

TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA Y ANGIOGRAFÍA CORONARIA COMO COMPLEMENTO EN DECISIONES TERAPÉUTICAS

OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY AND CORONARY ANGIOGRAPHY AS COMPLEMENT IN THERAPEUTIC DECISIONS

Dr. Igner F. Aladro Miranda^{1*}, Dra. Rosa Lázaro García^{2**}, Dr. Manuel Gómez Recio^{2**}, Dr. Francisco L. Moreno-Martínez^{3*}, Dr. José R. Nodarse Valdivia^{1*}, Dr. Rosendo S. Ibarra Hernández^{3*}, Dr. Luis F. Vega Fleites^{1*} y Tec. María del C. Calzado Manso^{4**}

1. Especialista de I Grado en Cardiología.
2. Especialista en Cardiología.
3. Especialista de I y II Grados en Cardiología. Máster en Urgencias Médicas. Profesor Asistente.
4. Técnico Superior de Imagen para el Diagnóstico.

* Unidad de Cardiología Intervencionista. Cardiocentro "Ernesto Che Guevara". Villa Clara, Cuba

** Unidad de Cardiología Intervencionista. Complejo Hospitalario Torrecárdenas. Almería, España.

Recibido: 13 de noviembre de 2011

Recibido con modificaciones: 24 de febrero de 2012

Aceptado para su publicación: 30 de abril de 2012

Full English text of this article is also available

RESUMEN

La tomografía de coherencia óptica es una técnica de diagnóstico intracoronario con una alta resolución, su advenimiento ha permitido llevar a cabo un mejor diagnóstico para el tratamiento de las afecciones vasculares. El desarrollo de nuevos sistemas de esta tomografía, que evitan la oclusión de la arteria, favorece que esta técnica tenga mayor utilidad y se convierta en práctica habitual en los laboratorios de hemodinámica, para la caracterización de la placa aterosclerótica coronaria y la evaluación del *stent* implantado. Se presenta un paciente que en el curso de un síndrome coronario agudo con elevación del segmento ST, fue tratado con

trombolíticos y no se lograron signos de reperfusión. La coronariografía realizada no demostró estenosis significativa en relación con la topografía del infarto, por lo que se realizó tomografía de coherencia óptica y se diagnosticó una imagen compatible con proliferación neointimal y presencia de trombo dentro del *stent* previamente implantado en la arteria circunfleja, que se correspondía con los cambios del electrocardiograma. Se decidió aplicar tratamiento percutáneo con implantación de *stent* fármaco-activo. La tomografía de coherencia óptica permitió diagnosticar y tratar una imagen angiográfica dudosa.

Palabras clave: Tomografía de coherencia óptica, Angiografía coronaria, Enfermedad coronaria, Técnicas de diagnóstico cardiovascular

✉ IF Aladro Miranda
Cardiocentro "Ernesto Che Guevara"
Cuba 610, e/Barcelona y Capitán Velazco
Santa Clara, CP 50200. Villa Clara, Cuba.
Correo electrónico: iguer76@yahoo.es

ABSTRACT

Optical coherence tomography is an intracoronary diagnostic technique of high resolution, and its arrival has allowed a better diagnosis for the treatment of vascular

diseases. The development of new systems for this tomography, which prevent artery occlusion, allows this technique to have greater utility and become standard practice in the hemodynamic laboratories for the characterization of coronary atherosclerotic plaque and for evaluating the inserted stent. The case of a patient that during an acute coronary syndrome with ST segment elevation was treated with thrombolytics and no signs of reperfusion were achieved is presented. Coronary angiography showed no significant stenosis regarding infarct topography, so an optical coherence

tomography was performed and an image compatible with neointimal proliferation and thrombus within the previously inserted stent in the circumflex artery was diagnosed, which corresponded with ECG changes. It was decided to apply percutaneous treatment with drug-eluting stent implantation. Optical coherence tomography allowed diagnosing and treating a dubious angiographic image.

Key words: Tomography, Optical coherence; Coronary angiography; Coronary disease; Diagnostic techniques, Cardiovascular

INTRODUCCIÓN

La angiografía coronaria es la técnica de referencia para el diagnóstico de la enfermedad coronaria; sin embargo, la mayoría de los síndromes coronarios agudos con elevación del segmento ST se producen sobre placas vulnerables no significativas¹. La oclusión de la arteria coronaria se produce por la formación de material trombótico y en ocasiones la angiografía coronaria puede infraestimar el grado de oclusión.

El uso de la tomografía de coherencia óptica (TCO), análoga al ultrasonido intravascular, se inició desde hace más de 17 años y actualmente se ha desarrollado una segunda generación, que permite retiradas a alta velocidad sin necesidad de ocluir la arteria coronaria²⁻⁴. La TCO ha demostrado alta sensibilidad y especificidad respecto a la histología para la clasificación de los diferentes tipos de placas ateroscleróticas y el diagnóstico de las complicaciones^{5,6}.

CASO CLÍNICO

Hombre de 58 años de edad con dislipidemia y hábito de fumar como factores de riesgo conocidos, y antecedentes de hipertensión arterial sistémica, insuficiencia arterial periférica y cardiopatía isquémica (infarto de miocardio antiguo, 2002 y 2006), que había sido tratado mediante intervencionismo coronario percutáneo e implantación de *stent* convencional en la arteria circunfleja (Cx) proximal, la interventricular posterior de la Cx y la primera diagonal. En esta ocasión acude a urgencias por presentar dolor torácico típico acompañado de síntomas neurovegetativos, que se interpretó como un síndrome coronario agudo (SCA) con elevación del segmento ST (D_I, D_{II}, D_{III} y aVF), y se inició tratamiento con aspirina, clopidogrel y fibrinólisis (TNK); pero los síntomas persistieron y se decidió su traslado a la Unidad de Cardiología Intervencionista para realizar intervencionismo coronario percutáneo.

Al examen físico se constataron: frecuencia respiratoria de 25 por minuto, frecuencia cardíaca de 100

latidos por minuto y tensión arterial de 150/90 mmHg.

Los exámenes complementarios mostraron:

- Hematíes: 6.112.000 mm³
- Hemoglobina: 16 gr/100ml
- Hematócrito: 49 %
- Leucocitos: 15.500 mm³
- Plaquetas: 250.000/mm³
- Ac Protombina: 98 %
- Tiempo parcial de tromboplastina activado: 29 segundos
- Fibrinógeno: 445 mg/dl
- Glucosa: 97 mg/dl
- Urea: 29 mg/dl
- Na: 143 meq/L
- K: 4.2 meq/L
- Troponina T: 1,47
- Radiografía de tórax normal.



Figura 1. Coronariografía que muestra estenosis no significativa (flecha) en segmento proximal de arteria coronaria circunfleja.

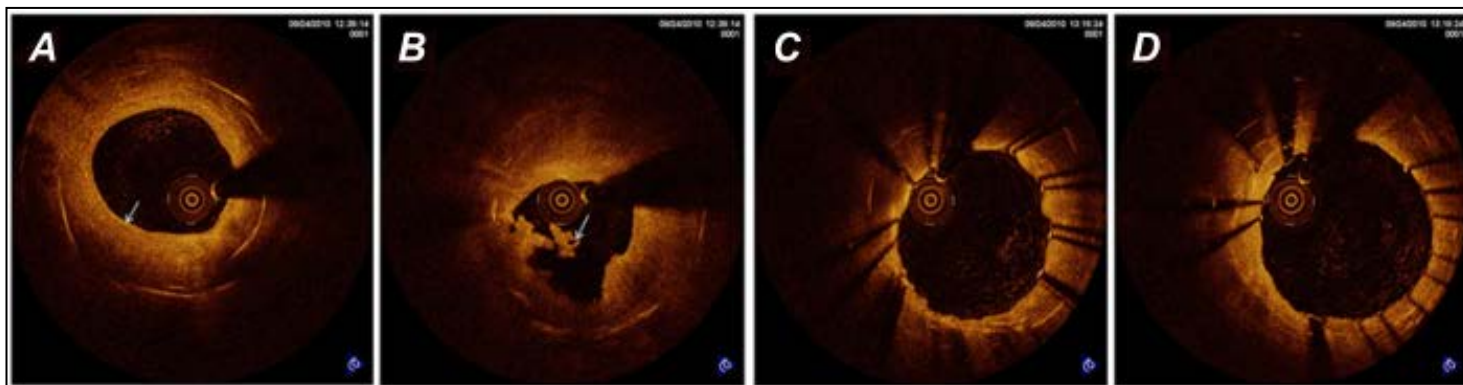


Figura 2. TCO. **A.** Imagen de alta reflectividad y bordes homogéneos (flecha) que corresponde a proliferación de musculatura lisa. **B.** Imagen de baja reflectividad y bordes difusos, que se corresponde con una placa rica en lípidos y contenido trombótico. **C.** Imagen obtenida después del procedimiento percutáneo que muestra buena expansión a nivel de la zona correspondiente al *stent* previo. **D.** Región donde existía la placa rica en lípido y contenido trombótico.

Se realizó coronariografía por vía radial derecha, según el procedimiento estándar, y se observó una estenosis no significativa *intrastent* en el segmento proximal de la Cx (Figura 1), estenosis no significativa en el segmento proximal de la descendente anterior y el resto de los *stent* estaban permeables y sin proliferación neointimal. Los demás vasos presentaban irregularidades no significativas. El ventrículo izquierdo no estaba dilatado, presentaba hipoquinesia póstero-basal y diafragmática, y una fracción de eyección de 0,42.

Se interpretó que la Cx era la arteria responsable del infarto y se realizó una TCO de segunda genera-

ción. Se avanzó la sonda hasta una zona distal al *stent*, que mostró imágenes de alta reflectividad y bordes homogéneos, lo que se correspondía con proliferación neointimal en el *stent* previamente implantado (Figura 2A); con la retirada de la sonda se pudo observar otra imagen de baja reflectividad, con bordes difusos y contenido trombótico en una zona más proximal de la circunfleja (Figura 2B).

Se diagnosticó un síndrome coronario agudo con elevación del segmento ST en cara ínfero-lateral y se implantó un *stent* fármaco-activo Endeavor de 3,5x24 mm, desde el origen de la Cx, que se superpuso parcialmente al *stent* previamente implantado, hasta cubrir la zona afectada con trombo. Se observó buen resultado angiográfico (Figura 3) y con la TCO se corroboró la correcta aposición de las celdas del *stent* implantado (Figura 2C) y la resolución del trombo (Figura 2D).

COMENTARIOS

El desarrollo de las técnicas para realizar intervencionismo coronario percutáneo ha permitido una mejor evolución de los pacientes. La TCO de segunda generación ha evolucionado para que su uso sea más sencillo, sin necesidad de oclusión transitoria de la arteria coronaria⁷. El desarrollo de esta técnica ha permitido una mejor valoración del *stent* y de la lesión a tratar.

Gonzalo *et al.*⁸ observaron, mediante la utilización de TCO, que tras la implantación del *stent*, se apreciaba prolapso hístico en el 97,5 % de los casos, disección en el *stent* en el 86,3 % y disección del borde en el 25 %. Además, el 63,8 % de los pacientes presentaron al menos una celda con mala aposición.

La evaluación de las características de la placa permite identificar la menor distensibilidad de las lesiones intensamente calcificadas y puede tener utilidad



Figura 3. Arteria coronaria circunfleja tras el implante del *stent* (flecha).

para la detección de placas con elevado riesgo de rotura^{7,8}.

En comparación con la histología, la TCO ha mostrado altas sensibilidad y especificidad en la detección de algunas de las características asociadas a las lesiones propensas a la rotura, como el núcleo necrótico, la presencia de macrófagos y la cubierta^{7,9-11}.

En el caso que se presenta, al realizar la coronariografía con el objetivo de iniciar una angioplastia de rescate, se observó una imagen de estenosis no significativa en el segmento proximal de la arteria Cx, que era supuestamente la responsable de los síntomas según el electrocardiograma; pero no tenía una imagen angiográfica típica. Por estas razones fue que se decidió realizar la TCO con la que se demostró la presencia de proliferación neointimal del *stent* previamente implantado y la presencia de trombo en el segmento proximal de la Cx.

Sin dudas, la TCO fue clave para decidir la opción terapéutica más apropiada, pues permitió diagnosticar y tratar una lesión coronaria que tenía características angiográficamente dudosas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camm AJ, Lüscher TF, Serruys PW, editores. The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine. Oxford: UK, Blackwell Publishing; 2006.
2. Akasaka T, Kubo T, Mizukoshi M, Tanaka A, Kitabata H, Tanimoto T, *et al.* Pathophysiology of acute coronary syndrome assessed by optical coherence tomography. *J Cardiol.* 2010;56(1):8-14.
3. Low AF, Tearney GJ, Bouma BE, Jang IK. Technology Insight: optical coherence tomography-current status and future development. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med.* 2006;3(3):154-62.
4. Kubo T, Akasaka T. Recent advances in intracoronary imaging techniques: focus on optical coherence tomography. *Expert Rev Med Devices.* 2008; 5(6):691-7.
5. Prati F, Zimarino M, Stabile E, Pizzicannella G, Fouad T, Rabozzi R, *et al.* Does optical coherence tomography identify arterial healing after stenting? An in vivo comparison with histology, in a rabbit carotid model. *Heart.* 2008;94(2):217-21.
6. Kubo T, Xu C, Wang Z, van Ditzhuijzen NS, Bezerra HG. Plaque and thrombus evaluation by optical coherence tomography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2011;27(2):289-98.
7. Barlis P, Gonzalo N, Di Mario C, Prati F, Buellesfeld L, Rieber J, *et al.* A multicentre evaluation of the safety of intracoronary optical coherence tomography. *EuroIntervention.* 2009;5(1):90-5.
8. Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, Shen ZJ, Onuma Y, García-García HM, *et al.* Optical coherence tomography assessment of the acute effects of stent implantation on the vessel wall: a systematic quantitative approach. *Heart.* 2009;95(23): 1913-9.
9. Gonzalo N, García-García HM, Regar E, Barlis P, Wentzel J, Onuma Y, *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(4):473-82.
10. Barlis P, Serruys PW, Gonzalo N, Van der Giessen W, de Jaegere PJ, Regar E. Assessment of culprit and remote coronary narrowings using optical coherence tomography with long-term outcomes. *Am J Cardiol.* 2008;102(4):391-5.
11. Kume T, Akasaka T, Kawamoto T, Okura H, Watanabe N, Toyota E, *et al.* Measurement of the thickness of the fibrous cap by optical coherence tomography. *Am Heart J.* 2006;152(4):755.e1-4.

OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY AND CORONARY ANGIOGRAPHY AS COMPLEMENT IN THERAPEUTIC DECISIONS

TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA Y ANGIOGRAFÍA CORONARIA COMO COMPLEMENTO EN DECISIONES TERAPÉUTICAS

Iguer F. Aladro Miranda, MD^{1*}; Rosa Lázaro García, MD^{2**}; Manuel Gómez Recio, MD^{2**}; Francisco L. Moreno-Martínez, MD^{3*}; José R. Nodarse Valdivia, MD^{1*}; Rosendo S. Ibargollín Hernández, MD^{3*}; Luis F. Vega Fleites, MD^{1*} and María del C. Calzado Manso, Technician^{4**}

1. First Degree Specialist in Cardiology.
2. Specialist in Cardiology.
3. First and Second Degree Specialist in Cardiology. Master in Medical Emergencies. Assistant Professor.
4. Higher Technician for Diagnostic Imaging.

* Interventional Cardiology Unit. Cardiocentro "Ernesto Che Guevara". Villa Clara, Cuba

** Interventional Cardiology Unit. Complejo Hospitalario Torrecárdenas. Almería, España.

Received: November 13, 2011

Received after modification: February 24, 2012

Accepted for publication: April 30, 2012

Este artículo también está disponible en español

ABSTRACT

Optical coherence tomography is an intracoronary diagnostic technique of high resolution, and its arrival has allowed a better diagnosis for the treatment of vascular diseases. The development of new systems for this tomography, which prevent artery occlusion, allows this technique to have greater utility and become standard practice in the hemodynamic laboratories for the characterization of coronary atherosclerotic plaque and for evaluating the inserted stent. The case of a patient that during an acute coronary syndrome with ST segment elevation was treated with thrombolytics and

no signs of reperfusion were achieved is presented. Coronary angiography showed no significant stenosis regarding infarct topography, so an optical coherence tomography was performed and an image compatible with neointimal proliferation and thrombus within the previously inserted stent in the circumflex artery was diagnosed, which corresponded with ECG changes. It was decided to apply percutaneous treatment with drug-eluting stent implantation. Optical coherence tomography allowed diagnosing and treating a dubious angiographic image.

Key words: Tomography, Optical coherence; Coronary angiography; Coronary disease; Diagnostic techniques, Cardiovascular

RESUMEN

La tomografía de coherencia óptica es una técnica de diagnóstico intracoronario con una alta resolución, su advenimiento ha permitido llevar a cabo un mejor diagnóstico para el tratamiento de las afecciones vascula-

✉ IF Aladro Miranda
Cardiocentro "Ernesto Che Guevara"
Cuba 610, e/Barcelona y Capitán Velazco
Santa Clara, CP 50200. Villa Clara, Cuba.
E-mail address: iguer76@yahoo.es

res. El desarrollo de nuevos sistemas de esta tomografía, que evitan la oclusión de la arteria, favorece que esta técnica tenga mayor utilidad y se convierta en práctica habitual en los laboratorios de hemodinámica, para la caracterización de la placa aterosclerótica coronaria y la evaluación del *stent* implantado. Se presenta un paciente que en el curso de un síndrome coronario agudo con elevación del segmento ST, fue tratado con trombolíticos y no se lograron signos de reperfusión. La coronariografía realizada no demostró estenosis significativa en relación con la topografía del infarto, por lo que se realizó tomografía de coherencia óptica y

se diagnosticó una imagen compatible con proliferación neointimal y presencia de trombo dentro del *stent* previamente implantado en la arteria circunfleja, que se correspondía con los cambios del electrocardiograma. Se decidió aplicar tratamiento percutáneo con implantación de *stent* fármaco-activo. La tomografía de coherencia óptica permitió diagnosticar y tratar una imagen angiográfica dudosa.

Palabras clave: Tomografía de coherencia óptica, Angiografía coronaria, Enfermedad coronaria, Técnicas de diagnóstico cardiovascular

INTRODUCTION

Coronary angiography is the gold standard for the diagnosis of coronary artery disease, but the majority of acute coronary syndromes with ST segment elevation occur in no significant vulnerable plaques. Coronary artery occlusion is caused by the formation of thrombotic material and sometimes coronary angiography may underestimate the degree of occlusion.

The use of optical coherence tomography (OCT), analogous to intravascular ultrasound, was started more than 17 years ago and has now developed a second generation that allows high speed withdrawals without occluding the coronary artery²⁻⁴. TCO has showed high sensitivity and specificity with respect to histology for classifying different types of atherosclerotic plaques and diagnosing complications^{5,6}.

CASE REPORT

58-year-old male with dyslipidemia and smoking as known risk factors, and history of systemic arterial hypertension, peripheral arterial disease and ischemic heart disease in the form of an old myocardial infarction (2002 and 2006), which had been treated by percutaneous coronary intervention and conventional stent implementation in the proximal circumflex (Cx), posterior interventricular of Cx and the first diagonal arteries. This time he goes to the emergency room for chest pain accompanied by autonomic symptoms, which was interpreted as an acute coronary syndrome (ACS) with ST segment elevation (D_I, D_{II}, D_{III} and aVF) and was treated with aspirin, clopidogrel and fibrinolysis (TNK). However, the symptoms persisted and he was transferred to the Interventional Cardiology Unit for percutaneous coronary intervention.

Physical examination noted: respiratory rate of 25 per minute, heart rate of 100 beats per minute and blood pressure of 150/90 mmHg.

Additional tests showed:

- Erythrocytes: 6112000 mm³
- Hemoglobin: 16 gr/100ml
- Hematocrit: 49%
- WBC: 15,500 mm³
- Platelets 250.000/mm³
- Prothrombin Ac: 98%
- Activated partial thromboplastin time: 29 seconds
- Fibrinogen: 445 mg / dl
- Glucose: 97 mg / dl
- Urea: 29 mg / dl
- Na: 143 mEq / L
- K: 4.2 meq / L
- Troponin T: 1.47
- Normal chest radiograph.



Figure 1. Coronary angiography with non-significant stenosis (arrow) at the proximal segment of circumflex artery.

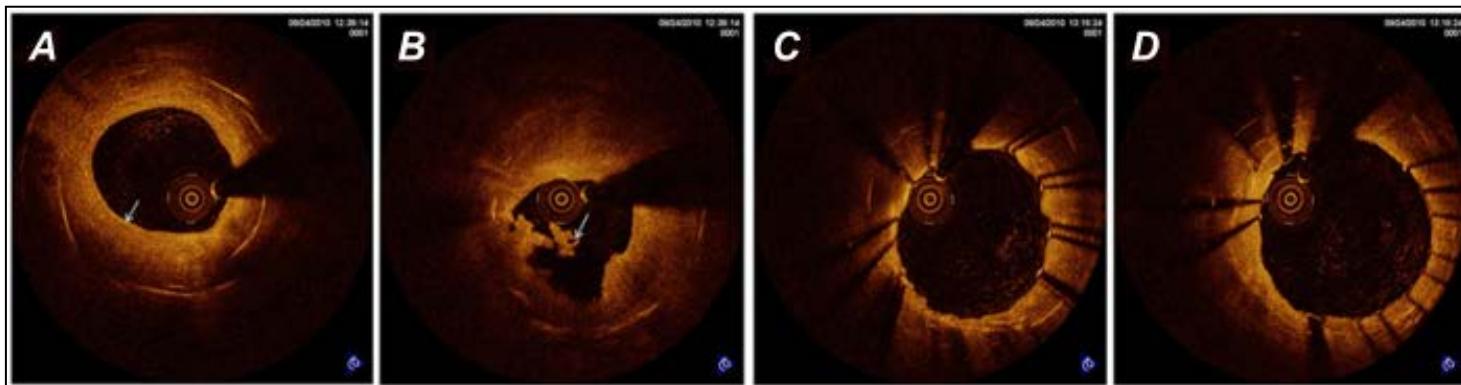


Figure 2. OCT. **A.** High-reflectivity and homogeneous edges image (arrow) corresponding to smooth muscle proliferation. **B.** Image with low reflectivity and diffuse edges which corresponds with a lipid-rich plaque and thrombotic content. **C.** Image obtained after percutaneous procedure that shows optimal device expansion at the area corresponding to the previous stent. **D.** Region where there was the lipid-rich plaque with thrombotic content.

Coronary angiography was performed via right radial artery according to the standard procedure and a no significant intrastent in the proximal segment of the Cx was observed (Figure 1), as well as a no significant stenosis in the proximal segment of the left anterior descending artery; the rest of the stents were patent without neointimal proliferation. The other vessels had no significant irregularities. The left ventricle was not dilated, and showed diaphragmatic and posterobasal hypokinesia, and an ejection fraction of 0.42.



Figure 3. Circumflex coronary artery after stent implantation (arrow).

The Cx artery was interpreted to be responsible for the infarct and a second-generation OCT was performed. The catheter was advanced until distal area to the stent, which showed high reflectivity images and homogeneous edges, which corresponded to neointimal proliferation in the previously implanted stent (Figure 2A). With the withdrawal of the catheter another image of low reflectivity with diffuse edges and thrombotic content in a more proximal area of the circumflex artery was observed (Figure 2B).

An acute coronary syndrome with ST segment elevation in inferolateral side was diagnosed and an Endeavor 3,5 x 24 mm drug-eluting stent was implanted, from the Cx origin, partially overlapping the previously implanted stent, and then covering the area occupied by the thrombus. A good angiographic result was observed (Figure 3) and with OCT the correct apposition of the struts of the implanted stent (Figure 2C) and the resolution of the thrombus were corroborated (Figure 2D).

DISCUSSION

The development of techniques for percutaneous coronary intervention has resulted in better patient outcomes. Second generation OCT has evolved to make its use easier without transient occlusion of the coronary artery⁷. The development of this technique has allowed a better assessment of the stent and the lesion to treat.

Gonzalo *et al.*⁸ observed, using TCO, that after stent implantation, tissue prolapse was seen in 97.5% of cases, stent dissection in 86.3% and edge dissection in 25%. In addition, 63.8% of patients had at least one

strut with wrong apposition.

The assessment of the characteristics of the plaque allows identifying the decreased distensibility of heavily calcified lesions and may be useful for the detection of plaques with high risk of rupture^{7,8}.

Compared with histology, OCT has shown high sensitivity and specificity in the detection of some of the characteristics associated with lesions prone to rupture, as necrotic core, the presence of macrophages and the cap^{7,9-11}.

In the case presented, when the coronary angiography was performed in order to initiate a rescue angioplasty a no significant stenosis image in the proximal segment of the Cx artery was observed, which was allegedly responsible for the symptoms according to the electrocardiogram, but did not have a typical angiographic image. For these reasons it was decided to perform the OCT with which the presence of neo-intimal proliferation of the previously implanted stent and the presence of thrombus in the proximal segment of the Cx were shown.

OCT was undoubtedly the key to deciding the most appropriate treatment option, as it allowed diagnosing and treating a coronary lesion that had dubious angiographic characteristics.

REFERENCES

1. Camm AJ, Lüscher TF, Serruys PW, editores. The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine. Oxford: UK, Blackwell Publishing; 2006.
2. Akasaka T, Kubo T, Mizukoshi M, Tanaka A, Kitabata H, Tanimoto T, *et al.* Pathophysiology of acute coronary syndrome assessed by optical coherence tomography. *J Cardiol.* 2010;56(1):8-14.
3. Low AF, Tearney GJ, Bouma BE, Jang IK. Technology Insight: optical coherence tomography-current status and future development. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med.* 2006;3(3):154-62.
4. Kubo T, Akasaka T. Recent advances in intracoronary imaging techniques: focus on optical coherence tomography. *Expert Rev Med Devices.* 2008; 5(6):691-7.
5. Prati F, Zimarino M, Stabile E, Pizzicannella G, Fouad T, Rabozzi R, *et al.* Does optical coherence tomography identify arterial healing after stenting? An in vivo comparison with histology, in a rabbit carotid model. *Heart.* 2008;94(2):217-21.
6. Kubo T, Xu C, Wang Z, van Ditzhuijzen NS, Bezerra HG. Plaque and thrombus evaluation by optical coherence tomography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2011;27(2):289-98.
7. Barlis P, Gonzalo N, Di Mario C, Prati F, Buellesfeld L, Rieber J, *et al.* A multicentre evaluation of the safety of intracoronary optical coherence tomography. *EuroIntervention.* 2009;5(1):90-5.
8. Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, Shen ZJ, Onuma Y, García-García HM, *et al.* Optical coherence tomography assessment of the acute effects of stent implantation on the vessel wall: a systematic quantitative approach. *Heart.* 2009;95(23):1913-9.
9. Gonzalo N, García-García HM, Regar E, Barlis P, Wentzel J, Onuma Y, *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(4):473-82.
10. Barlis P, Serruys PW, Gonzalo N, Van der Giessen W, de Jaegere PJ, Regar E. Assessment of culprit and remote coronary narrowings using optical coherence tomography with long-term outcomes. *Am J Cardiol.* 2008;102(4):391-5.
11. Kume T, Akasaka T, Kawamoto T, Okura H, Watanabe N, Toyota E, *et al.* Measurement of the thickness of the fibrous cap by optical coherence tomography. *Am Heart J.* 2006;152(4):755.e1-4.