nefropatía inducida por contraste	4	0	0,035
Disecciones	2	2	0,36
Perforaciones	1	0	0,56
Complicaciones mayores intraprocedimiento	0	0	> 0,99
Éxito angiográfico	90%	100%	0,14
Mortalidad	0	0	> 0,99
Re-ICP en el vaso diana	1	1	> 0,90
Infarto agudo de miocardio	1	0	0,31
Complicaciones en el sitio de acceso	2	0	0,34

AR: atrectomía rotacional; CD: arteria coronaria derecha; CX: arteria circunfleja; DA: arteria descendente anterior; DVR: diámetro del vaso de referencia; TC: tronco común; ICP: intervención coronaria percutánea.

La puntuación obtenida en la escala Syntax fue alta en ambos grupos, sin observarse diferencia significativa alguna entre ellos y con una buena correlación entre los dos observadores (coeficiente Phi = 0,83, p = 0,001).

Tomografía computarizada cardiaca multidetector

La puntuación obtenida en la escala de Agatston estuvo por encima de 3.000 en ambos grupos, no observándose diferencia significativa alguna (p = 0,24). No obstante, las puntuaciones Agatston por vaso y por lesión fueron mucho más altas en el grupo AR (tabla 2).

En lo que respecta a la distribución anatómica del calcio, el vaso con la puntuación Agatston más alta de todas fue la arteria coronaria derecha que reveló una calcificación homogénea entre los

segmentos proximal y distal. La arteria descendente anterior izquierda fue el segundo vaso más calcificado de todos, en especial sus segmentos proximal y medio. La arteria circunfleja arrojó la puntuación Agatston más baja de todas.

Detalles operatorios y resultados

Los detalles de la intervención pueden consultarse en la tabla 3. El abordaje percutáneo se realizó a través de la arteria femoral en 37 pacientes (92,5%). En 29 pacientes (72,5%), la lesión diana pudo cruzarse por el balón de dilatación. No obstante, 9 (31%) de estas 29 lesiones cruzables revelaron un efecto "hueso de perro" durante el inflado del balón y no pudieron ser dilatadas. En consecuencia y atendiendo al protocolo del estudio, 20 pacientes (50%) fueron sometidos a una ICP convencional y los 20 restantes a una AR (50%).

La longitud y el tamaño medios del balón fueron parecidos en ambos grupos. Entre aquellos pacientes sometidos a AR, se utilizó una única oliva en la mayoría de las lesiones (95%) con un tamaño medio de 1,45 ± 0,15 mm. En toda la población del estudio, la arteria más tratada fue la arteria descendente anterior izquierda (65%); el 32,5% de las lesiones diana eran bifurcaciones; 35 pacientes (87,5%) presentaban enfermedad multivaso y 34 (85%) tuvieron que ser reintervenidos en más de una arteria coronaria. No se observó diferencia alguna en la lesión diana tratada ni en el número de lesiones de bifurcación entre los dos grupos.

La tasa de éxito angiográfico fue del 90% en el grupo AR y del 100% en el grupo ICP, no observándose diferencia significativa alguna entre los 2 grupos. Las disecciones coronarias, las perforaciones y los fenómenos de flujo lento/ausencia de flujo fueron raros y sobrevivieron en ambos grupos por igual. Se empleó mucho más volumen de contraste en el grupo sometido a AR que en el sometido a ICP convencional.

El modelo de regresión logística reveló que los niveles de creatinina y la puntuación Agatston por lesión fueron los únicos predictores de AR. Por cada subida de 0,1 mg/dl en los niveles de creatinina, la probabilidad de AR aumentaba un 48%. Por otro lado, por cada subida de 100 puntos en la puntuación Agatston por lesión, la probabilidad de AR aumentaba un 22%. Utilizando el valor de corte óptimo del análisis ROC (figura 2A), una puntuación Agatston por lesión de 383 arrojaba una sensibilidad del 89,5% y una especificidad del 60% (área bajo la curva = 0,79). La curva ROC para los niveles de creatinina sérica (figura 2B) arrojaba una sensibilidad del 75% y una especificidad del 65% para un valor de corte óptimo de 1,02 mg/dl (área bajo la curva = 0,75). Teniendo en cuenta la relación que existe entre ambas variables y el uso de AR, ideamos un índice combinado de creatinina (Cre) y

Tabla 4. Eventos cardiovasculares adversos mayores durante el seguimiento

	Grupo AR	Grupo ICP	p
Muerte	6 (30%)	6 (30%)	0,59
IAM	3 (15%)	5 (25%)	0,34
RLD	1 (5%)	3 (15%)	0,3
RLND	4 (20%)	5 (25%)	0,5

AR: atrectomía rotacional; IAM: infarto agudo de miocardio; ICP: intervención coronaria percutánea; RLD: revascularización de la lesión diana; RLND: revascularización de la lesión no diana.

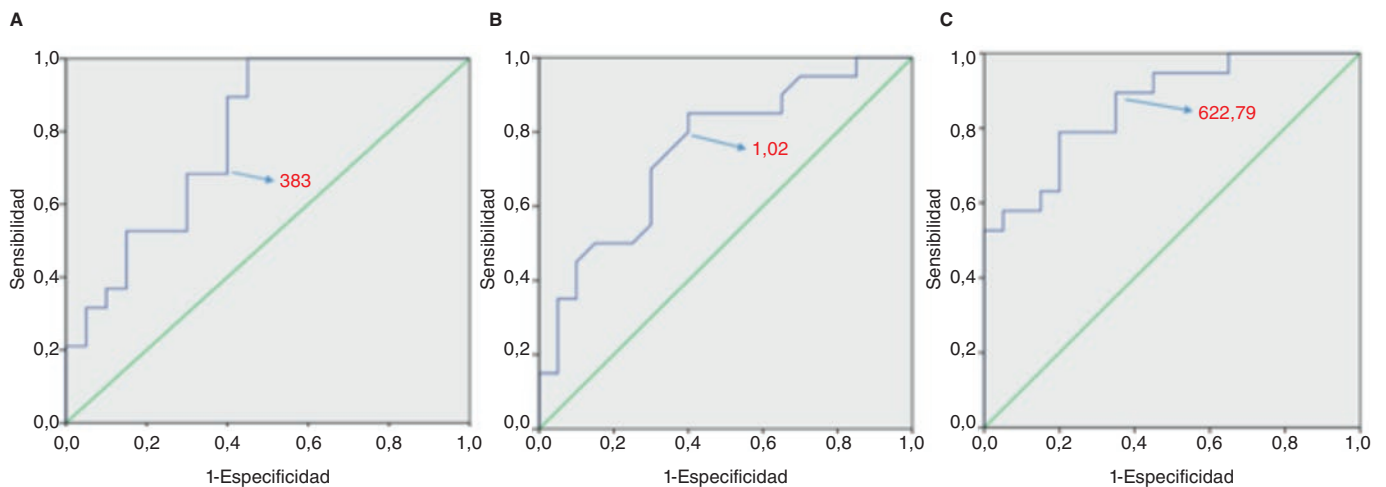


Figura 2. Curva receiving operating characteristic (ROC) para predecir la rotablación según la puntuación Agatston por lesión (A), los niveles de creatinina sérica (B) y al índice CAC-Cre (C). Los umbrales óptimos para predecir la rotablación fueron 383 puntos en la escala de Agatston por lesión, niveles de creatinina de 1,02 mg/dl y un índice CAC-Cre de 622,79, respectivamente.

puntuación Agatston por lesión (índice CAC-Cre) que obtuvimos multiplicando los niveles de creatinina y la puntuación Agatston por lesión. El análisis ROC del índice CAC-Cre (figura 2C) confirmó una mejor área bajo la curva (0,86), siendo 622,79 el valor que arrojó una mejor sensibilidad (78,9%) y especificidad (80%).

Resultados hospitalarios y seguimiento a largo plazo

Hubo dos fallecimientos durante la hospitalización. Dos pacientes (1 del grupo AR y otro del grupo ICP) fueron sometidos a la revascularización del vaso diana durante la hospitalización índice. Solo 1 paciente del grupo AR sufrió un infarto definido como tal según el protocolo. Las complicaciones en el punto de acceso fueron numéricamente más altas en el grupo AR, no observándose diferencia significativa. Un paciente del grupo ICP precisó un balón de contrapulsación intraaórtico. Por otro lado, el grupo AR tenía una mayor incidencia de nefropatía inducida por contraste ($p = 0,035$) posiblemente debido a una peor función renal basal.

No se observaron diferencias entre los dos grupos en lo que respecta a los eventos cardiovasculares mayores al final del seguimiento ($4,1 \pm 2,2$ años) (tabla 4), con una mortalidad global de 12 pacientes (30%) y 7 muertes cardiovasculares (58,3%). Tampoco se observaron para otros eventos cardiovasculares tales como infartos de miocardio, revascularizaciones del vaso diana y revascularizaciones del vaso no diana. Ninguna de las variables clínicas o angiográficas basales incluidas en el análisis se asoció a la ocurrencia de eventos mayores durante el seguimiento.

En lo que respecta al análisis del índice de calcificación coronaria utilizando la TCMD, se observó una correlación estadísticamente significativa entre la mortalidad a largo plazo y la puntuación total Agatston ($p = 0,005$).

DISCUSIÓN

La calcificación de las arterias coronarias sigue siendo todo un desafío para la cardiología intervencionista actual. Reduce las tasas de éxito angiográfico y aumenta significativamente la tasa de complicaciones operatorias¹⁰. La infra-expansión o expansión asimétrica y mala aposición del *stent* suelen observarse en placas muy calcificadas, lo cual aumenta notablemente la incidencia de

reestenosis y trombosis del *stent*¹¹. Es en este contexto donde la AR puede ser de utilidad^{12,13}.

Para implementar la estrategia de revascularización más apropiada, existe un interés cada vez mayor por las valoraciones no invasivas de las lesiones coronarias complejas que a su vez podrían beneficiarse de las técnicas existentes de modificación de la placa^{15,16}. Si supiésemos, con antelación, qué pacientes terminarían precisando una AR, no tendríamos que utilizar esta técnica como estrategia de rescate, reduciríamos el tiempo operatorio, el uso de contraste y el número de complicaciones isquémicas.

La fluoroscopia no resulta útil para cuantificar de forma apropiada la calcificación coronaria por su limitada sensibilidad e importante variabilidad intra e interobservador; tampoco se ha demostrado que sea útil para anticipar la necesidad de AR. La ecografía intravascular mejora la valoración de las placas coronarias y ofrece estimaciones precisas de la cantidad de calcio existente en la pared arterial¹⁷. Sin embargo, no se ha demostrado capaz de anticipar la respuesta de una determinada placa a la dilatación del catéter-balón. Otra de las limitaciones de la ecografía intravascular es la incapacidad de cruzar muchas lesiones complejas con el catéter de ultrasonidos. Aunque algunos intervencionistas utilizan esta situación como un criterio para utilizar la AR, no hay ninguna evidencia clínica que avale esta práctica.

En este estudio hemos podido ver que la puntuación obtenida en la escala de Agatston mejora la identificación de los pacientes que se beneficiarían de una estrategia de modificación de la placa con una AR electiva. El análisis de la puntuación Agatston es una técnica sensible, reproducible y ampliamente disponible capaz de mejorar el manejo intervencionista de pacientes con lesiones coronarias complejas. Hasta donde nosotros sabemos, solo hay otro estudio que haya puesto a prueba esta hipótesis, aunque con una metodología distinta. Sekimoto et al.¹⁸ estudiaron a pacientes con angina estable crónica sometidos a angiografía no invasiva y cuantificación del calcio coronario mediante TC previos al cateterismo cardiaco. En este estudio, la decisión de realizar la AR quedó, enteramente, a discreción del cardiólogo intervencionista.

Nuestro trabajo intentó investigar el uso de estos parámetros tanto en el manejo de la cardiopatía isquémica estable como en pacientes con un síndrome coronario agudo, seleccionando a una población con importante calcificación coronaria y altas probabilidades

pre-prueba de presentar lesiones circunferenciales calcificadas¹⁷ que, quizá, podrían haber sido tratadas con una AR como terapia de primera línea.

Nuestro estudio también se diseñó de tal forma que la decisión de realizar la AR no quedara a discreción del cardiólogo intervencionista, sino que siguiera las pautas marcadas por un protocolo prospectivo formal. Solo aquellas lesiones no cruzables o no dilatables con un catéter-balón fueron sometidas a AR, lo cual cumple estrictamente con lo dispuesto por las guías de práctica clínica. Esta estrategia también limita la disparidad de criterios entre los distintos intervencionistas dando una mayor consistencia a los resultados del estudio.

Optamos por no realizar una angiografía por TC por sus limitaciones a la hora de caracterizar adecuadamente el grado de estenosis en pacientes con calcificación significativa así como para evitar el uso innecesario de radiación y contraste. En lo que respecta al índice de calcificación de Agatston, seleccionamos 3 parámetros: global, por vaso tratado y por lesión o segmento tratado. En nuestro estudio que incluyó pacientes con una anatomía coronaria compleja, los valores globales de Agatston se mantuvieron por encima de 3.000 en ambos grupos, no observándose diferencia significativa alguna entre los 2 grupos. Al igual que en el estudio japonés¹⁸, se observaron valores mucho más altos de puntuación Agatston por vaso y por lesión en pacientes sometidos a aterectomía rotacional. Después de realizar el análisis de regresión logística, solo la puntuación por lesión resultó ser un predictor independiente de la necesidad de realizar una AR. Una puntuación Agatston por lesión de 383 fue el valor de corte óptimo determinado por el análisis ROC, un valor relativamente cercano al descrito por Sekimoto et al.¹⁸. Una variable analítica, los valores de creatinina sérica, también resultó un predictor independiente de la AR (la insuficiencia renal crónica también fue mucho más alta en el grupo AR, indicativo de la relación clínica existente entre la insuficiencia renal crónica y el porcentaje de calcio intracoronario; algo ya confirmado en el pasado). No obstante, el análisis de la curva ROC reveló que su uso posibilitó la clasificación óptima de los pacientes. Además, combinamos ambos predictores (puntuación Agatston por lesión y niveles de creatinina sérica) para idear un índice que mejorara la predicción de la AR en nuestros pacientes, siendo 622,79 el valor con la tasa de sensibilidad y especificidad más alta de todas. Así pues, el índice CAC-Cre podría ser útil en el proceso de toma de decisiones en el laboratorio de cateterismo cardiaco.

La longitud de la lesión es una de las características incluidas en la escala Syntax que aumenta la complejidad durante la ICP. Sekimoto et al. descubrieron que la longitud de la lesión mantenía una estrecha relación con el uso de AR durante la intervención de revascularización. En nuestra serie, en la que la decisión de realizar la rotablación se hizo siguiendo un protocolo estricto, no hallamos correlación significativa alguna entre la longitud de la lesión y la necesidad de realizar una AR. Estos resultados coinciden con los hallazgos hechos por Dill et al., que no observaron beneficio significativo alguno derivado de una AR rutinaria comparado con una angioplastia simple en pacientes con enfermedad coronaria compleja y lesiones más largas¹⁹.

Las características basales estuvieron bien compensadas entre ambos grupos de tratamiento, tanto desde el punto de vista clínico como en lo respectivo a la complejidad reflejada en la escala Syntax. La población incluida es representativa de un subgrupo de pacientes con enfermedad arterial coronaria grave que son aptos para ser sometidos a ICP en los centros actuales. En este grupo, la AR arrojó buenos resultados angiográficos, no observándose diferencia significativa alguna entre ambos grupos durante el seguimiento. La incidencia a largo plazo de eventos

cardiovasculares adversos mayores fue alta, pero similar a la descrita por otros grupos en pacientes con un perfil de riesgo similar^{20,21}.

Limitaciones

Este es un protocolo observacional y no aleatorizado con las limitaciones inherentes al diseño específico del estudio. El número de pacientes incluidos fue pequeño, pero arrojó información útil para poder planificar las intervenciones de lesiones complejas. En la definición de una lesión como no dilatada o no cruzable puede haber un componente importante de cierta dependencia del intervencionista al cargo; de hecho, en la actualidad, no existe una definición clara de lesión coronaria no dilatada. Así pues, nuestro protocolo se diseñó para que fuera muy directo, siguiese las actuales guías de práctica clínica y redujese la variabilidad interoperador. Por otro lado, aunque el índice de calcificación de Agatston es una técnica que se utiliza con frecuencia en las unidades de imágenes cardíacas de todo el mundo, las estimaciones por vaso y por lesión pueden requerir más tiempo y precisar de la colaboración de personal experimentado. Puede haber un sesgo de selección en pacientes sin un estudio por TC durante el período de reclutamiento. Además, el hecho de que esta técnica no sea una indicación después de la realización de una angiografía diagnóstica acarrea un uso bajo de la misma en la práctica clínica habitual.

CONCLUSIONES

El análisis de la calcificación coronaria mediante el índice de Agatston es una técnica sencilla que mejora la valoración no invasiva de placas coronarias complejas previo a la realización de una ICP. Tanto el índice de Agatston por lesión como los niveles de creatinina sérica podrían ser indicadores útiles para anticipar la necesidad de realizar una aterectomía rotacional electiva durante una ICP. Un nuevo parámetro creado a partir de la unión de ambas variables, el índice CAC-Cre, mejoró más si cabe la predicción de la necesidad de AR durante la ICP. No obstante haría falta un estudio prospectivo que validara este índice.

CONFLICTO DE INTERESES

R. Moreno es editor asociado de *REC: Interventional Cardiology*; se ha seguido el procedimiento editorial establecido en Revista para garantizar la gestión imparcial del manuscrito. Lo autores no han declarado ningún otro conflicto de intereses.

¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

- El tratamiento percutáneo de las lesiones coronarias calcificadas de carácter moderado a grave sigue siendo todo un desafío para los actuales cardiólogos intervencionistas ya que optar por la estrategia de tratamiento equivocada puede acarrear complicaciones graves.
- La AR es una técnica útil que podría mejorar los resultados en lesiones coronarias no cruzables o no dilatadas, aunque sus resultados no son óptimos cuando se utiliza como estrategia de rescate.
- La escala de puntuación de Agatston determinada por TCMD es la técnica más útil de todas para la valoración cuantitativa de la calcificación coronaria. Hay poca información sobre el papel que juega como herramienta

predictiva a la hora de catalogar una determinada placa coronaria como no cruzable o no dilatante.

- Hasta donde nosotros sabemos, la suma de una variable clínica como los niveles de creatinina y una variable de calcificación coronaria para la creación de un índice y poder anticipar la necesidad de un AR no se había descrito hasta ahora.

¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

- En este estudio hemos visto que la escala de Agatston mejora la identificación de aquellos pacientes que se beneficiarían de una estrategia de modificación de la placa con una AR electiva.
- La puntuación Agatston por lesión de 383 y los niveles de creatinina sérica son predictores independientes de AR. Combinamos ambos predictores para crear un índice que mejorara la predicción de AR en nuestros pacientes (índice CAC-Crex), siendo 622,79 el valor que arrojó la sensibilidad y especificidad más altas de todas.

MATERIAL ADICIONAL



Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <https://doi.org/10.24875/RECIC.M19000063>.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wexler L, Brundage B, Crouse J, et al. Coronary Artery Calcification: Pathophysiology, Epidemiology, Imaging Methods, and Clinical Implications. *Circulation*. 1996;94:1175-1192.
2. Wang X, Liu X, Ge H, et al. Positive association of coronary calcium detected by computed tomography coronary angiography with periprocedural myocardial infarction. *PLoS One*. 2013;8:8-13.
3. Génèreux P, Madhavan MV, Mintz GS, et al. Relation between coronary calcium and major bleeding after percutaneous coronary intervention in acute coronary syndromes (from the Acute Catheterization and Urgent Intervention Triage Strategy and Harmonizing Outcomes with Revascularization and Stents in Acute Myocardial Infarction Trials). *Am J Cardiol*. 2014;113:930-935.
4. Sianos G, Morel MA, Kappetein AP, et al. The SYNTAX score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease. *EuroIntervention*. 2005;1:219-27.
5. Abdel-Wahab M, Richardt G, Joachim Büttner H, et al. High-speed rotational atherectomy before paclitaxel-eluting stent implantation in complex calcified coronary lesions: The randomized ROTAXUS (Rotational Atherectomy Prior to Taxus Stent Treatment for Complex Native Coronary Artery Disease) trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2013;6:10-19.
6. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1990;15:827-832.
7. Alderman EL, Stadius M. The angiographic definitions of the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation study (BARI). *Coron Artery Dis*. 1992;3:1189-1207.
8. Nuemann FJ, Sousa Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines of myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40:86-165.
9. Mauri L, Hsieh W, Massaro JM, Ho KKL, D'Agostino R, Cutlip DE. Stent thrombosis in randomized clinical trials of drug-eluting stents. *N Engl J Med*. 2007;356:1020-1029.
10. Savage MP, Goldberg S, Hirshfeld JW, et al. Clinical and angiographic determinants of primary coronary angioplasty success. *J Am Coll Cardiol*. 1991;17:22-28.
11. Liu X, Doi H, Maehara A, et al. A Volumetric Intravascular Ultrasound Comparison of Early Drug-Eluting Stent Thrombosis Versus Restenosis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2009;2:428-434.
12. Moussa I, Di Mario C, Moses J, et al. Coronary Stenting After Rotational Atherectomy in Calcified and Complex Lesions. *Circulation*. 1997;96:128-136.
13. Vaquerizo B, Serra A, Miranda F, et al. Aggressive plaque modification with rotational atherectomy and/or cutting balloon before drug-eluting stent implantation for the treatment of calcified coronary lesions. *J Interv Cardiol*. 2010;23:240-248.
14. Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, et al. 2011 ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *Circulation*. 2011;124:e574-651.
15. Hoffmann U, Moselewski F, Nieman K, et al. Noninvasive Assessment of Plaque Morphology and Composition in Culprit and Stable Lesions in Acute Coronary Syndrome and Stable Lesions in Stable Angina by Multidetector Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:1655-1662.
16. Estevez-Loureiro R, Ghione M, Kilickesmez K, Agudo P, Lindsay A, Di Mario C. The Role for Adjunctive Image in Pre-procedural Assessment and Peri-procedural Management in Chronic Total Occlusion Recanalisation. *Curr Cardiol Rev*. 2014;10:120-126.
17. Tuzcu EM, Berkalp B, De Franco AC, et al. The dilemma of diagnosing coronary calcification: Angiography versus intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*. 1996;27:832-838.
18. Sekimoto T, Akutsu Y, Hamazaki Y, et al. Regional calcified plaque score evaluated by multidetector computed tomography for predicting the addition of rotational atherectomy during percutaneous coronary intervention. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016;10:221-8.
19. Dill T, Dietz U, Hamm CW, et al. A randomized comparison of balloon angioplasty versus rotational atherectomy in complex coronary lesions (COBRA study). *Eur Heart J*. 2000;21:1759-1766.
20. Édes IF, Ruzsa Z, Szabó G, et al. Clinical predictors of mortality following rotational atherectomy and stent implantation in high-risk patients: A single center experience. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;86:634-641.
21. Tohamy A, Klomp M, Putter H, et al. Very Long-Term Follow-Up After Coronary Rotational Atherectomy: A Single-Center Experience. *Angiology*. 2016;68:519-527.