



ARTÍCULO ESPECIAL

Imagenología coronaria: tomografía de coherencia óptica



Boris E. Vesga^{a,b,*}, Sergio H. Vásquez^{a,b} y Héctor J. Hernández^a

^a Instituto del Corazón de Bucaramanga S.A, Bucaramanga, Colombia

^b Departamento de Medicina Interna - Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

Recibido el 4 de abril de 2017; aceptado el 10 de noviembre de 2017

Disponible en Internet el 19 de diciembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Enfermedad coronaria;
Aterosclerosis;
Tomografía de coherencia óptica;
Placa aterosclerótica;
Stent coronario

KEYWORDS

Coronary artery disease;
Atherosclerosis;
Optical coherence tomography;
Atherosclerotic plaque;
Coronary stent

Resumen La aterosclerosis coronaria se evalúa de forma rutinaria a través de la angiografía coronaria, técnica que permite establecer el grado de obstrucción. Las técnicas de imagen intravascular son un complemento para la evaluación de la placa aterosclerótica y la anatomía vascular. La tomografía de coherencia óptica, mediante el uso de luz infrarroja, permite caracterizar la placa aterosclerótica y el trombo intracoronario, ayuda en la evaluación del grado de estenosis coronaria y longitud de lesión y es útil como guía para el procedimiento de angioplastia y su seguimiento.

© 2017 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Coronary imaging: optical coherence tomography

Abstract Coronary atherosclerosis is routinely assessed using coronary angiography, a technique which determines the degree of obstruction. Intravascular imaging techniques are a complement for evaluating atherosclerotic plaque and vascular anatomy. Optical coherence tomography, using infrared light, characterizes atherosclerotic plaque and intracoronary thrombi, helps to evaluate the degree of coronary stenosis and the length of the lesion, and is useful as a guide for angioplasty and its follow-up.

© 2017 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: borisvesga@institutodelcorazon.com, o.boris@uis.edu.co (B.E. Vesga).

Objetivo

Desarrollar un consenso de aproximación diagnóstica y terapéutica sobre la tomografía de coherencia óptica con el fin de unificar criterios diagnósticos y de manejo en los servicios de Cardiología intervencionista de Colombia, con miras a cumplir metas de calidad y reunir lo recomendado por la literatura actual

Alcance

Los servicios de Hemodinamia y Cardiología intervencionista son parte de las instituciones de salud públicas y privadas con alto nivel de complejidad. En estos se realizan procedimientos diagnósticos invasivos en sujetos sintomáticos de enfermedad coronaria, y se ofrece el respectivo manejo intervencionista como parte integral del tratamiento de la enfermedad coronaria. Por consiguiente, se requiere que los procedimientos estén estandarizados con el fin de aplicarlos con parámetros de calidad en Colombia.

Definiciones

- Tomografía de coherencia óptica (OCT, su sigla en inglés): técnica de imagen que a través de la emisión de luz en el rango infrarrojo y los fenómenos físicos de refracción y reflejo, es captada y procesada digitalmente para tomar imágenes de corte del segmento de tejido estudiado.
- Tomografía de coherencia óptica coronaria: aplicación de la técnica de OCT dentro de una arteria coronaria con el fin de obtener imágenes tomográficas que permitan evaluar la pared vascular en su estructura.

Responsables

Profesionales de Salud Médicos con formación en Hemodinamia y Cardiología intervencionista debidamente certificados para ejecutar su ejercicio en el territorio colombiano.

Desarrollo

Población objeto

Pacientes con edad igual o mayor a 18 años que tengan o en quienes se sospeche enfermedad coronaria y se les deban evaluar las características de la pared arterial coronaria, utilizar como parámetro de control del intervencionismo cardiovascular.

Metodología

Se hizo una revisión bibliográfica teniendo en cuenta las guías presentadas por *European Heart Society – European APCI*, *American Heart Association*, *American College of Cardiology*, *Society SCAI*, *Sociedad Latinoamericana de Cardiología Intervencionista*, y portales como TCTmd y PCR online, en los que se toman elementos para adaptarlos al entorno del país.

Introducción

La angiografía coronaria mediante la utilización de rayos x y un medio de contraste que dibuje la luz vascular, ha sido desde los años 50 del siglo pasado, el estándar de oro para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria. Infortunadamente, esta angiografía puede subestimar el diámetro real del vaso, el cual puede tener variaciones por fenómenos como el remodelamiento vascular y no permitir así evaluar las características que puedan afectar de forma intrínseca la pared vascular.

Por ende, ha aparecido como complemento la utilización de imágenes capturadas a nivel intravascular por ondas de sonido, como el ultrasonido intravascular (IVUS) y de forma reciente el uso de ondas luminosas infrarrojas como la tomografía de coherencia óptica. Las características diferenciales entre las tres técnicas se presentan en la [tabla 1](#).

Generalidades

La OCT obtiene la imagen con el procesamiento digital del reflejo de las diferentes estructuras vasculares al ser sometidas ante un haz de luz infrarrojo, el cual es emitido por un catéter que se avanza a través de una guía de angioplastia coronaria.¹

En la actualidad, las imágenes se capturan mediante un sistema de dominio de frecuencia, en el cual el láser emisor de luz genera diferentes frecuencias, que cuando son reflejadas son recompuestas mediante la fórmula de Fourier conformando la imagen bidimensional. Las imágenes capturadas tienen una resolución de 10 micras, cifra que supera hasta diez veces a la angiografía coronaria, quince veces a la tomografía axial computarizada o a la resonancia nuclear magnética y hasta ocho veces al ultrasonido intravascular.²

La técnica de OCT para la captura de imágenes intracoronarias tiene como limitaciones el gran tamaño del vaso, así como la persistencia de sangre en el vaso que se está estudiando y que no permite evaluar lesiones ostiales.

Por el tamaño de su campo de observación en vasos con diámetro mayor de 4 mm, con la OCT no es posible evaluar en su totalidad el perímetro, situación que puede aparecer en el tronco de la coronaria izquierda o en arterias ectásicas.

Dado que para la captura de imágenes se debe reemplazar la sangre por medio de contraste, hacerlo con inyección

Tabla 1 Características diferenciales en imagenología coronaria

	ANGIO	IVUS	OCT
Año introducción	1958	1988	2002
Resolución (micras)	200	80-150	10-20
Aspecto tiempo	Tiempo real	Tiempo real	Tiempo real
Aspecto tiempo		20-50 s	2-50 s
Fuente scan	Rayos x	Ultrasonido	Luz infrarroja
Blanco	Flujo sangre	Capas	Capas

de forma manual o con bajo volumen o presión, puede generar artefactos de imagen, ante lo cual se debe utilizar un dispositivo inyector que garantice un volumen y una presión adecuados.

Las lesiones del ostium del tronco coronario izquierdo y la coronaria derecha pueden evaluarse en forma errónea dado que la posición del catéter no permitirá estar selectivo y garantizar el reemplazo correcto de sangre por medio de contraste.

Características de la imagen

Las estructuras de alta refringencia como la íntima o la adventicia se aprecian como imágenes hiperintensas, las hipointensas corresponden a estructuras de baja refringencia, como lípidos o calcio, mientras que elementos como los eritrocitos presentan la mayor refringencia y no permiten visualizar ningún otro elemento o la pared vascular; esta es la razón para utilizar el medio de contraste para reemplazar la sangre y así obtener una mejor visualización vascular.

La alta frecuencia permite obtener mejor definición de imagen, a una penetración de 1-2 mm, valor comparativamente menor que el del ultrasonido intravascular (IVUS) que corresponde a 4-8 mm. Esta excelente definición permite delimitar los componentes de la pared vascular (fig. 1). Adicionalmente, permite visualizar estructuras de alta intensidad como los macrófagos,³ caracterizar la placa aterosclerótica según sus componentes si esta es fibrosa, lipídica o calcificada⁴ y establecer si la membrana fibrosa que separa el componente lipídico de la luz del vaso en el fibroateroma es gruesa o por el contrario es delgada, configurando una placa vulnerable⁵.

Aplicaciones de la tomografía de coherencia óptica

Esta herramienta puede utilizarse tanto para el diagnóstico de la enfermedad coronaria,⁶ como para la evaluación del tratamiento intervencionista.⁷ Se plantean cuatro escenarios para su uso:

Caracterización de la placa aterosclerótica y del trombo intracoronario

- Evaluación de estenosis coronaria y longitud de la lesión.
- Guía para el procedimiento de angioplastia.
- Control y seguimiento de angioplastia.

Caracterización de la placa aterosclerótica y del tronco intracoronario

Por las características físicas descritas en la forma como se genera la imagen de la pared vascular se pueden identificar los componentes de las placas ateroscleróticas.

El primer aspecto es la pérdida de la morfología normal en capas dada la existencia de una separación entre la íntima y la media. Las placas fibrosas se caracterizan por la delimitación de la membrana elástica interna y externa. Las placas lipídicas presentan atenuación, observándose bordes irregulares; se puede apreciar delimitada la membrana fibrosa que

la separa de la luz vascular. Además de las características descritas, las placas fibrocálcicas son de baja intensidad y bordes definidos.

Igualmente, cuando las placas se rompen, la respuesta trombótica puede visualizarse mediante la OCT; cuando se trata de un trombo recién conformado se denomina rojo, el cual es blando y poco organizado y tendrá un borde poco definido, mientras que el trombo organizado o blanco tendrá bordes bien delimitados (fig. 2).⁸

Evaluación de estenosis coronaria y longitud de lesión

En la evaluación del grado de compromiso estenótico de un segmento vascular, la OCT permite calcular el área luminal, medida que tiene una correlación adecuada con la obtenida mediante el IVUS. Por esa razón se utilizan puntos de corte similares en cuanto al porcentaje de estenosis y el área luminal.^{5,9,10}

Al tomarse múltiples imágenes tomográficas de una coronaria, la sumatoria de estas pueden generar la reconstrucción longitudinal del vaso, que permitirá establecer la longitud y puntos de mayor severidad de la lesión aterosclerótica (fig. 3).

Guía para el procedimiento de angioplastia

Al poder definir el diámetro del vaso y la longitud de la lesión a intervenir se puede definir y planificar el diámetro y la longitud del *stent* necesario para cubrir adecuadamente la placa aterosclerótica. El estudio ILUMEN III comparó la OCT contra el rol del IVUS como estrategia de evaluación y optimización de una angioplastia y demostró que ambas tecnologías de imagen son comparables.¹¹

Por su estructura de mayor densidad los *stent* metálicos reflejan las ondas infrarrojas y generan sombras que

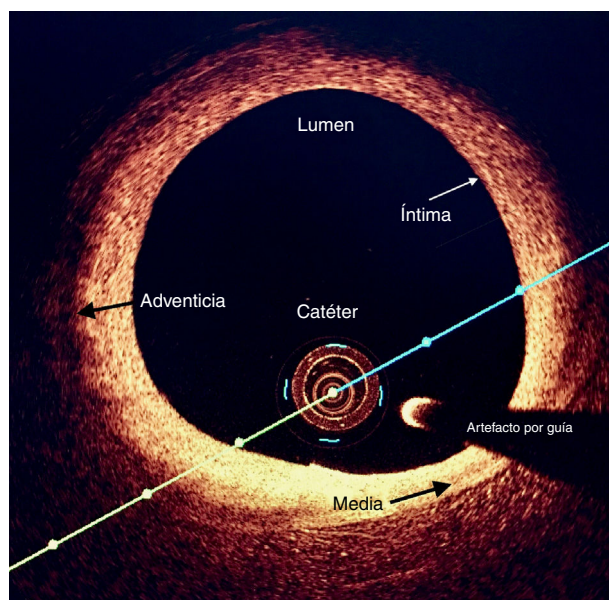


Figura 1 Componentes de la pared vascular observados mediante OCT.

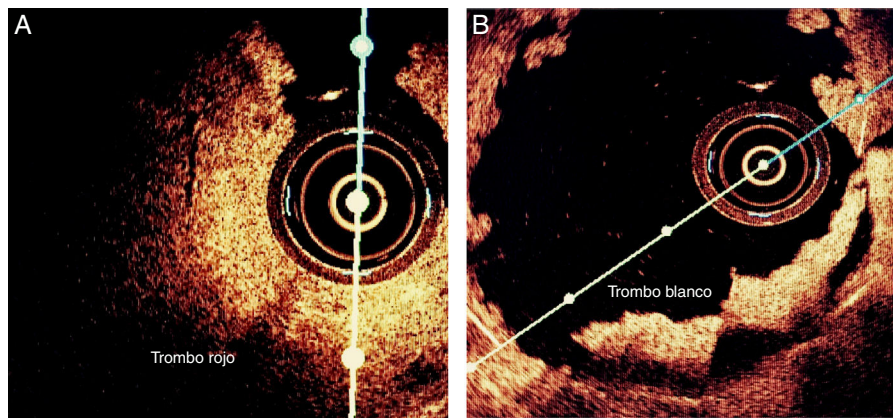


Figura 2 Diferenciación entre trombo rojo y blanco. A. Trombo rojo. B. Trombo blanco.

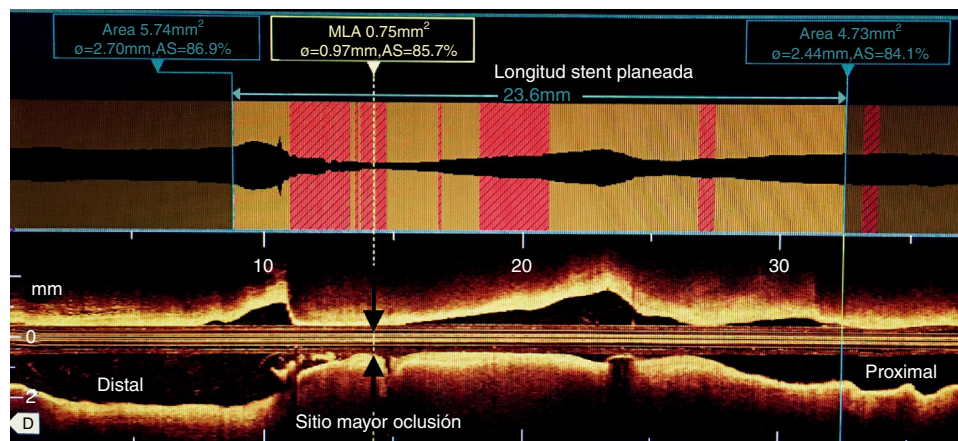


Figura 3 Determinación del área luminal y la longitud de lesión. Tomado con sistema Ilumen®.

no permiten visualizar hacia la parte externa del vaso. En contraste, por su menor densidad estructural los stent con armazones bioabsorbibles no son visibles en la angiografía convencional con rayos x, por lo cual la OCT es la técnica apropiada para evaluar su implantación.^{12,13}

Una vez implantado el stent, se hace control con OCT para revisar la implantación y descartar factores que lleven a fracaso en el procedimiento. Los factores que han sido identificados en varios estudios como mal pronóstico son prolapso de placa, trombo, aposición inadecuada del stent y subexpansión del stent o disección en los límites del stent con el endotelio vascular:¹⁴

- El prolapso de placa es la presencia y salida de material aterosclerótico o trombótico a través de los *strut*, que se extiende hacia la luz del vaso.
- La aposición se refiere a la ubicación adecuada del stent contra la pared del vaso. Se considera mala aposición cuando uno o varios *strut* se encuentran separados de la pared por una distancia equivalente al grosor de los mismos, por ejemplo, en los stent medicados de nueva generación de 60 a 90 micras. La subexpansión del stent se describe como la falta global de expansión del stent hacia las paredes del vaso, y corresponde a un defecto al momento de la implantación. En estos casos se maneja

con nuevos inflados con balones semicomplacientes de mayor tamaño y/o balones no complacientes.

- La disección es un fenómeno que puede darse en los bordes del stent en la zona límite con el endotelio vascular. Se visualiza como la separación entre la íntima y la media; de acuerdo con el nivel de severidad puede llevar a compromiso del flujo o a la formación de trombosis temprana.

Control y seguimiento de angioplastia

En los casos de pacientes con síntomas sugestivos de isquemia coronaria y que tengan como antecedente intervención coronaria con angioplastia stent, además de la angiografía coronaria, se puede realizar OCT para descartar reestenosis o trombosis intrastent.¹⁰

En caso de utilizarse la OCT, se puede valorar el tamaño del vaso, el área luminal, la aposición del stent hacia la pared y la endotelización del stent. En casos de stent implantados de varios años se pueden llegar a observar neovasos, correspondientes a la proliferación de la *vasa vasorum* asociada a un fenómeno recientemente descrito como neoaterosclerosis. En los sujetos manejados con armazones bioabsorbibles (scaffold), se puede observar el grado de reabsorción de la estructura y los fenómenos de remodelamiento vascular.

Recomendaciones del Consenso del Colegio Colombiano de Hemodinamia e Intervencionismo Cardiovascular

El uso de la tomografía de coherencia óptica es una herramienta útil para:

- Diagnosticar y caracterizar placa aterosclerótica y trombo intracoronario.
- Evaluar estenosis coronaria y longitud de la lesión.
- Guiar el procedimiento de angioplastia y valorar la implantación de armazones bioabsorbibles.
- Controlar y seguir la angioplastia con implantación de *stent* en sujetos con enfermedad coronaria sintomática.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Bibliografía

1. Tearny G, Regar E, Akasaka T, Consensus standars for acquisition, measurement, and reporting of intravascularoptical coherence tomography studies: a report from the International Working Group for intravascular optical coherence tomography standarization and validation. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:1058–72.
2. Gonzalo N, Serruys PW, Regar E. Optical coherence tomography: clinical applications and the evaluation of DES. *Minerva Cardioangiol.* 2008;56:511–25.
3. Kashiwagi M, Kitabata H, Ozaki Y, et al. Fatty streak assessed by optical coherence tomography: early atherosclerosis detection. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14:109.
4. Kato K, Yasutake M, Yonetsu T, et al. Intracoronary imaging modalities for vulnerable plaques. *J Nippon Med Sch.* 2011;78:340–51.
5. Bezerra HG, Attizzani GF, Sirbu V, et al. Optical coherence tomography versus intravascular ultrasound to evaluate coronary artery disease and percutaneous coronary intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2013;6:228–36.
6. Gonzalo N, García-García HM, Regar E, et al. In vivo assessment of high-risk coronary plaques at bifurcations with combined intravascular ultrasound and optical coherence tomography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2:473–82.
7. Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, et al. Optical coherence tomography assessment of the acute effects of stent implantation on the vessel wall: a systematic quantitative approach. *Heart.* 2009;95:1913–9.
8. Radu M, Raber L, García García H, et al. The clinical atlas of optical coherence tomography. Europa Edition. 2012.
9. Habara M, Terashima M, Nasu K, et al. Difference of tissue characteristics between early and very late restenosis lesions after bare-metal stent implantation: an optical coherence tomography study. *Circ Cardiovasc Interv.* 2011;4:232–8.
10. Kubo T, Akasaka T, Shite J, et al. OCT compared with IVUS in a coronary lesion assessment: the OPUS-CLASS study. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2013;6:1095–104.
11. Ali ZA, Maehara A, Généreux P, et al. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2016;388:2618–28.
12. Vesga B, Hernandez H, Moncada M, et al. Three-month evaluation of strut healing using a novel optical coherence tomography analytical method following bioresorbable polymer everolimus-eluting stent implantation in humans: the TIMELESS study. *Coron Artery Dis.* 2017;28:126–34.
13. Allahwala UK, Cockburn JA, Shaw E, et al. Clinical utility of optical coherence tomography (OCT) in the optimization of Absorb bioresorbable vascular scaffold deployment during percutaneous coronary intervention. *EuroIntervention.* 2015;10:1154–9.
14. Prati F, Romagnoli E, Burzotta F. Clinical Impact of OCT Findings During PCI: The CLI-OPCI II Study. *JACC Cardiovasc Imag.* 2015;8:1297–305.