Možnosti optické koherentní tomografie v hodnocení hojení stentů

Ota Hlinomaz¹, Ladislav Groch¹, Jan Sitar¹, Michal Rezek¹, Anna Kiliánová¹, Martin Novák¹, Jiří Seménka¹, Toni Vekov²

¹ I. interní kardiologická klinika, ICRC, FN u sv. Anny, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno, Česká republika

² Bulgarian Cardiac Institute, Sofie, Bulharsko

Hlinomaz O, Groch L, Sitar J, et al. **Možnosti optické koherentní tomografie v hodnocení hojení stentů.** *Cor Vasa* 2011;53:605–610.

Optická koherentní tomografie je novou, velmi rychle se rozvíjející metodou v intervenční kardiologii. Umožňuje detailně hodnotit vnitřní struktury stěny koronárních arterií, určit charakter aterosklerotických plátů, posoudit kvalitu implantace stentu a jeho následující hojení. V přehledovém článku autoři ukazují současné znalosti v oblasti optické koherentní tomografie a prezentují své vlastní zkušenosti s touto metodou.

Klíčová slova: Optická koherentní tomografie – Aterosklerotický plát – Hojení stentu – Malapozice

Hlinomaz O, Groch L, Sitar J, et al. **Possibilities of optical coherence tomography in assessment of stent healing.** *Cor Vasa* 2011;53:605–610.

Optical coherence tomography is a new, very fast developing method in interventional cardiology. It gives us the opportunity to assess the inner structures of coronary artery wall, to evaluate the characteristics of atherosclerotic plaques, quality of stent implantation and its healing. The authors present current knowledge of optical coherence tomography and their own experience with this method.

Key words: Optical coherence tomography – Atherosclerotic plaque – Stent healing – Malaposition

Adresa: MUDr. Ota Hlinomaz, CSc., I. interní kardiologická klinika MU, Mezinárodní centrum klinického výzkumu (ICRC) – FN u sv. Anny v Brně, Pekařská 53, 656 91 Brno, e-mail: ota.hlinomaz@fnusa.cz

Úvod

Perkutánní koronární intervence (PCI) s implantací stentů jsou nepostradatelnou součástí komplexní léčby ischemické choroby srdeční (ICHS). Jako každý intervenční výkon má i implantace stentu své nevýhody a rizika. Jedním z nich je riziko trombózy stentu. Tu rozlišujeme jako časnou a pozdní. Časná trombóza ve stentu, která se objevuje do sedmi dnů od výkonu, vzniká nejčastěji na podkladě nedostatečného rozepjetí stentu v důsledku špatné implantační techniky. Mluvíme o tzv. malapozici stentu. Velkou roli hraje i stav věnčité tepny před implantací stentu (např. přítomnost trombu nebo těžkých kalcifikací), úroveň antitrombotické léčby, případně lokální reakce cévy na implantovaný stent. Pozdní trombózy ve stentu (> 7 dnů po výkonu) jsou způsobeny nedostatečným vhojením (healingem) stentu do cévní stěny. Ať už trombóza vzniká kdykoli, vždy jde o velmi závažný stav a pacient je ohrožen na životě. Mortalita při trombóze stentu je až 50 %. Naším velkým cílem musí být

proto omezení rizika jejího vzniku na minimum. Prostředkem k tomu je stanovení rizikových ukazatelů trombózy stentu za pomoci nejcitlivější metody – optické koherentní tomografie, což nám umožní rozpoznat nejohroženější nemocné.

Srovnání optické koherentní tomografie a intrakoronárního ultrazvuku

Optická koherentní tomografie (OCT) je novou, velmi rychle se prosazující metodou v hodnocení vnitřního průsvitu a stěny věnčité tepny. Svým principem se podobá ultrazvuku, při němž se hodnotí odrazy zvuku, naproti tomu OCT využívá světelného zdroje o vlnové délce 1 300 nm, která je blízká infračervenému světlu. Světlo vycházející z katetru se odráží od mikrostruktur v biologických tkáních a vrací se do detektoru, kde se analyzuje jeho odrazem změněná vlnová délka. Poslední přístroje využívají laserový zdroj,

Tato práce byla podpořena Výzkumným záměrem Ministerstva školství České republiky (č. MSM 0021622402), projektem výzkumu a vývoje IGA MZ ČR NT11412-5/2010 a Evropským regionálním rozvojovým fondem – Projekt FNUSA-ICRC (č. CZ.1.05/1.1.00/02.0123).

mluvíme o tzv. optical frequency domain imaging (OFDI). První OCT systémy se objevily začátkem 90. let minulého století a předpokládalo se jejich využití v zobrazení retiny a cév.¹ Ještě před několika lety přístroje první generace OCT využívalo jen několik málo center, v omezených indikacích a pouze výzkumně. Velkým omezením byla nutnost přechodně uzavřít věnčitou tepnu proximálně balonkem umístěným na OCT katetru, aby se distální lumen cévy mohlo proplachovat fyziologickým roztokem, a tím aby se minimalizovala přítomnost červených krvinek mezi katetrem a cévní stěnou v době záznamu. Krevní elementy totiž kvalitní zobrazení znemožňují. Mluvíme o tzv. okluzivních systémech. Doslova revoluci znamenalo uvedení neokluzivního systému na trh v posledních dvou letech. Jde o přístroj druhé generace OCT (C7_{XR}) firmy St. Jude/Lightlab Imaging Inc. využívající OFDI, firma Terumo nový přístroj chystá. Monorail katetry St. Jude/Lightlab Imaging Inc. jsou uživatelsky velmi přívětivé a umožňují získat během několika sekund velmi kvalitní záznam. Pro svoji ohebnost se dají zavést i do relativně vinutých úseků tepen. Axiální rozlišení OCT, která závisí na šířce světelného paprsku a na jeho vlnové délce, je 12–15 µm, což je zřetelná výhoda ve srovnání s intrakoronárním ultrazvukem (IVUS). Laterální rozlišení ovlivněná především optikou katetru je kolem 25 µm. Vysoká rozlišení jde bohužel na úkor hloubky záznamu (tkáňové penetrace), která je menší než u IVUS. Je to způsobeno snížením intenzity světelného paprsku při průniku tkáněmi, proto je nutností odstranění krve v okolí katetru během záznamu.^{2,3} Srovnání OCT a IVUS ukazuje *tabulka 1*.

Ze srovnání vyplývá, že OCT je mnohem citlivější metodou pro zobrazení implantovaných stentů, nehodí se naopak pro posuzování vzdálenějších struktur, jako je např. průběh remodelace věnčité cévy. Proto jsou ve vývoji přístroje a katetry, které kombinují obě uvedené metody, případně je doplňují ještě o funkční ukazatele významnosti stenózy (frakční průtoková rezerva – FFR). Je nutno ale konstatovat, že naprostá většina studií hodnotících okamžitý výsledek implantace stentu byla provedena s pomocí IVUS, který se proto v řadě center stále používá jako pomocník při PCI. Kritéria OCT pro optimální expanzi stentu nebo prognostické ukazatele zatím nebyly stanoveny. OCT jistě patří budoucnost, její využití se ale musí ověřit v klinické praxi.

Tabulka 1 Srovnání nejnovějších přístrojů OCT a IVUS⁴

	OCT (C7 _{XR})	IVUS
Vlnová délka	1,3 µm	20–45 MHz
Resoluce axiální	12–15 µm	100–200 µm
Resoluce laterální	20–40 µm	200–300 µm
Obrázky/s (frame rate)	100	30
Rychlost pullbacku	20 mm/s	0,5–1,0 mm/s
Max. rozsah zobrazení (scan diameter)	9,7 mm	15 mm
Tkáňová penetrace	1,0–2,5 mm	10 mm

Optická koherentní tomografie pomáhá určit rozsah aterosklerotického poškození, což lze využít při určení vhodné délky stentu. Umožňuje změřit průměr koronární cévy v místě, kde je ještě zdravá, což nám pomáhá vybrat vhodnou velikost stentu. OCT provedená po implantaci stentu je schopna velmi dobře vizualizovat vztah stentu k cévní stěně, určit rozsah, event. nedostatečné apozice stentu, a tudíž poskytovat operátorovi dodatečné informace, které rozhodnou o event. postdilataci stentu. Provedení OCT s odstupem několika týdnů až měsíců po implantaci stentu vypovídá o probíhajících hojivých procesech, o pokrytí stentů tkání, což může mít vztah k prognóze nemocného. Má to význam především při hodnocení lékových stentů (DES), které sice na jedné straně výrazným způsobem snížily výskyt restenózy, na druhé straně jsou u nich popsány případy častější pozdní trombózy. Předpokládá se, že pokrytí stentu malým množstvím tkáně (stent coverage) po několika měsících má příznivý prognostický dopad.

Vlastní zkušenosti

Autoři vyšetřili pomocí optické koherentní tomografie 52 pacientů po implantaci stentu v období leden 2010 až září 2011 (*obrázky 1–7*). Z celkového počtu mělo 36 (69,2 %) diagnózu chronické ischemické choroby srdeční, u ostatních (30,8 %) byl diagnostikován akutní infarkt myokardu bez elevací úseků ST. Těmto nemocným bylo implantováno celkem 59 stentů, z nichž 14 (23,7 %) byly lékové stenty (DES), 32 (54,2 %) stenty s urychlenou endotelizací a 13 (22,1 %) kovové stenty.

Studie s optickou koherentní tomografií

Studie hodnotící implantaci a hojení stentu lze rozdělit do dvou skupin.

Obrázek 1 Kovový stent (BMS) implantovaný do kmene a RIA přes ramus circumflexus bez finální kissing dilatace. OCT po jednom roce. Malá neointimální proliferace v segmentech 0–7, volné struty stentu v odstupu RC (segmenty 9–11).

Obrázek 2 Podobně jako IVUS umožňuje OCT i měření vnitřního průřezu věnčité tepny, ve většině případů i stanovení anatomické významnosti stenózy. OCT 6 měsíců po implantaci lékového stentu (DES). Vnitřní průřez tepny 11,0 mm², area stenosis 19,5 %.

1. Studie hodnotící okamžitý stav implantace stentu

Studie s IVUS ukázaly, že malapozice stentu je relativně vzácným nálezem a vyskytuje se přibližně u 7 % implantovaných strutů stentu.⁵ Poměrně překvapivé bylo i zjištění, že její výskyt neovlivňuje prognózu nemocného. Optická koherentní tomografie je schopna detailněji hodnotit interakci mezi stentem a cévní stěnou, malapozici strutů stentu diagnostikuje o něco častěji, do 10 %.⁶ Riziko

Obrázek 4 Stent s urychlenou endotelizací 3,0 18 mm – postdilatován balonkovým katetrem 3,5 14 mm na 16 atm. Distální okraj stentu po 14 dnech. V segmentech 1–9 vidíme velmi dobré hojení stentu, v segmentech 9–1 nedostatečnou apozici stentu. V tomto místě (při distálním okraji stentu) nebyl stent postdilatován.

Obrázek 3 Stent s urychlenou endotelizací 3,0 18 mm postdilatován balonkovým katetrem 3,5 14 mm na 16 atm. Střední část stentu po 14 dnech. Vidíme dokonalou apozici a počínající hojení stentu.

Obrázek 5 Dobré hojení stentu s urychlenou endotelizací (3,0 18 mm) rozepjatého tlakem 12 atm. OCT 14 dní po implantaci.

Obrázek 6 Pacient s restenózou ve stentu léčenou balonkovou dilatací

cévy. Ani zde není prognostický význam těchto nálezů jasný.⁷⁻⁹

2. Studie hodnotící hojení (stent healing) a pokrytí stentu (stent coverage)

Před uvedením OCT do klinické praxe byla provedena celá řada experimentálních studií na zvířecích modelech. Nedávno publikovaná práce Murata a spol.¹⁰ porovnávala reakci neointimy na implantaci různých typů lékových stentů. Autoři implantovali do prasečích koronárních tepen celkem 84 stentů, z nichž 22 byly kovové stenty (BMS), 22 stenty uvolňující everolimus (EES), 20 stenty uvolňující zotarolimus (ZES) a 20 stenty uvolňující paclitaxel (PES). Hojení stentů bylo hodnoceno pomocí OCT a následně po usmrcení prasat

Obrázek 7 Malapozice lékového stentu (segmenty 3-6, 9-12); OCT 14 dní po implantaci

histologicky. Autoři ukázali, že OCT a histologický obraz velmi dobře korelovaly v hodnocení neoptimální plochy, plochy lumen, tloušťky neointimy a v určení počtu nepokrytých strutů. Jiná studie prokázala na prasatech, že OCT je přesnější než IVUS v rozpoznání malého množství neointimy pokrývající struty stentů.¹¹ Tím byly prokázány výhody OCT ve srovnání s metodou IVUS v posuzování tvorby neointimy a pokrytí strutů stentů.¹² Nevýhodou hodnocení stavu hojení stentu *in vivo* je velká časová náročnost hodnocení, kdy určujeme stav apozice a hojení jednotlivých strutů stentů. U každého stentu se posuzuje několik stovek strutů. Z hodnocení se tedy stává velmi nepopulární práce. Naštěstí se začíná objevovat software (QIvus/OCT), který tuto – lze říci otrockou – práci zjednoduší a zrychlí.¹³ Nyní již existuje řada desítek klinických prací, které se zabývají hojením stentů a jejich počet rychlým tempem roste. Každopádně stále ale nevíme, od jakého procenta nepokrytých strutů stentu existuje již reálné riziko jeho trombózy. Napovědět nám mohou data z patologickoanatomické práce Finna a spol., v níž autoři zjistili devětkrát vyšší riziko pozdní trombózy lékových stentů, jestliže přítomnost nepokrytých strutů stentu přesahuje 30 %.¹⁴ Další studie srovnávaly hojení stentů mezi sebou v určitém časovém úseku od implantace.¹⁵⁻¹⁹ Jiné se zabývaly hojením jednoho stentu v průběhu času.²⁰ Kubo a spol.²¹ zjistili, že u nemocných s nestabilní anginou pectoris je hojení lékových stentů (se sirolimem) opožděno ve srovnání se stabilními pacienty. Z metodologického pohledu je důležitá zaslepenost hodnocení, aby hodnotitel neznal ani typ stentu, ani klinickou situaci, při níž je stent implantován. Výhodou je využití nezávislé centrální laboratoře. „**Uncoverage**“ (**nepokrytí**) **strutu** stentu definujeme jako nepřítomnost tkáně na strutu stentu. Je nutno si uvědomit, že rozlišení OCT je $\geq 15 \mu\text{m}$, takže přítomnost jedné vrstvy endoteliálních buněk na strutu stentu neuvidíme. Na druhé straně přítomnost tkáně na strutu ještě neznamená existenci funkčního endotelu.^{4,16} Ukazuje to experimentální práce Templina, který zjistil rozdíly v optické denzitě fibrinu a neointimy, které mohou pokrývat stent.²² O **malapozici stentu** mluvíme tehdy, jestliže zjistíme jednoznačnou separaci mezi cévní stěnou a strutem stentu.²³ Za jednoznačnou separaci je většinou považována vzdálenost $\geq 150\text{--}200 \mu\text{m}$. Při kvantitativním hodnocení měříme vzdálenost mezi vnitřním okrajem strutu a cévní stěnou plus $20\text{--}30 \mu\text{m}$, čímž korigujeme přítomnost artefaktů a bereme v úvahu axiální resoluci OCT. U malaponovaných strutů nemá určování jejich pokrytí větší význam, protože jednak jsou vzhledem k ovlivnění průtoku krve kolem nich protrombogenní, a jednak lze těžko učít, zda jsou pokryty fibrinem nebo funkční cévní výstelkou. Všechny malaponované struty je tedy nutno považovat za potenciálně nebezpečné. Ve studii ODESSA²⁴ byla prokázána vyšší citlivost OCT v rozpoznání neointimální hyperplazie šest měsíců po implantaci kovových (BMS) a lékových (DES) stentů ve srovnání s IVUS. Autoři zjistili, že 92,7 % strutů bylo pokryto tkání, 5 % nebylo pokryto tkání a 2,3 % strutů nepřiléhalo k cévní stěně (malapozice). Nejmenší pokrytí strutů bylo v místech překrývání paclitaxelových stentů. IVUS žádnou hyperplazii neointimy u mi-

nimálně pokrytých strutů nediodagnostikoval. Katoh a spol.²⁵ zjistili, že po šesti měsících bylo pokryto téměř 90 % strutů sirolimových stentů a toto procento se ještě zvýšilo během dalších šesti měsíců. K podobným závěrům došli i Li a spol.,¹⁵ kteří našli nižší prevalenci nepokrytých strutů a malapozice u zotarolimových stentů ve srovnání se sirolimovými a paclitaxelovými stenty (3,0 % vs. 9,0 % vs. 6,2 %; 1,7 % vs. 6,4 % vs. 2,3 %) při OCT vyšetření za 12 měsíců od implantace. Studie ENDEAVOR OCT prokázala nízký výskyt malapozice zotarolimového stentu (ZES) jak těsně po implantaci, tak i po třech měsících (6,0 % vs. 0,2 %).^{26,27} Otázkou zůstává, v jakých intervalech máme pokrytí strutů hodnotit. Někteří autoři hodnotí všechny řezy za sebou (vzdálenost 0,06 mm), jiní po 1,0 mm. Vzdálenost 1,0 mm se zdá být příliš velká vzhledem k vysoké variabilitě naměřených hodnot pokrytí a malapozice strutů.^{28,29} Studie LEADERS jako randomizovaná, multicentrická studie srovnávala hojení a malapozici biolimového stentu s biodegradabilním polymerem se sirolimovým stentem s trvalým polymerem. Autoři v ní zjistili, že procento nepokrytých strutů bylo nižší ve skupině biolimového stentu.³⁰ HORIZONS-OCT byla randomizovaná studie hodnotící pokrytí stentů po 13 měsících od akutního infarktu myokardu. Pacienti s paclitaxelovým stentem měli horší pokrytí stentu, ale menší proliferaci neointimy oproti BMS.³¹ Studie OCTAMI srovnávala pokrytí a malapozici strutů zotarolimových a kovových stentů. Mezi skupinami nebyl rozdíl.³² V posuzování nadměrné proliferace neointimy související se vznikem restenózy není mezi OCT a IVUS významnější rozdíl.

Velké množství projektů probíhá. Hodnocení pokrytí strutů stentu po určitém časovém úseku se stává nedílnou součástí vývoje nových stentů. Snahou je, aby nový stent měl co nejlepší a nejrychlejší hojení, minimální malapozici a malou neointimální proliferaci. Mezi nejvýznamnější patří studie ABSORB EXTEND, která sleduje hojení everolimového biodegradabilního stentu.³³ Studie OCT-EVEREST hodnotí hojení everolimového stentu po šesti měsících od implantace. Dalšími projekty jsou např. CATANIA BRNO trial, TEST-6-OCT trial, STACCATO trial, COVER OCT-II atd. Studie OCTOPAS využívá OCT k posouzení léčivého účinku predilatace pomocí balonku vylučujícího paclitaxel (DEB) před implantací kovového stentu (BMS). Velký evropský projekt PRESTIGE pomůže odhalit příčiny trombózy stentu, OCT registr Massachusetts General Hospital poskytne informace o vztahu mezi charakterem aterosklerotického plátu a dlouhodobou prognózou.³⁴

Závěr

Závěrem lze říci, že optická koherentní tomografie je velmi rychle se rozvíjející metodou v intervenční kardiologii a zcela jistě jí patří budoucnost. Poskytuje nenahraditelné informace o strukturách cévní stěny nejbližších vnitřnímu lumen, o přítomnosti, rozsahu a rizikovosti aterosklerotických plátů, o kvalitě implantace a hojení stentů. Lze předpokládat, že se brzy objeví ukazatele OCT podložené studiemi, které umožní stanovit prognózu nemocného.

Literatura

- Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al. Optical coherent tomography. *Science* 1991;254:1178–1181.
- Prati F, Regar E, Mintz GS, et al. Imaging of atherosclerosis: optical coherence tomography (OCT). Expert review document on methodology, terminology, and clinical applications of optical coherence tomography: physical principles, methodology of image acquisition, and clinical application for assessment of coronary arteries and atherosclerosis. *Eur Heart J* 2010;31:401–415.
- Špaček R, Červinka P. Nové možnosti zobrazení koronárních tepen – optická koherentní tomografie. *Cor Vasa* 2009;51(Suppl 1):43–46.
- Regar E, Ligthart J, Bruining N, van Soest G. The diagnostic value of intracoronary optical coherence tomography. *Herz* 2011;36:417–429.
- Hong MK, Mintz GS, Lee CW et al. Late stent malapposition after drug-eluting stent implantation: an intravascular ultrasound analysis with long-term follow-up. *Circulation* 2006;113:414–419.
- Tanigawa J, Barlis P, Kaplan S, Goktekin OCD. Stent strut apposition in complex lesions using optical coherence tomography. *Am J Cardiol* 2006;98(Suppl 1):97M
- Radu M, Jørgensen E, Kelbæk H, et al. Optical coherence tomography at follow-up after percutaneous coronary intervention: relationship between procedural dissections, stent strut malapposition and stent healing. *Euro-Intervention* 2011;7:353–361.
- Reimers B, Nikas D, Stabile E, et al. Preliminary experience with optical coherence tomography imaging to evaluate carotid artery stents: safety, feasibility and techniques. *EuroIntervention* 2011;7:98–105.
- Liu Y, Imanishi T, Kubo T, et al. Assessment by optical coherence tomography of stent struts across side branch. Comparison of bare-metal stents and drug-eluting stents. *Circ J* 2010;75:106–112.
- Murata A, Wallace-Bradley D, Tellez A, et al. Accuracy of optical coherent tomography in the evaluation of neointimal coverage after stent implantation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:76–84.
- Suzuki Y, Ikeno F, Koizumi T, et al. In vivo comparison between optical coherent tomography and intravascular ultrasound for detecting small degree of in-stent neointima after stent implantation. *JACC Cardiovasc Interv* 2008;1:168–173.
- Capodanno D, Prati F, Pawlowsky T, et al. Comparison of optical coherence tomography and intravascular ultrasound for the assessment of in-stent tissue coverage after stent implantation. *EuroIntervention* 2009;5:538–543.
- www.medis.nl
- Finn AV, Joner M, Nakazawa G, et al. Pathological correlates of late drug-eluting stent thrombosis: strut coverage as a marker of endothelialization. *Circulation* 2007;115:2435–2441.
- Li S, Wang Y, Gai L, et al. Evaluation of neointimal coverage and apposition with various drug-eluting stents over 12 months after implantation by optical coherence tomography. *Int J Cardiol* 2011;doi:10.1016/j.ijcard.2011.05.076
- Fujii K, Kawasaki D, Oka K, et al. Endothelium-dependent coronary vasomotor response and neointimal coverage of zotarolimus-eluting stents 3 months after implantation. *Heart* 2011;97:977–982.
- Inoue T, Shite J, Yoon J, et al. Optical coherence evaluation of everolimus-eluting stents 8 months after implantation. *Heart* 2011;97:1379–1384.
- Guagliumi G, Sirbu V, Musumeci G, et al. Strut coverage and vessel wall response to a new-generation paclitaxel-eluting stent with an ultrathin biodegradable abluminal polymer: Optical Coherence Tomography Drug-Eluting Stent Investigation (OCTDESI). *Circ Cardiovasc Interv* 2010;3:367–375.
- La Manna A, Capodanno D, Cera M, et al. Optical coherence tomographic results at six-month follow-up evaluation of the CATANIA coronary stent system with nanothin Polyene-F surface modification (from the Assessment of The LAtest Non-Thrombogenic Angioplasty Stent [ATLANTA] trial). *Am J Cardiol* 2009;103:1551–1555.
- La Manna A, Prati F, Capodanno D, et al. Head-to-head comparison of early vessel healing by optical coherence tomography after implantation of different stents in the same patient. *J Cardiovasc Med* 2011;12:328–333.
- Kubo T, Imanishi T, Kitabata H, et al. Comparison of vascular response after sirolimus-eluting stent implantation between patients with unstable and stable angina pectoris: a serial optical coherence tomography study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:475–484.
- Templin C, Meyer M, Muller MF, et al. Coronary optical frequency domain imaging (OFDI) for in vivo evaluation of stent healing: comparison with light and electron microscopy. *Eur Heart J* 2010;31:1792–1801.

23. Tahara S, Bezerra HG, Sirbu V, et al. Angiographic, IVUS and OCT evaluation of the long-term impact of coronary disease severity at the site of overlapping drug-eluting and bare metal stents: a substudy of the ODESSA trial. *Heart* 2010;96:1574–1578.
 24. Guagliumi G, Musumeci G, Sirbu V, et al. Optical coherence tomography assessment of in vivo vascular response following implantation of overlapping bare-metal and drug-eluting stents. *JACC Cardiovasc Interv* 2010;3:531–539.
 25. Katoh H, Shite J, Shinke T, et al. Delayed neointimalization on sirolimus-eluting stents: 6-month and 12-month follow up by optical coherence tomography. *Circ J* 2009;73:1033–1037.
 26. Kim JS, Jang IK, Fan C, et al. Evaluation in 3 months duration of neointimal coverage after zotarolimus-eluting stent implantation by optical coherence tomography: the ENDEAVOR OCT trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2009;2:1240–1247.
 27. Kim JS, Fan C, Choi D, et al. Different patterns of neointimal coverage between acute coronary syndrome and stable angina after various types of drug-eluting stents implantation; 9-month follow-up optical coherence tomography study. *Int J Cardiol* 2011;146:341–346.
 28. Guagliumi G, Musumeci G, Sirbu V, et al. Optical coherence tomography assessment of in vivo vascular response following implantation of overlapping bare-metal and drug-eluting stents. *JACC Cardiovasc Interv* 2010;3:531–539.
 29. Ughi GJ, Adriaenssens T, Onsea K, et al. Automatic segmentation of in-vivo intra-coronary optical coherence tomography images to assess stent strut apposition and coverage. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011;doi:10.1007/s10554-011-9284-3.
 30. Barlis P, Regar E, Serruys PW, et al. An optical coherence tomography study of a biodegradable vs durable polymer-coated limus-eluting stent: a LEADERS trial substudy. *Eur Heart J* 2010;31:165–176.
 31. Guagliumi G, Sirbu V, Costa MS, et al. Long-term strut coverage of paclitaxel eluting stents compared to bare-metal stents implanted during primary PCI in acute myocardial infarction: HORIZONS-OCT. *Circulation* 2011;123:274–281.
 32. Guagliumi G, Sirbu V, Bezerra HG, et al. Strut coverage and vessel wall response to zotarolimus-eluting and bare metal stents implanted in patients with ST-elevation myocardial infarction: the OCTAMI study. *JACC Cardiovasc Interv* 2010;3:680–687.
 33. www.clinicaltrials.gov
 34. Tahara S, Chamié D, Baibars M, et al. Optical coherence tomography endpoints in stent clinical investigations: strut coverage. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011;27:271–287.
-
- Došlo do redakce: 3. 10. 2011*
Přijato: 3. 10. 2011