

# Different patterns of stent endothelialization and restenosis at follow-up. Optical coherence tomography observations

Rodzaje endotelializacji stentu i restenozy w obserwacji odległej przy użyciu optycznej tomografii koherentnej

Paweł Tyczyński<sup>1</sup>, Giuseppe Ferrante<sup>2</sup>, Anna B. Witkowska<sup>1</sup>, Alistair C. Lindsay<sup>1</sup>, Nicolas Foin<sup>3</sup>, Liviu Ghilencea<sup>1</sup>, Nicola Viceconte<sup>1</sup>, Michael Chan<sup>1</sup>, Carlo Di Mario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Royal Brompton Hospital, London, United Kingdom

<sup>2</sup>Department of Interventional Cardiology, Istituto Clinico Humanitas IRCCS Rozzano, Milan, Italy

<sup>3</sup>Imperial College, London, United Kingdom

Post Kardiol Interw 2011; 7, 3 (25): 248–251  
DOI: 10.5114/pwki.2011.24743

**Key words:** restenosis, optical coherence tomography  
**Słowa kluczowe:** restenoza, optyczna tomografia koherentna

## Introduction

In-stent restenosis (ISR), although infrequent in the era of drug-eluting stents (DES), remains an Achilles' heel of the percutaneous treatment of coronary artery lesions.

The new imaging modality optical coherence tomography (OCT) offers an interesting insight into the different patterns of this phenomenon.

As suggested by Gonzalo *et al.*, the OCT appearance of restenotic tissue may be related to various factors such as clinical presentation, time from stent implantation, stent type, etc [1]. Still, the correlation between OCT appearance and the histopathological findings is not fully understood and warrants further investigation.

In the observation by Suzuki *et al.*, the intravascular ultrasonography appearance of ISR components in native coronary arteries varied from echolucent to echodense images. Corresponding histology not only revealed smooth

muscle cell proliferation, but also demonstrated delayed healing features such as organized fibrin deposition, macrophage and T-lymphocyte infiltration [2].

We present OCT images strongly suggesting different restenosis patterns among stent types, location of the lesion and various components within the same restenotic tissue resulting in distinct optical properties (figs 1-5).

## Discussion

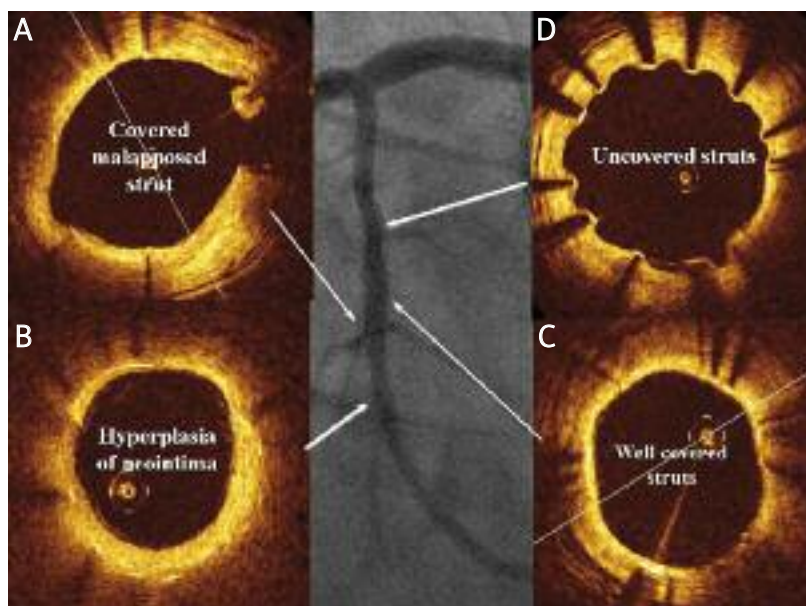
Neointimal stent strut coverage eliminates direct contact between pro-thrombotic stent material and the blood stream. Heterogeneous OCT appearance of neointimal tissue can be observed around struts in some DES, suggesting the presence of fibrin deposition and incomplete healing, possibly caused by the anti-proliferative drugs and polymer coating.

---

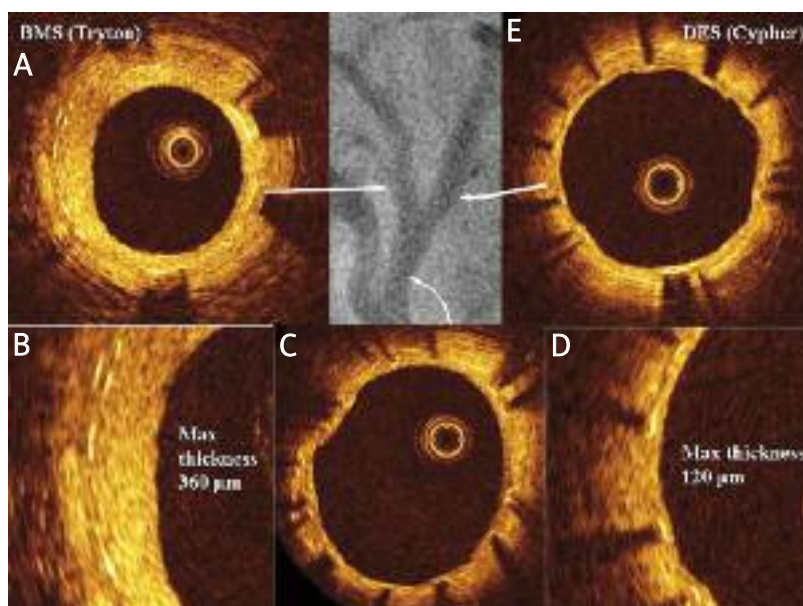
### Corresponding author/*Adres do korespondencji:*

Carlo Di Mario MD, PhD, FESC, Royal Brompton Hospital, Sydney Street, London SW3 6NP, United Kingdom, tel.: +44 (0)207 3518616, fax: +44 (0)207 3518104, e-mail: C.DiMario@rbht.nhs.uk

Praca wpłynęła: 21.02.2011, przyjęta do druku: 30.08.2011.

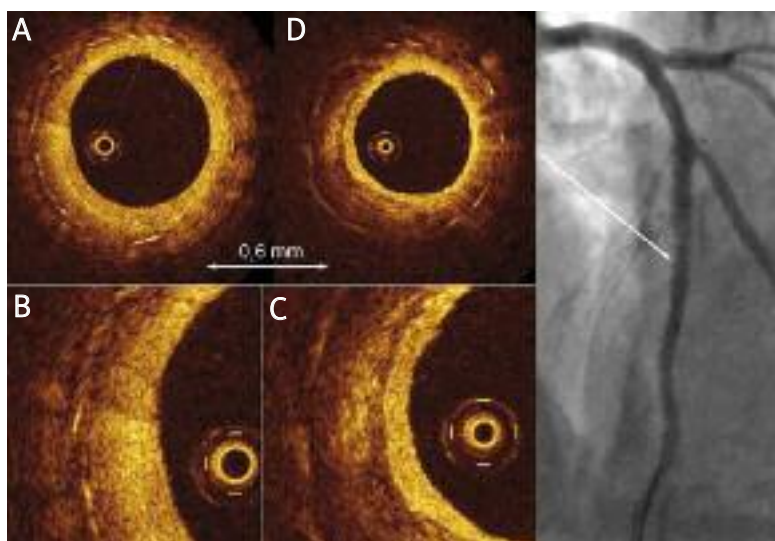


**Fig. 1.** Nine-month follow-up after implantation of biolimus-eluting stent into the left circumflex artery. Optical coherence tomography shows different neo-endothelialization patterns within the same artery (A–D). Bright homogeneous appearance of neointimal tissue suggesting smooth muscle cell proliferation and complete healing  
**Ryc. 1.** Obserwacja 9-miesięczna po wszczepieniu stentu uwalniającego biolimus do gałęzi okalającej. Optyczna tomografia koherentna uwidacznia różne typy endotelializacji wewnątrz tej samej tętnicy (A–D). Jasny, homogenny cień neointimy sugeruje proliferację mięśni gładkich oraz zupełne pokrycie rozpórek stentu



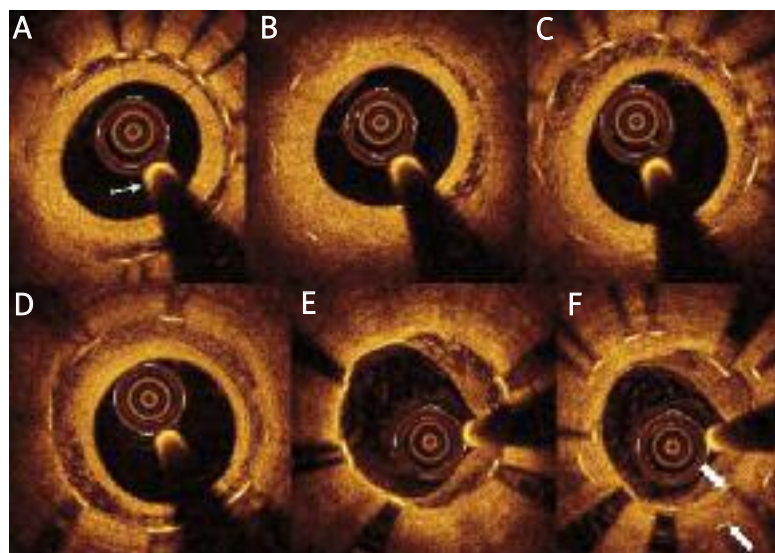
**Fig. 2.** Nine-month follow-up after treatment of diagonal artery and its branch – Culotte’s technique. Optical coherence tomography depicts differences in the maximal thickness between neointimal coverage of bare metal stent Tryton (A) and Sirolimus-eluting stent Cypher (E). B – magnification of image ‘A’. C – Proximal segment of the diagonal artery with two layers of struts. D – Magnification of image ‘E’

**Ryc. 2.** Obserwacja 9-miesięczna po przezskórnej angioplastyce gałęzi diagonalnej i gałęzi bocznej odchodzącej od niej przy użyciu techniki Culotte. Optyczna tomografia koherentna uwidacznia różnice pomiędzy maksymalną grubością neointimy pokrywającą stent metalowy typu Tryton (A) i stent uwalniający sirolimus – Cypher (E). B – powiększenie obrazu ‘A’. C – segment proksymalny gałęzi diagonalnej z dwiema warstwami rozpórek. D – powiększenie obrazu ‘E’



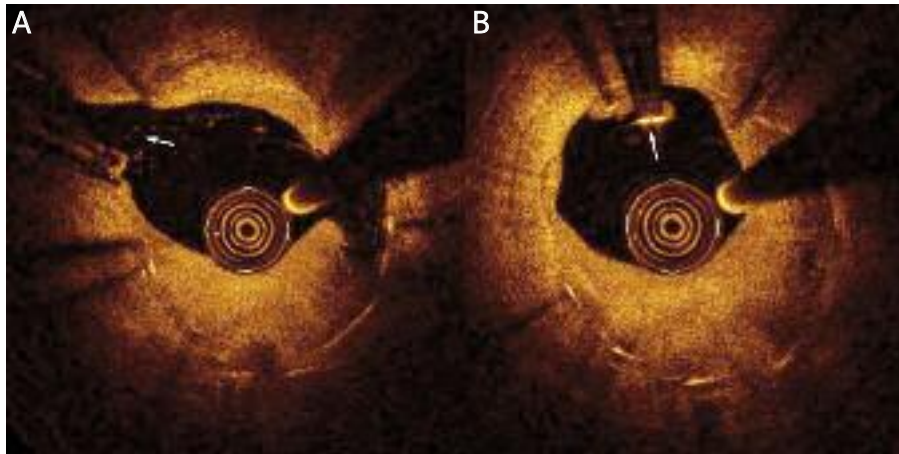
**Fig. 3.** Five-year follow-up after implantation of paclitaxel-eluting stent Taxus into the left anterior descending artery for non-ST segment elevation myocardial infarction. Optical coherence tomography images show different coverage patterns in segments separated by only 4 frames (0.6 mm). **A** – homogeneous bright backscatter. **D** – two, partially sharply delineated tissue layers. **B, C** – magnification of images ‘A’ and ‘D’ respectively. Such heterogeneous dim appearance around struts has been suggested to be an indication of delayed healing with large fibrin deposition and presence of inflammatory cells

**Ryc. 3.** Obserwacja 5-letnia po wszczepieniu stentu uwalniającego paklitaksel – Taxus, do gałęzi międzykomorowej przedniej w trakcie ostrego zespołu wieńcowego bez uniesienia odcinka ST (NSTEMI). Optyczna tomografia koherentna uwidacznia różne typy pokrycia stentu w segmentach oddalonych od siebie jedynie o 4 klatki (0,6 mm). **A** – homogenne, jasne odbicie. **D** – dwie warstwy tkanki, częściowo wyraźnie się różniące. **B, C** – powiększenie obrazów ‘A’ i ‘D’, odpowiednio. Uważa się, że taki heterogeny, ciemny obraz wokół rozporów może odpowiadać opóźnionemu gojeniu się z obecnością dużych złogów fibryny i komórek zapalnych



**Fig. 4.** Six-month follow-up after implantation of everolimus-eluting stent Promus Element into the saphenous vein graft to the right coronary artery for the treatment of restenosis in bare metal stent Duet. Optical coherence tomography shows two, mostly concentric (**A-D**) or eccentric (**E**), strongly delineated layers of the restenotic tissue. Additionally, differences are also seen between the neo-intimal tissue covering the first stent (bare metal stent) and the second (everolimus-eluting stent) (Arrowheads) (**F**). Arrow on image ‘A’ shows the shadow of the wire

**Ryc. 4.** Obserwacja 6-miesięczna po wszczepieniu stentu uwalniającego ewerolimus – Promus Element, do żylnego pomostu wszytego do prawej tętnicy wieńcowej w celu leczenia restenozы w stencie metalowym Duet. Optyczna tomografia koherentna uwidacznia dwie, zasadniczo koncentryczne (**A-D**) lub ekscentryczne (**E**) warstwy tkanki restenotycznej, które wyraźnie różnią się między sobą. Dodatkowo można dostrzec różnice pomiędzy neointimą pokrywającą pierwszy stent (metalowy) i drugi stent (uwalniający ewerolimus) (strzałki) (**F**). Strzałka na obrazie ‘A’ wskazuje na cień przewodnika



**Fig. 5.** Five-year follow-up after implantation of Paclitaxel-eluting stent Taxus into the right coronary artery. Optical coherence tomography reveals extremely eccentric homogeneous in-stent restenosis opposite the take-off of the side branch (arrow) (A), with one uncovered strut (arrow) close to the ostium of the side branch (B)

**Ryc. 5.** Obserwacja 5-letnia po wszczepieniu stentu uwalniającego everolimus – Taxus, do prawej tętnicy wieńcowej. Optyczna tomografia koherentna uwidacznia bardzo ekscentryczną, homogenną tkankę restenotyczną naprzeciw odejścia gałęzi bocznej (strzałka) (A). Widoczna jest jedna rozpórka stentu zlokalizowana blisko ujścia gałęzi bocznej, która nie jest pokryta przez neointymę (B)

#### References

1. Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, et al. Optical coherence tomography patterns of stent restenosis. *Am Heart J* 2009; 158: 284-293.
2. Suzuki N, Angiolillo DJ, Monteiro C, et al. Variable histological and ultrasonic characteristics of restenosis after drug-eluting stents. *Int J Cardiol* 2008; 130: 444-448.