

# Nové možnosti zobrazení koronárních tepen – optická koherentní tomografie

Radim Špaček, Pavel Červinka

Kardiologická klinika, Masarykova nemocnice a Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, Česká republika

Špaček R, Červinka P. **Nové možnosti zobrazení koronárních tepen – optická koherentní tomografie.** *Cor Vasa Supplementum 1, 2009.*

Autoři seznamují stručnou formou se zobrazovacími možnostmi optické koherentní tomografie, která představuje další významný krok při zobrazení jednotlivých struktur cévní stěny a zhodnocení patologických procesů, které zde probíhají. Jde zejména o detekci a hodnocení aterosklerotických plátů a následně i o posouzení úspěšnosti léčby věnčitých tepen.

**Klíčová slova:** Selektivní koronarografie – Intravaskulární ultrazvuk – Optická koherentní tomografie – Stent – Ateromový plát

Špaček R, Červinka P. **Optical coherence tomography – a new tool for coronary artery imaging.** *Cor Vasa Supplement 1, 2009.*

The authors concisely discuss the imaging potential of optical coherence tomography as another major advance in imaging individual structures of the vessel wall and assessing the pathological processes that occur there, particularly for the detection and evaluation of atherosclerotic plaques and, subsequently, for assessing the outcome of treatment of coronary arteries.

**Key words:** Selective coronary angiography – Intravascular ultrasound – Optical coherence tomography – Stent – Atheromatous plaque

**Adresa:** MUDr. Radim Špaček, Kardiologická klinika, Masarykova nemocnice a Univerzita J. E. Purkyně, Sociální péče 3316/12A, 401 13 Ústí nad Labem, Česká republika, e-mail: radim.spacek@mnul.cz

## Úvod

Kardiovaskulární onemocnění jsou nejčastější příčinou úmrtí ve všech vyspělých zemích světa. Ani Česká republika není výjimkou, protože srdečně-cévní onemocnění jsou příčinou úmrtí ve více než 50 %. Nicméně, pokroky v diagnostice, léčbě a prevenci vedly k poklesu kardiovaskulární mortality za posledních dvacet let přibližně o 30 %. Kardiologie jako obor prodělala obrovský rozvoj během posledních dvou desetiletí. Jestliže posledních deset let minulého století můžeme nazývat obdobím „intervenční kardiologie“, současné období můžeme pojmenovat obdobím „nových zobrazovacích metod“. Ačkoli selektivní koronarografie zůstává i nadále zlatým standardem pro průkaz významných stenóz koronárního řečiště, nové zobrazovací metody – především multidetektorové CT vyšetření („multislice computed tomography“) – se stále více uplatňují v každodenní klinické praxi. Významné pokroky byly učiněny i ve vizualizaci cévního lumen i samotné cévní stěny. Kromě toho, že došlo k inovacím v oblasti intravaskulárního ultrazvuku (např. virtuální histologie), objevují se nové vyšetřovací metody, které umožňují detailnější posouzení struktury tepen. Z těchto nových zobrazovacích metod se zatím nejvíce uplatňuje

v klinické praxi optická koherentní tomografie. Umožňuje ve výborné kvalitě zobrazit orgány, včetně struktury cévní stěny a stentů. Podobně jako intravaskulární ultrazvuk (IVUS) pomáhá optická koherentní tomografie vizualizovat jinak obtížně zobrazitelné struktury a umožňuje bezprostředně po perkutánní koronární intervenci zobrazit výsledek výkonu a v pozdějším období endotelizaci stentu.

## Principy optické koherentní tomografie

Optická koherentní tomografie je metoda s vysokou rozlišovací schopností vlnění blízkého infračervenému světlu a jeho interference odražené v biologických tkáních a protetickém materiálu. Ze zdroje vycházejí dva identické světelné paprsky – jeden je zrcadlem odkloněn a slouží jako referenční paprsek, druhý je vyslán do vyšetřované tkáně. Tento paprsek se mění po odrazu a jeho změna závisí nejen na hloubce uložení vyšetřovací struktury, ale také na jejím charakteru a vzájemné interferenci mezi původně zcela identickými paprsky, které jsou měřeny interferometrem a následně přepočítány do vysokého rozlišení, který vytváří výsledný optický koherentní obraz.

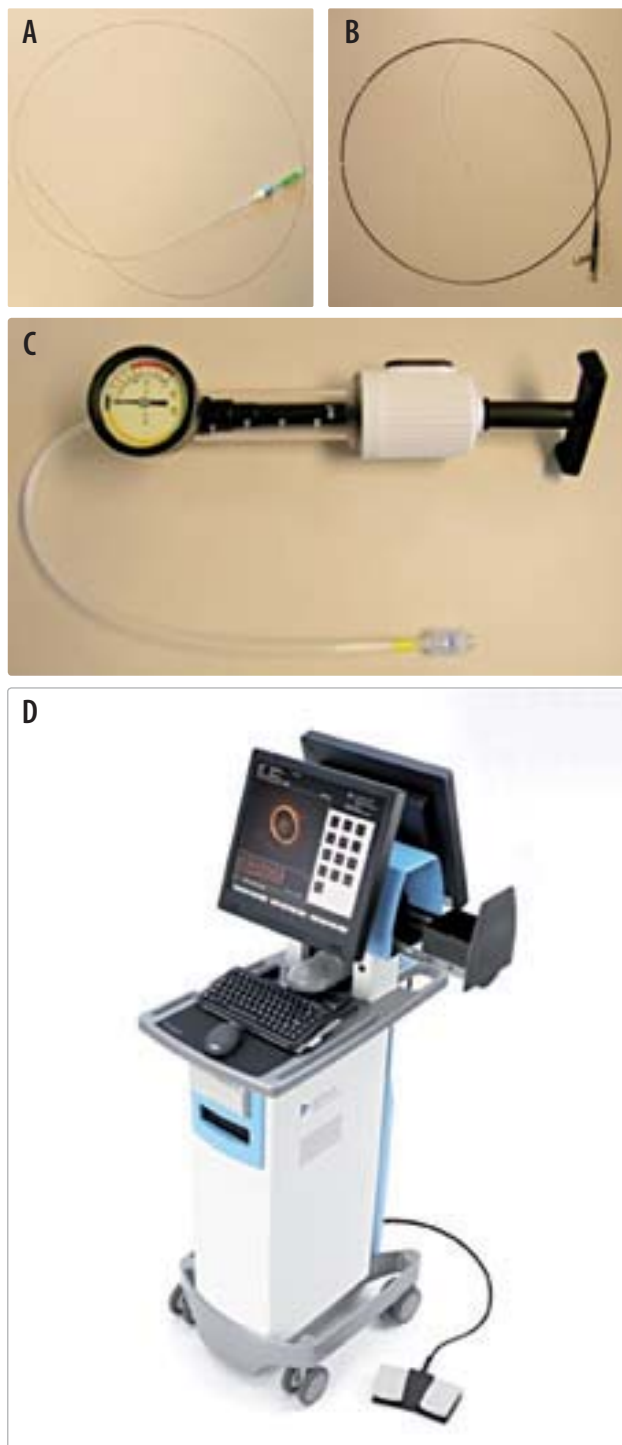
Dosud se optická koherentní tomografie používala v detekci patologií v transparentních tkáních a byla využívána v oftalmologii, gastroenterologii a dermatologii. Cévní stěnu je možno zobrazit trojrozměrně nebo v příčných řezech díky kombinované rotaci a podélnému pohybu světelného zdroje, za současné krátkodobé okluze tepny a následném proplachu fyziologickým roztokem.

### Vyšetření pomocí optické koherentní tomografie

Optická koherentní tomografie se provádí bezprostředně po koronarografii. Během procedury se podávají stejné léky jako při koronarografii (heparin 30–50 IU/kg i.v., kyselina acetylsalicylová 500 mg i.v., isosorbid dinitrát 1–2 ml intrakoronárně). Systém se skládá z ovládací jednotky, katetru a speciálního nízkotlakého balonku. Vyšetření se provádí za pomoci instrumentária 6 F. Pacient je upozorněn na možný vznik tlaku na hrudi po nafouknutí balonku. Vyšetření začíná zavedením klasického intrakoronárního vodiče do věnčité tepny. Následně se zavádí balonkový katetr s koaxiálním lumen a po vyjmutí zavaděče je zaveden vlastní katetr optické koherentní tomografie do oblasti zájmu. Jeho prostřednictvím je převáděn obraz do řídicí jednotky. Po umístění optických vláken se insufluje balonek tlakem 0,5–1,0 atm, ihned poté se aplikuje do koronární tepny přibližně 30 ml fyziologického roztoku během 30 sekund. V momentu zachycení prvního záznamu je spuštěn automatický zpětný posun katetru (pullback) rychlostí 1–2 mm/s. Doba zpětného posunu je limitována 30 vteřinami, z důvodů komfortu pacienta vzhledem k insuflovanému balonku. Okluze tepny lze však nahradit i prolongovanou cévní perfuzí, kdy tepna je perfundována rychlostí 3–5 ml/s, nejčastěji ředěným kontrastním roztokem, či roztokem dextransu, gelafundinu apod. (obrázky 1 A–D).

### Srovnání optické koherentní tomografie a IVUS

První studie ukázaly dobrou shodu mezi *optickou koherentní tomografií* a histologií. Rozlišovací schopnost dokázala detekovat všechny tři složky cévní stěny. Proti IVUS dokáže optická koherentní tomografie lépe detekovat povrchové části cévní stěny, ale kvalita zobrazení je závislá na hloubce. Optická koherentní tomografie je specifickou zobrazovací metodou; např. kalcifikace, které při použití IVUS oslabují signál, u této metody naopak působí hyperechogenně. Optická koherentní tomografie je specificky použitelná při implantaci stentu.<sup>(7)</sup> Vlákná stentu jsou vzhledem k vysílání či uložení povrchově a blokují šíření paprsku, čímž vzniká charakteristické zastínění („sunshine effect“). Výhodou této tomografie je vyšší rozlišovací schopnost. IVUS má rozlišovací schopnost okolo 100 µm, rozlišovací schopnost optické koherentní tomografie se udává kolem 4–20 µm, což umožňuje zobrazit podrobněji patologické struktury ve stěně cévy.<sup>(1)</sup>



Obrázek 1 Vybavení pro optickou koherentní tomografii

- A. Zobrazovací katetr
- B. Okluzní balonkový katetr
- C. Nízkotlaký inflátor
- D. Zobrazovací stanice

### Indikace

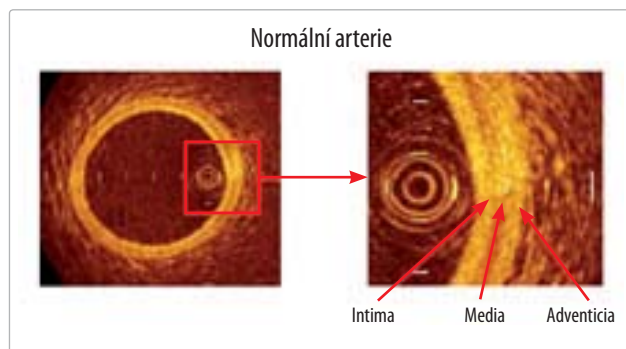
Výhoda optické koherentní tomografie je ve dvou hlavních indikacích. Umožňuje zejména podrobnější charakteristiku aterosklerotického plátu a posouzení akutního či pozdního účinku implantace stentu.

### Charakteristika ateromového plátu

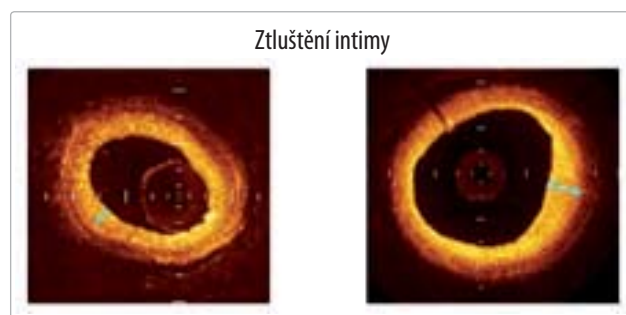
Studie provedené s IVUS definovaly kritéria vulnerabilního plátu a ukázaly frekvenci výskytu němých ruptur plátu. Pomocí IVUS byl také zhodnocen přínos agresivní hypolipidemické léčby. Díky vysokému průniku do tkáně může optická koherentní tomografie zpřesnit výše vyjmenovaná pozorování, zejména přirozený vývoj vulnerability plátu.<sup>(3-4)</sup>

Optická koherentní tomografie ve srovnání s IVUS a angioskopií je diagnosticky citlivější než další metody. *In vivo* detekuje rupturu plátu v 73 % a jednoduchou erozi ve 23 %. Optická koherentní tomografie prokázala trombózu v 83 % případů spolu s vulnerabilním plátem a ztenčenou fibrózní čepičku. Prevalence těchto abnormalit detekovaných *in vivo* pomocí optické koherentní tomografie je shodná s pozorováními provedenými post-mortem,<sup>(5-13)</sup> viz obrázky 2, 3, 4 A–B a 5 A–F.

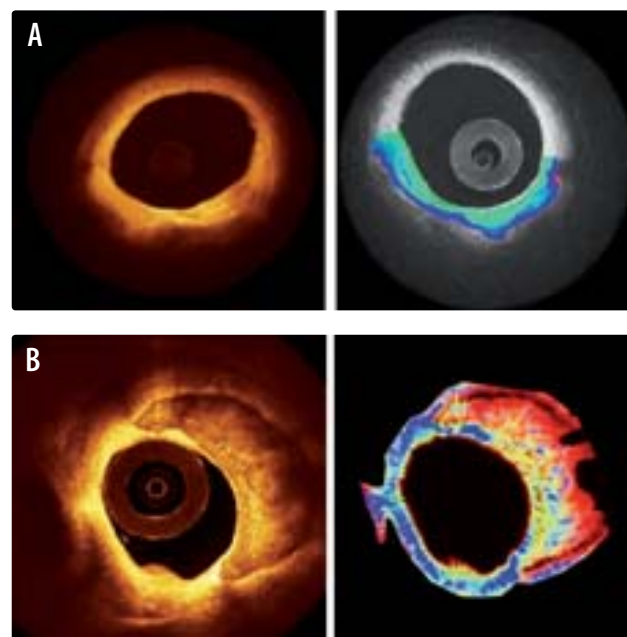
Dlouhodobé sledování implantovaného stentu  
Zavedení lékem potažených stentů (drug eluting stent, DES) znamenalo snížení výskytu in-stent restenóz pod 10 %. Nicméně, určitým problémem stále zůstává možná pozdní trombóza těchto stentů, na které se pravděpodobně spolupodílí i opožděná epitelizace. Z tohoto důvodu je nutná dlouhodobá duální protidestičková léčba kyselinou acetylsalicylovou a clopidogrelem v délce nejméně 12 měsíců. Stále dosud přesně nevíme, kdy je epitelizace stentů ukončena, proto ani nejsme schopni přesně určit, jak dlouho duální protidestičkovou léčbu podávat. V takové situaci může optická koherentní tomografie detekovat stav epitelizace stentu a pomoci rozhodnout v otázce trvání duální terapie, zejména u nemocných s již opakovanou příhodou, obrázek 6.



Obrázek 2 Optická koherentní tomografie, normální arterie s detailem cévní stěny



Obrázek 3 Optická koherentní tomografie věnčité tepny se ztlustěním intimy



Obrázek 4 Optická koherentní tomografie věnčité tepny + barevné mapování

A. Lipidový plát

B. Kalcifikovaný plát

### Okamžitá kontrola implantovaného stentu

Díky větší senzitivitě, než má IVUS, může optická koherentní tomografie detekovat bezprostřední účinek výkonu. Suboptimální výsledek implantace stentu může být angiograficky podhodnocen. Relativně často jsou patrné malpozice, prolaps plátu, vytlačení ateromových hmot, ruptura plátu distálně od stentu či nedostatečně rozvinutý stent. Tyto „mechanické vlivy“ při implantaci stentů mají zásadní úlohu zejména při akutních či subakutních trombózách stentů.<sup>(15)</sup>

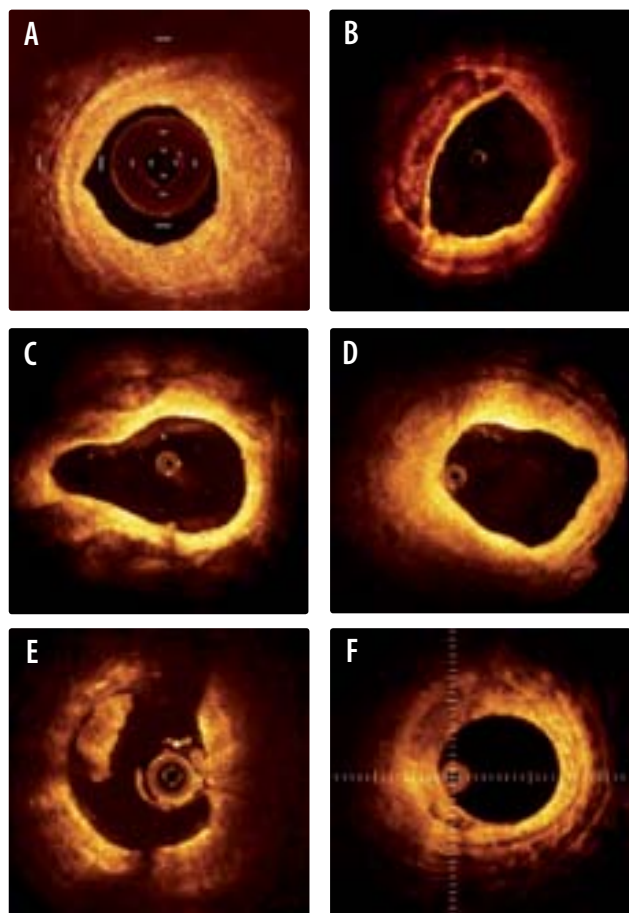
### Zhodnocení epitelizace stentu

Vlákna stentu jsou optickou koherentní tomografií zobrazitelná jako jasný signál vznikající na rozhraní mezi povrchem stentu a tkáně, provázený kónickým stínem („sunshine effect“), který vidíme při správném rozvinutí stentu, kdy dochází k těsnému dotyku mezi struty a tkáně. Při chybném rozvinutí stentu se v kónickém stínu objevují artefakty, které mohou také znamenat přítomnost mikrotrombů. Stejně tak může být zobrazena nedostatečná či opožděná epitelizace či malpozice. Matsumoto a spol. sledovali reendotelizaci 57 lékových stentů (sirolimus) šest měsíců po implantaci. Malpozici či porušenou epitelizaci našli jen v 16 % případů.<sup>(14)</sup> Bylo by výhodné, kdyby studie srovnávající různé typy stentů zahrnuly optickou koherentní tomografii do hodnocení správné apozice a překrytí ateromového plátu.

### Řízení protidestičkové léčby

Optická koherentní tomografie je jedinou technikou *in vivo*, která umožňuje dobře zhodnotit povrch stentů po jejich implantaci. Díky tomu má nález zjištěný optickou koherentní tomografií prognostický význam při rozhodování o přerušení protidestičkové léčby v případě rizikového





Obrázek 5 Optická koherentní tomografie věnčité tepny

- A. Fibrózní plát
- B. Kalcifikace
- C. Lipidové jezírko a nekrotické jádro
- D. Makrofágy
- E. Trombus
- F. Cholesterol, neointima

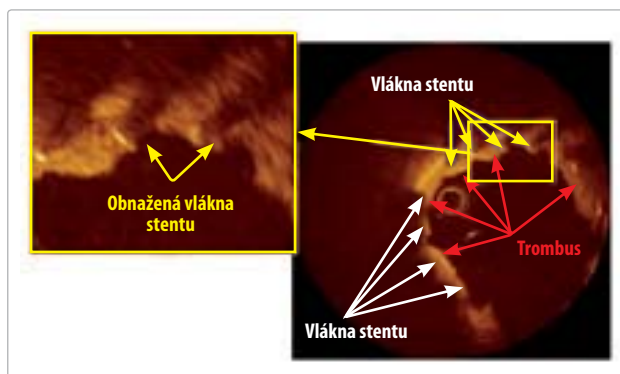
chirurgického výkonu (neurochirurgie, chirurgie oka) či krvácivých příhod.

### Limitace a perspektivy

Optická koherentní tomografie představuje mnohem komplexnější metodu, než je IVUS. Největší limitací metody je okluze cévy nafouknutým balonkem v případech, kdy anatomie cévy je problematická. Jde o vyšetření proximálních úseků cév (kmen levé věnčité tepy či ostiální části věnčitých tepen) a o vyšetření vinutých cév či kalcifikovaných lézí. Okluze tepny lze však nahradit prolongovanou cévní perfuzí. Podobně jako IVUS je optická koherentní tomografie zdrojem řady artefaktů, které musí vyšetřující správně vyhodnotit – např. artefakt při deformaci stentu, dané jeho nevycentrovaným umístěním. Doba okluze cévy také limituje dobu vyšetření, a proto je možné cévy vyšetřovat postupně v rozsahu 30–60 mm.

### Závěr

Optická koherentní tomografie představuje novou zobrazovací metodu, jejíž uplatnění v každodenní klinické praxi se



Obrázek 6 Optická koherentní tomografie věnčité tepny při pozdní tromboze lékem potaženého stentu

stále vyvíjí. Experimentální práce přinesly řadu převratných informací, které umožnily lépe pochopit problémy endotelizace zejména lékových stentů, ale i některých patologických procesů cévní stěny. Je nanejvýš pravděpodobné, že se tato metoda bude v klinické praxi uplatňovat stále častěji.

### Literatura

- Kubo T, Akasaka T. Recent advances in intracoronary imaging techniques: focus on optical coherence tomography. *Expert Rev Med Devices* 2008;5:691–7.
- Barlis P, Serruys PW, Gonzalo N, van der Giessen WJ, de Jaegere PJ, Regar E. Assessment of culprit and remote coronary narrowings using optical coherence tomography with long-term outcome. *Am J Cardiol* 2008;102:391–5.
- Raffel OC, Merchant FM, Tearney GJ, et al. In vivo association between positive coronary artery remodelling and coronary plaque characteristics assessed by intravascular optical coherence tomography. *Eur Heart J* 2008; 29:1721–8.
- Takarada S, Imanishi T, Kubo T, et al. Effect of statin therapy on coronary fibrous-cap thickness in patients with acute coronary syndrome: assessment by optical coherence tomography study. *Atherosclerosis* 2009;202:491–7.
- Takano M, Jang IK, Inami S, et al. In vivo comparison of optical coherence tomography and angiography for the evaluation of coronary plaque characteristics. *Am J Cardiol* 2008; 101:471–6.
- Kubo T, Imanishi T, Takarada S, et al. Assessment of culprit lesion morphology in acute myocardial infarction: ability of optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:933–9.
- MacNeill BD, Hayase M, Jang IK. The comparison between optical coherence tomography and intravascular ultrasound. *Minerva Cardioangiol* 2002;50:497–506.
- Gerckens U, Buellesfeld L, McNamara E, Grube E. Optical Coherence Tomography (OCT). Potential of a new high-resolution intracoronary imaging technique. *Herz* 2003;28:496–500.
- MacNeill BD, Bouma BE, Yabushita H, Jang IK, Tearney GJ. Intravascular optical coherence tomography: cellular imaging. *J Nucl Cardiol* 2005;12:460–5.
- Giattina SD, Courtney BK, Herz PR, et al. Assessment of coronary plaque collagen with polarization sensitive optical coherence tomography (PS-OCT). *Int J Cardiol* 2006;107:400–9.
- Cilingiroglu M, Ozer K. Optical coherence tomography and its use in detection of vulnerable plaque. *Curr Atheroscler Rep* 2006;8:140–3.
- Hamdan A, Assali A, Fuchs S, Battler A, Kornowski R. Imaging of vulnerable coronary artery plaques. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007;70:65–74.
- García-García HM, Gonzalo N, Granada JF, Regar E, Serruys PW. Diagnosis and treatment of coronary vulnerable plaques. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2008;6:209–22.
- Sawada T, Shite J, Shinke T, et al. Persistent malposition after implantation of sirolimus-eluting stent into intramural coronary hematoma: optical coherence tomography observations. *Circ J* 2006;70:1515–9.
- Matsumoto D, Shite J, Shinke T, et al. Neointimal coverage of sirolimus-eluting stents at 6-month follow-up: evaluated by optical coherence tomography. *Eur Heart J* 2007;28:961–7.