

Optical coherence tomography-guided percutaneous coronary intervention

Využitie optickej koherentnej tomografie v perkutánnej koronárnej intervencii

Marek Strachan¹, Jihad Bou Ezzeddine²

¹*Oddelenie akútnej kardiológie, Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, a. s., Banská Bystrica, Slovenská republika*

Strachan M, Ezzeddine JB. **Optical coherence tomography-guided percutaneous coronary intervention.** Cardiology Lett. 2025;34(2):113–121

Abstract. Coronary angiography is limited to two-dimensional assessment of the lumen of coronary arteries that are filled with contrast. In addition to coronary angiography, optical coherence tomography (OCT) – as an intravascular imaging modality – provides high resolution imaging of a coronary lesion and consequently helps the operator to choose an optimal intervention strategy and stent size. Imaging of the implanted stent enables the evaluation of the need of stent optimization and the need of another stent implantation when edge dissection is present. OCT has an important role in identification of stent failure mechanism. The authors of this article demonstrate own experience with OCT in two case studies, undertaken in Stredoslovensky ustav srdcovych a cievnych chorob, a. s. (SUSCCH, a.s.) in Banska Bystrica. Fig. 10, Ref. 4, on-line full text (Free, PDF), www.cardiologyletters.sk

Key words: optical coherence tomography (OCT) – intravascular imaging modality – percutaneous coronary intervention (PCI) – stent optimization – stent failure

Strachan M, Ezzeddine JB. **Využitie optickej koherentnej tomografie v perkutánnej koronárnej intervencii.** Cardiology Lett. 2025;34(2):113–121

Abstrakt. Zhodnotenie koronárneho riečiska je v angiografickom obraze limitované na dvojdimenzionálny obraz lúmenu koronárnych artérií naplnených kontrastnou látkou. Optická koherentná tomografia (OCT), ako intravaskulárne zobrazovacie vyšetrenie, umožňuje detailné posúdenie morfológie koronárnej lézie a napomáha tak zvoliť optimálnu stratégiu intervencie a výber veľkosti stentu. Zobrazenie stentu po jeho implantácii umožňuje zhodnotiť potrebu jeho optimalizácie a pri potvrdení disekcie na okrajoch stentu zväžiť nevyhnutnosť implantácie pokračujúceho stentu. Nezastupiteľnou úlohou OCT je identifikácia mechanizmu zlyhania stentu v podobe in-stent trombózy, alebo včasnej in-stent restenózy. Autori tohto článku demonštrujú

Z ¹Oddelenia akútnej kardiológie, Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, a. s., Banská Bystrica a ²II. geriatrickej kliniky, Univerzitná nemocnica s poliklinikou, Bratislava, Slovenská republika

Do redakcie došlo dňa 3. októbra 2024; prijaté dňa 14. januára 2025

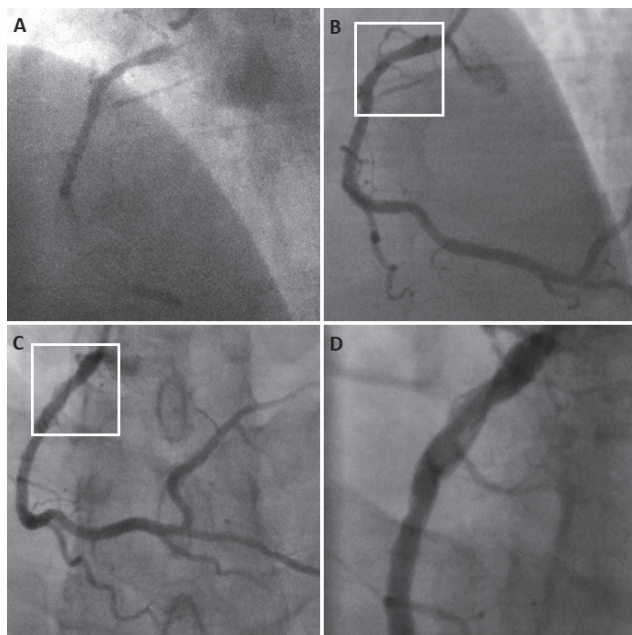
Adresa pre korešpondenciu: MUDr. Marek Strachan, Oddelenie akútnej kardiológie, Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, a. s., Cesta k nemocnici 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: strachanmarek@yahoo.com

využitie OCT na troch intervenciách realizovaných v Stredoslovenskom ústave srdcových a cievnych chorôb, a. s. (SÚSCCH, a. s.) v Banskej Bystrici. Obr. 10, Lit. 4, on-line full text (Free, PDF), www.cardiologyletters.sk

Kľúčové slová: optická koherentná tomografia (OCT) – intravaskulárne zobrazovacie vyšetrenie – perkutánnu koronárnu intervenciu (PKI) – optimalizácia stentu – zlyhanie stentu

Kazuistika č. 1

TO: Pacient bol akútne prijatý primárnym transportom pre STEMI spodnej steny. Subjektívne udáva náhle vzniknuté tlakovo-pálivé bolesti na hrudníku s propagáciou do chrbta pred tromi hodinami so sprievodnou vegetatívnu symptomatiku – spotil sa, pociťoval nauzeu, zoslabol, bolo mu na odpadnutie, ale vedomie nestratil. Cestou RLP mu bola podaná štandardná liečba akútneho koronárneho syndrómu (AKS) – kyselina acetylsalicylová a tikagrelor v nasycovacích dávkach a UFH v dávke 5000 j iv. Počas transportu bol pre hypotenziu podávaný fyziologický roztok. Pri prijíme pacienta na naše pracovisko pretrvávajú stenokardie, pacient je hypotenzný.



Obrázok 1 Koronarografický nález ACD. A – akútny uzáver ACD distálne. B, C – ACD po PKI s implantáciou jedného DES distálne pred vetvenie RIP/RPL. D – detail nejednoznačnej lézie v proximálnom segmente ACD. Je viditeľná nejasná kontúra 40 % stenózy. Zdroj: archív autora

OA: Arteriálna hypertenzia 2. stupňa, ESC/ESH s veľmi vysokým kardiovaskulárnym (KVS) rizikom

Diabetes mellitus 2. typu na diéte a perorálnych antidiabetikách v štádiu orgánových komplikácií

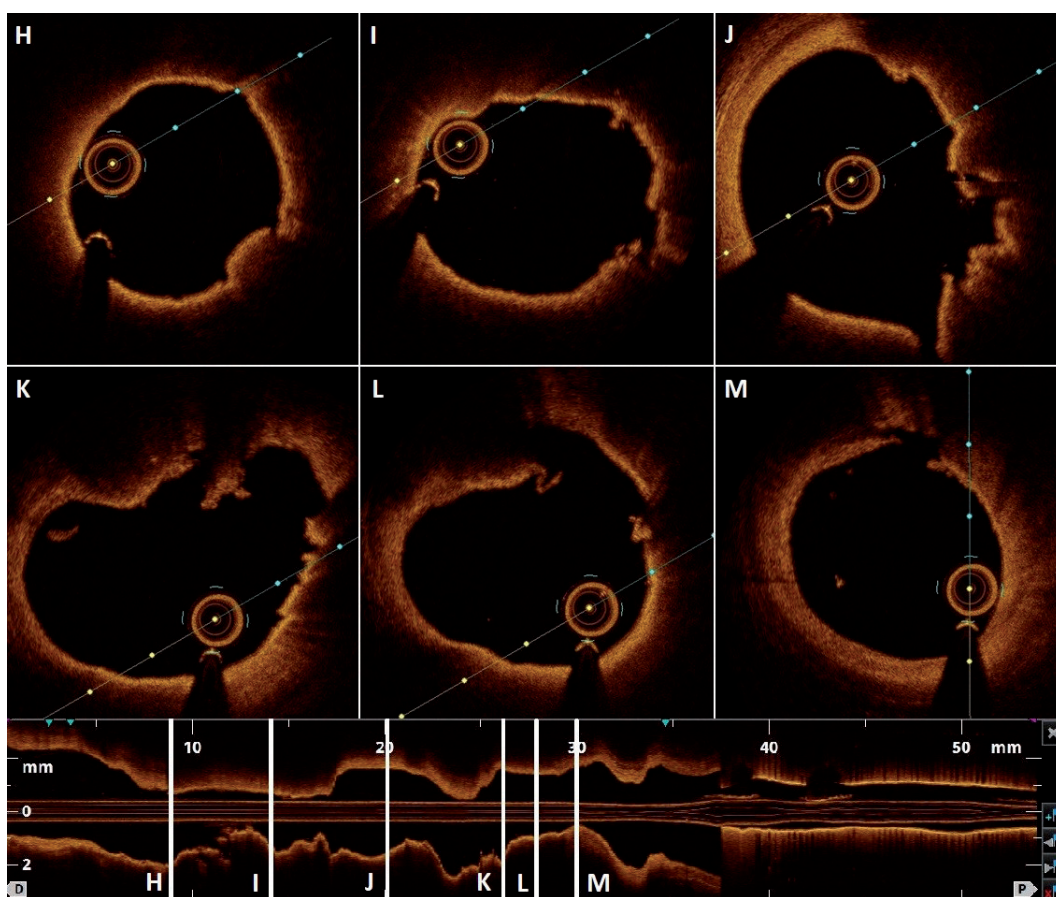
Dyslipidémia

Exogénna obezita

Metabolický syndróm

PKI: Pacienta urgentne katetrizujeme radiálnym prístupom vpravo. Ešte pred prvým nástrekom ľavej koronárnej artérie (LCA) dochádza k zakolísaniu elektrického prúdu pri búrke s prepnutím röntgenu (RTG) do pohotovostného režimu. Reštart trvá asi 15 minút. U nestabilného pacienta ale pokračujeme v koronarografii napriek obmedzenej rozlišovacej schopnosti RTG. Potvrdzujeme akútny uzáver pravej koronárnej artérie (ACD) distálne pred vetvením na ramus interventricularis posterior (RIP) a ramus posterolateralis (RPL) (**obrázok 1 A**). Po predilatácii uzáveru balónom dochádza k rekanalizácii ACD. Do oblasti rekanalizovaného uzáveru implantujeme jeden liekom potáhaný stent (DES) s následnou stabilizáciou pacienta, s rezolúciou ST segmentu na EKG a s ústupom stenokardií. V tomto momente reštartujeme RTG. Pri kontrolnom nástreku ACD potvrdzujeme dobrý výsledok perkutánnej koronárnej intervencie (PKI) distálne (**obrázok 1 B-C**). Proximálne v ohybe ACD je ale 40 % stenóza s nejasnou kontúrou (**obrázok 1 B-D**). Nad funkčným meraním infarktovej artérie po PKI neuvažujeme, keďže pri PKI veľmi pravdepodobne došlo k periférnej embolizácii trombotickej drte, čo môže funkčné meranie podhodnotiť. Rozhodujeme sa preto pre zhodnotenie lézie pomocou OCT.

OCT: OCT vyšetrením proximálneho a mediálneho segmentu ACD zobrazujeme dlhý, prevažne lipidový plak s potvrdením ruptúry s čiastočne vyprázdnenou kavitou a s reziduálnymi nástennými trombami v proximálnom segmente (**obrázok 2**). Najskôr ide o *culprit* léziu s periférnou embolizáciou trombotickej drte do



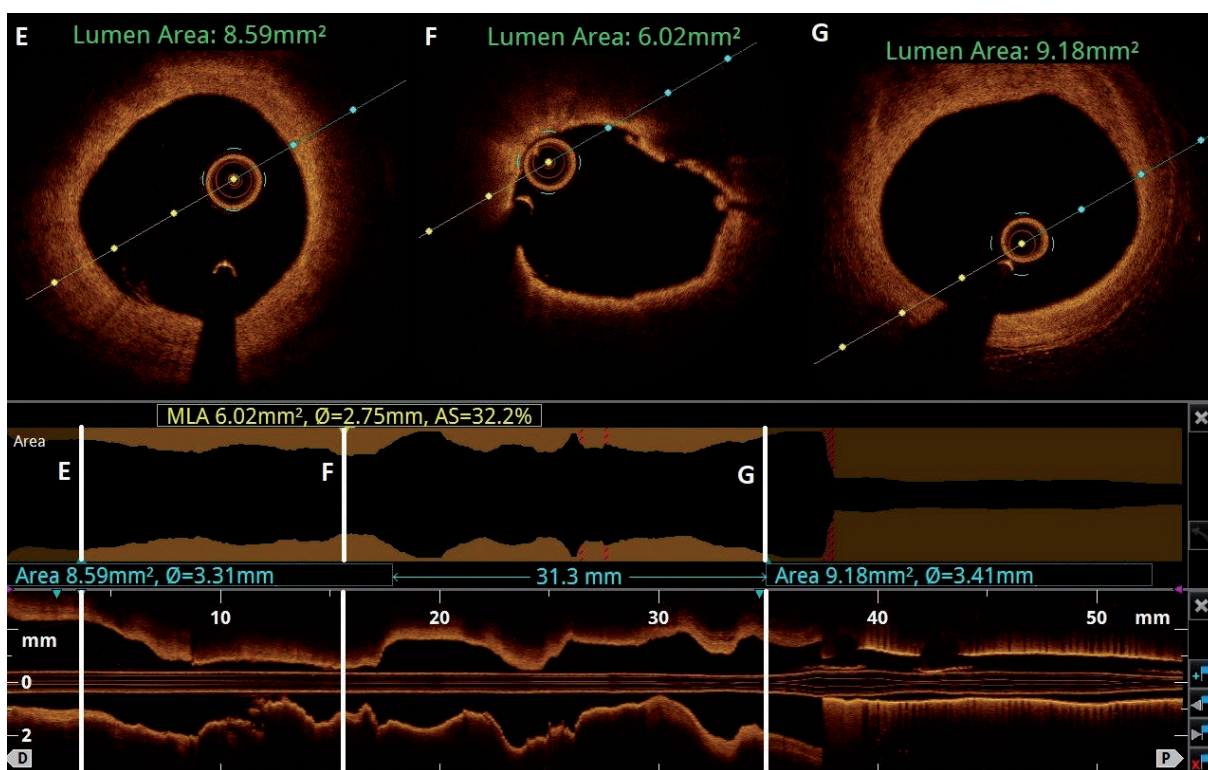
Obrázok 2 OCT nález proximálneho a mediálneho segmentu ACD s prevažne lipidovým plakom s ruptúrou. H-M sú axiálne rezy proximálneho a mediálneho segmentu ACD s ich vyznačenou polohou v pozdĺžnom okne v dolnej časti nálezu. V axiálnych rezoch H-I je cirkulárne uložený lipidový plak. Keďže výrazne pohlcuje OCT svetlo je v OCT obraze tmavý, takmer homogénny a vrhá tmavý tieň. V reze J je lipidový plak uložený v dvoch kvadrantoch od 12 do 6 hodiny. V proximálnom reze M už dominuje fibrózny plak. V rezoch I-M je narušená integrita intimy cievnej steny, najvýraznejšie viditeľná v rezoch K-L, kde je vyprázdnená kavita plaku – pravdepodobný zdroj periférnej embolizácie. V reze K je zachytený zvyškový trombus. Zdroj: archív autora

oblasti preexistujúcej stenózy distálne v RCA. Dĺžka lézie je približne 30 mm, s 32,2 % stenózou v oblasti MLA, kde je plocha 6,02 mm² (obrázok 3 F). Vzhľadom na to, že ide prevažne o lipidový plak so zvyškami trombov, léziu ošetrujeme priamou implantáciou jedného DES 3,5 x 32 mm, 12 atm, 30 s, bez predilatácie. Pri predilatácii by mohlo dôjsť k ďalšej periférnej embolizácii zvyškových trombov a lipidovej drte.

Napriek dobrému angiografickému výsledku po PKI na základe OCT nálezu celý stent ešte dilatujeme non-compliantným 3,5 mm balónom. Výkon ukončujeme a do plánu ponechávame PKI RIA pre tiahly plak s minimálne 70 % stenózou v proximálnom a mediálnom segmente.

Diskusia

Použitím OCT sme dokázali identifikovať culprit léziu v proximálnom segmente ACD, kde samotný uzáver distálne bol pravdepodobne výsledkom periférnej embolizácie trombotickej drte z vyprázdnenej kavity do miesta preexistujúcej lézie. Na základe morfológie lézie a zobrazenia reziduálnych trombov sme zvolili priamu implantáciu stentu pre riziko ďalšej periférnej embolizácie pri predilatácii. Rozsah lipidového plaku nebolo možné posúdiť angiograficky. OCT zobrazenie nám umožnilo vybrať kotviace zóny v zdravých segmentoch cievy a vyhnúť sa tak novej disekcii na okraji stentu pri ukotvení



Obrázok 3 OCT nález proximálneho a mediálneho segmentu ACD. V hornej časti nálezu sú axiálne rezy v oblasti proximálnej (G) a distálnej (E) kotviacej zóny dlhého plaku a F je miesto s minimálnou plochou lúmenu (MLA). V profile lúmenu a v pozdĺžnom reze v strednej a v dolnej časti nálezu je vyznačená poloha jednotlivých axiálnych rezov. Vzdialenosť kotviacich zón je 34,6 mm. Pri ploche lúmenu 9,18 mm² v oblasti proximálnej kotviacej zóny a 8,59 mm² v oblasti distálnej kotviacej zóny stentu predstavuje MLA 32,2 % stenózu. Zdroj: archív autora.

stentu do lipidového plaku. Napriek dobrému angiografickému výsledku po implantácii stentu sme kontrolným pullbackom zobrazili MSA s 85 % rozvinutím stentu, čo nás viedlo k ďalšej dodilatácii stentu (obrázok 4).

Po mesiaci bola u pacienta realizovaná elektívna PKI ramus interventricularis anterior (RIA) znova pri využití OCT. Na ambulantnej kontrole pacient udáva zlepšenie tolerance námahy, bolesti na hrudníku nemá.

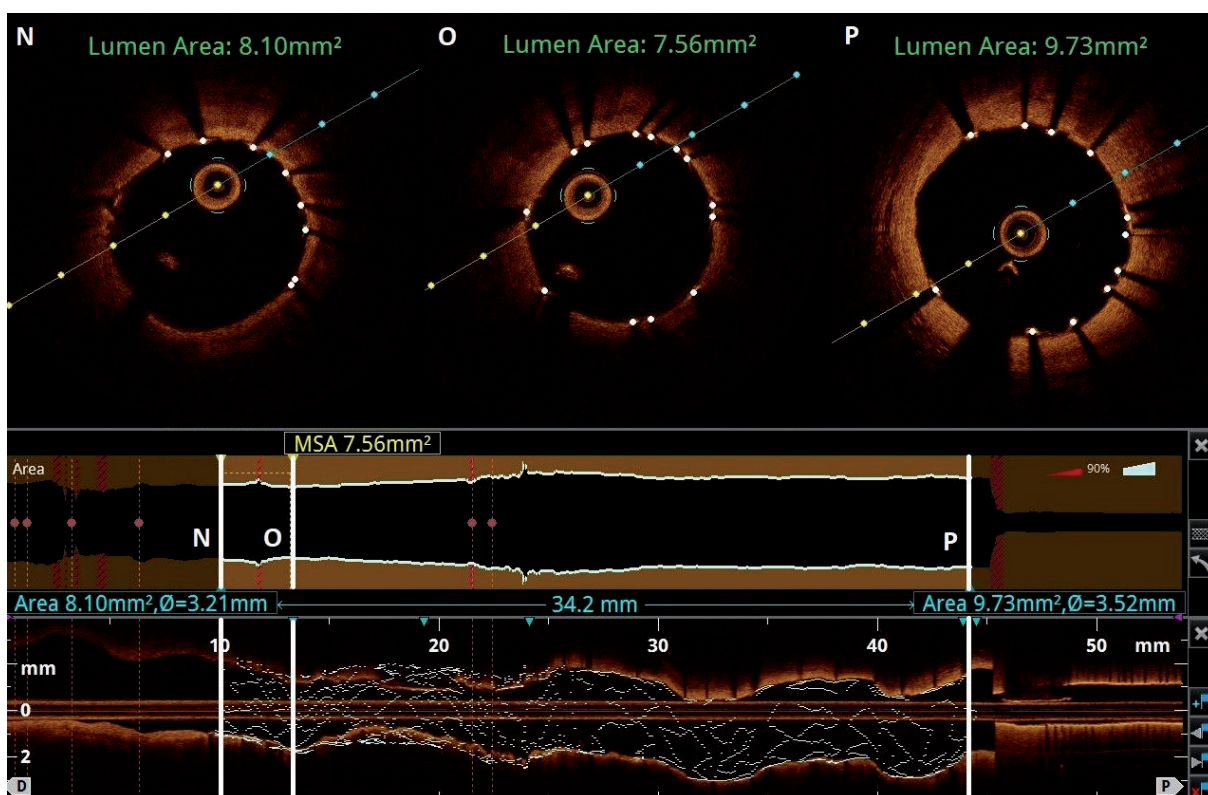
Kazuistika č. 2

TO: Pacient bol preložený na Oddelenie všeobecnej kardiológie v SÚSCCH, a. s. v Banskej Bystrici z interného oddelenia v spáde pre anterolaterálny NSTEMI. Subjektívne mal pacient recidivujúce stenokardie pri záťaži a postupne aj v pokoji asi mesiac, posledné dni najintenzívnejšie. Bol vyšetrený na urgentnom príjme

bez nálezu signifikantných repolarizačných zmien na EKG. Laboratórne bol troponín I hs pozitívny. Stav bol hodnotený ako NSTEMI a pacientovi bola podaná duálna antiagregačná liečba – kyselina acetylsalicylová a tikagrelor. Na kontrolných EKG bol zaznamenaný vývoj negatívnych T vln anterolaterálne. Na tretí deň hospitalizácie došlo k meléne a hemateméze. Bolo realizované urgentné GFS vyšetrenie s nálezom erodovanej cievy pažeráka, ktorá bola ošetrovaná dvoma hemoklipmi s opichom noradrenalinom. Po konzultácii s gastroenterológom bol tikagrelor zmenený za klopidogrel. Pri preklade na naše pracovisko bol pacient kompenzovaný, bez bolestí na hrudníku.

OA: Artérová hypertenzia 2. stupňa ESC/ESH s veľmi vysokým KVS rizikom

Diabetes mellitus 1. typu s inzulínovou pumpou



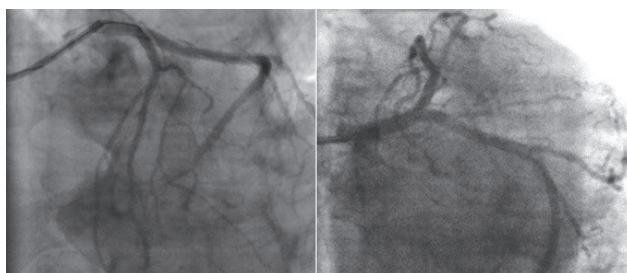
Obrázok 4 OCT nález po implantácii stentu v ACD. Axiálny rez N je na distálnom okraji stentu s plochou 8,10 mm², rez O je v mieste minimum stent area (MSA) s plochou 7,56 mm² a rez P je na proximálnom okraji stentu s plochou 9,73 mm². V mieste MSA je 85 % rozvinutie stentu. Zdroj: archív autora

- Stav po dekompenzácií s metabolickou acidózou pri poruche pumpy
- Diabetická retinopatia, amauroza I. sin.
- Diabetická polyneuropatia
- Syndróm diabetickej nohy, stav po amputácii tretieho prsta pravej dolnej končatiny
- Dyslipidémia
- Stav po resekcií hrubého čreva pre karcinóm v roku 2010
- Hypomobilita

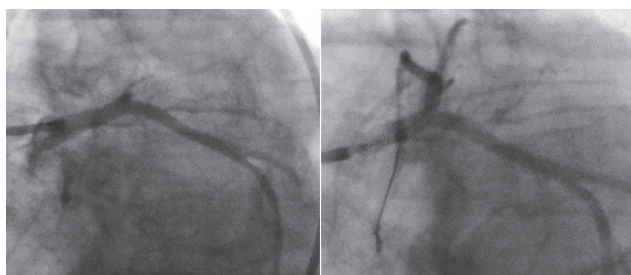
ECHOKG: Nález nedilatovanej ľavej komory, bez regionálnych porúch kinetiky, so zachovanou systolickou funkciou; chlopňový systém je suficientný, perikard bez výpotku.

PKI: Pacienta katetrizujeme pravostranným radiálnym prístupom s nálezom dvojcievneho koronárneho postihnutia. Ako culprit léziu identifikujeme postihnutie RIA v proximálnom a strednom segmente, kde je tiahla 70 % stenóza. Léziu ošetrujeme priamou implantáciou

jedného DES 2,5 x 36 mm, 10 atm, 30 s od odstupu RIA. Realizujeme proximálnu optimalizáciu stentu (POT) non-compliantným 3,0 mm balónom s od odstupu RD1 až po proximálny okraj stentu. Výkon prebehol bez komplikácií s dobrým angiografickým výsledkom, s okrajovou nerovnosťou v strede stentu, s tokom TIMI III v RIA aj ramus diagonalis 1 (RD1) (obrázok 5).



Obrázok 5 Dobrý angiografický výsledok po PKI prox./med. RIA s implantáciou jedného DES z dvoch projekcií. Zdroj: archív autora



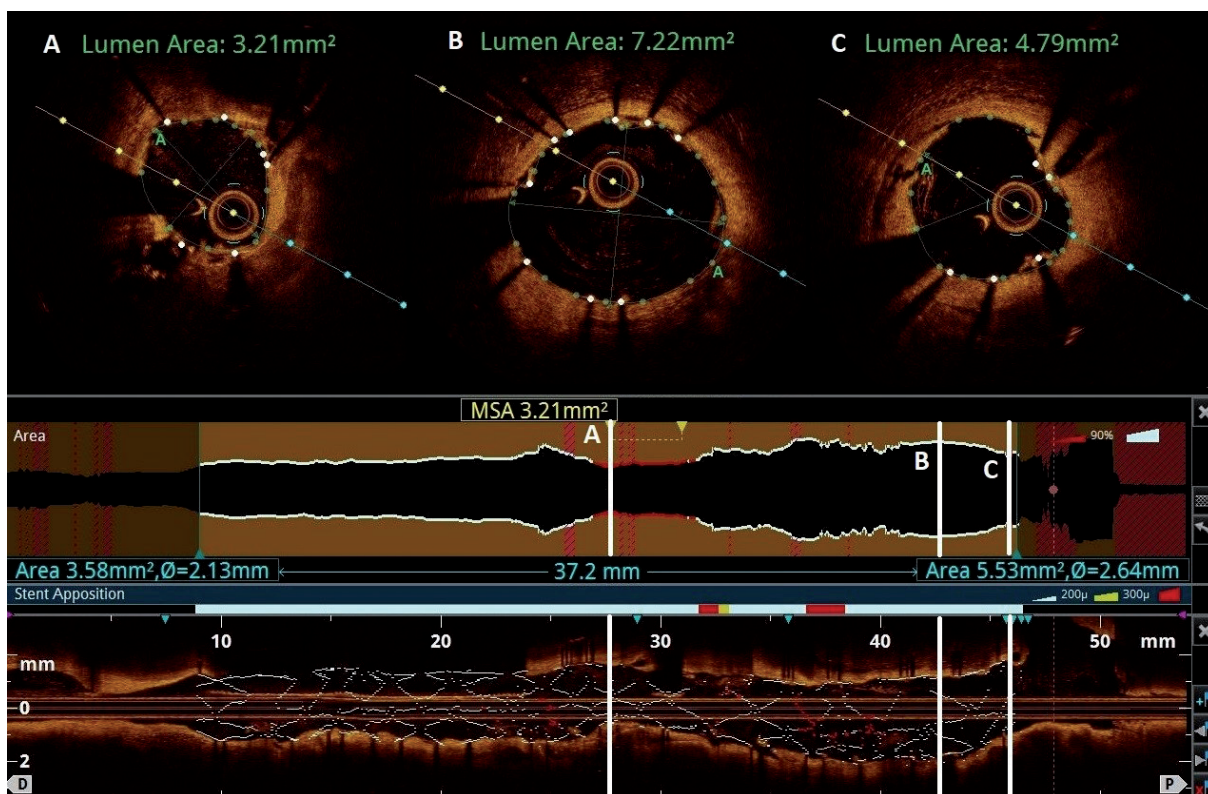
Obrázok 6 Akútny uzáver na proximálnom okraji stentu v RIA (vľavo). Nástrek po rekanalizácii RIA (vpravo). Zdroj: archív autora

Re-PKI: O 90 minút po výkone dochádza k náhle vzniknutým bolestiam na hrudníku s EKG obrazom STEMI prednej steny. Pacienta urgentne re-koronarografujeme femorálnym prístupom vpravo s potvrdením akútneho uzáveru na proximálnom okraji stentu v RIA (obrázok 6 vľavo). Po kontrole ACT podávame

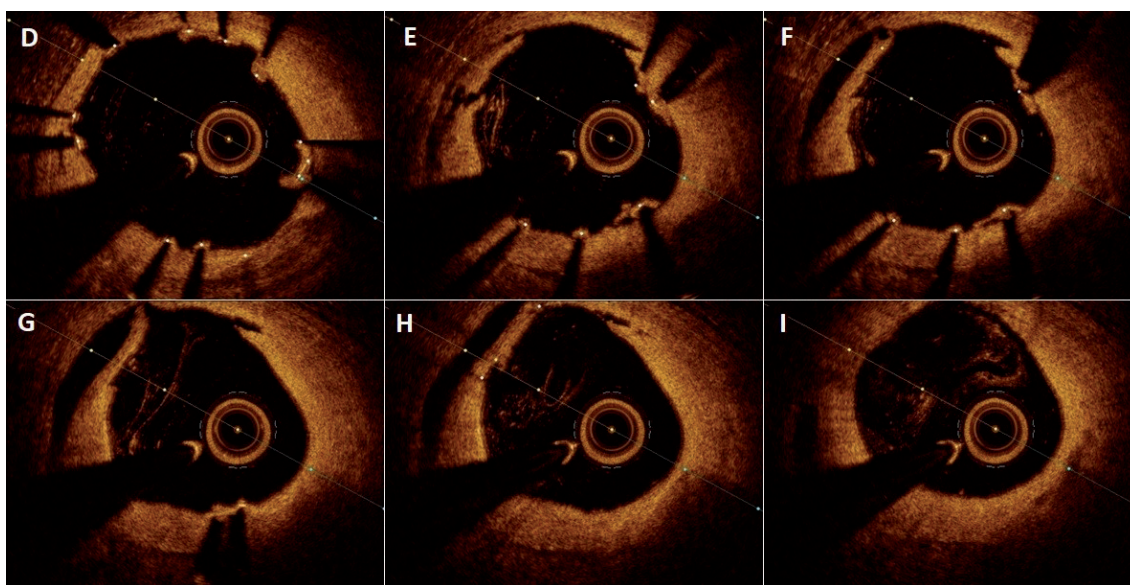
UFH 5000 j intraarteriálne. Pre rozvoj šokového stavu pridávame noradrenalín. Po odsatí červených trombov a podaní IIb/IIIa inhibítora intrakoronárne dochádza k rekanalizácii RIA a k hemodynamickej stabilizácii pacienta.

Angiografické zobrazenie RIA je po rekanalizácii identické ako po PKI. Na základe angiografického obrazu nie je možné identifikovať príčinu včasnej in-stent trombózy. Preto dopĺňame OCT.

OCT: Podľa OCT je stent uložený subostiálne v RIA, na proximálnom okraji stentu je hlboká disekcia nezasahujúca do hlavného kmeňa LCA (obrázok 8). Na proximálnom okraji stentu je impresia s plochou $4,79 \text{ mm}^2$ (obrázok 7 C), v porovnaní s maximálnou plochou stentu 5 mm od proximálneho okraja, kde je $7,22 \text{ mm}^2$ (obrázok 7 B), ide len o 66 % rozvinutie stentu. MSA je v mieste bifurkácie s RD1 s plochou $3,21 \text{ mm}^2$ (obrázok 7 A).



Obrázok 7 OCT nález v stente po rekanalizácii RIA. V hornej časti nálezu sú tri axiálne rezy – A, B, C. V strednej a dolnej časti nálezu je profil lúmenu a pozdĺžny rez s polohou jednotlivých axiálnych rezov. A – minimum stent area – miesto s najmenšou plochou v stente v axiálnom reze, B – miesto s najväčšou plochou v stente v axiálnom reze, C – impresia stentu na proximálnom okraji. Zdroj: archív autora



Obrázok 8 OCT nález disekcie na proximálnom okraji stentu. Axiálne rezy D-I sú zoradené postupne v smere OCT zobrazenia od distálneho po proximálny. D je posledný rez so strutmi stentu uloženými po celom obvode lúmenu cievy. V rezoch E-H sa postupne medzi 9 až 1 hodinou zobrazuje disekcia zasahujúca do tunica media cievnej steny. Na reze I je jasne vidieť, že disekcia nepokračuje proximálnejšie smerom do hlavného kmeňa LCA. Zdroj: archív autora

Za príčinu zlyhania stentu považujeme disekciu a impresiu stentu na proximálnom okraji. Disekcia zasahuje hlboko do tunica media cievnej steny, minimálne na dĺžke 400 μm , čo favorizuje skôr prekrytie disekcie pokračujúcim DES. Na druhej strane je disekcia lokalizovaná dominantne len v jednom kvadrante, respektíve zasahuje len ľahko do druhého kvadrantu. Navyše, vzhľadom na subostiálne uložený stent s proximálnym okrajom vzdialeným len 600 μm od bifurkácie hlavného kmeňa LCA, by musel byť pokračujúci DES ukotvený v hlavnom kmeni s následnou proximálnou optimalizáciou stentu. U pacienta po recentnom krvácaní z horného GIT, s rizikom vysadenia DAPT pri novej recidíve, preferujeme nezasahovať do hlavného kmeňa LCA a rozhodujeme sa pre najjednoduchšie riešenie v zmysle optimalizácie stentu na proximálnom okraji a v strednej časti s následnou OCT kontrolou disekcie. Silným argumentom pre túto stratégiu je aj skutočnosť, že sa disekcia nešíri proximálne do kmeňa.

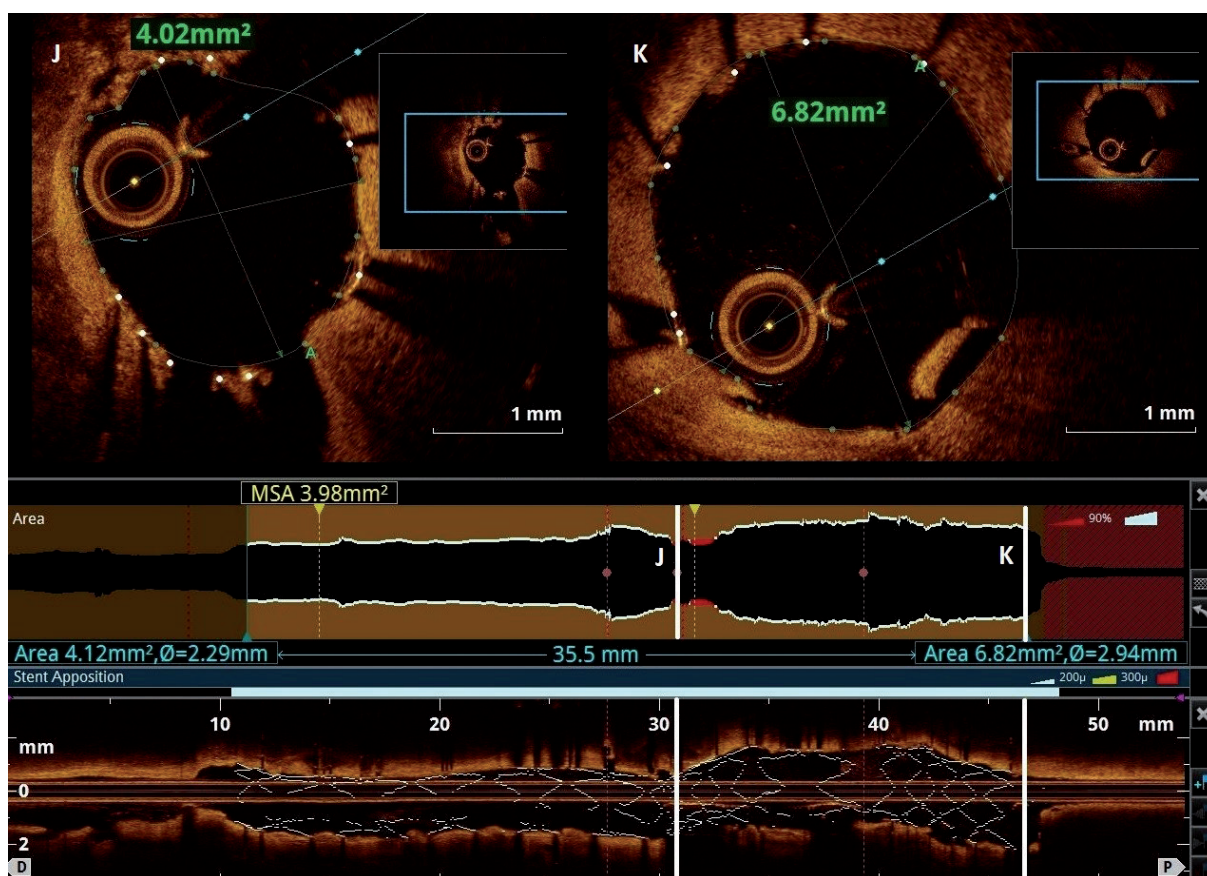
Realizujeme prolongovanú dodilatáciu stredného segmentu stentu v mieste MSA non-compliantným 2,5 mm balónom a taktiež 3,0 mm non-compliantným balónom cez proximálny okraj stentu smerom do hlavného kmeňa.

Kontrolným nástrekom pretrvávajú tok TIMI III v RIA aj RD1. Pacient je už bez stenokardií, noradrenalin vysadzujeme. Kontrolným OCT zobrazením potvrdzujeme zlepšenú apozíciu stentu tak v mieste pôvodnej MSA – po dodilatácii s plochou 4,02 mm^2 (obrázok 9 J) – ako aj na proximálnom okraji stentu, kde je plocha po optimalizácii 6,82 mm^2 (obrázok 9 K). Disekcia na okraji stentu je stacionárna, bez šírenia do hlavného kmeňa LCA (obrázok 10). Výkon ukončujeme.

Diskusia

Využitím OCT sme v tomto prípade boli schopní identifikovať príčinu akútnej in-stent trombózy a naplánovať stratégiu jej riešenia. Po optimalizácii stentu sme potvrdili stacionárny nález disekcie, s vylúčením šírenia do hlavného kmeňa LCA.

Pacienta po výkone preložili na Oddelenie akútnej kardiológie, kde sme pokračovali v kontinuálnom podávaní IIb/IIIa inhibítora. Laboratórne sme zaznamenali vzostup troponínu I hs na 6587 ng/l, kontrolne s poklesom. Asi po štyroch hodinách došlo znova k hemateméze. IIb/IIIa



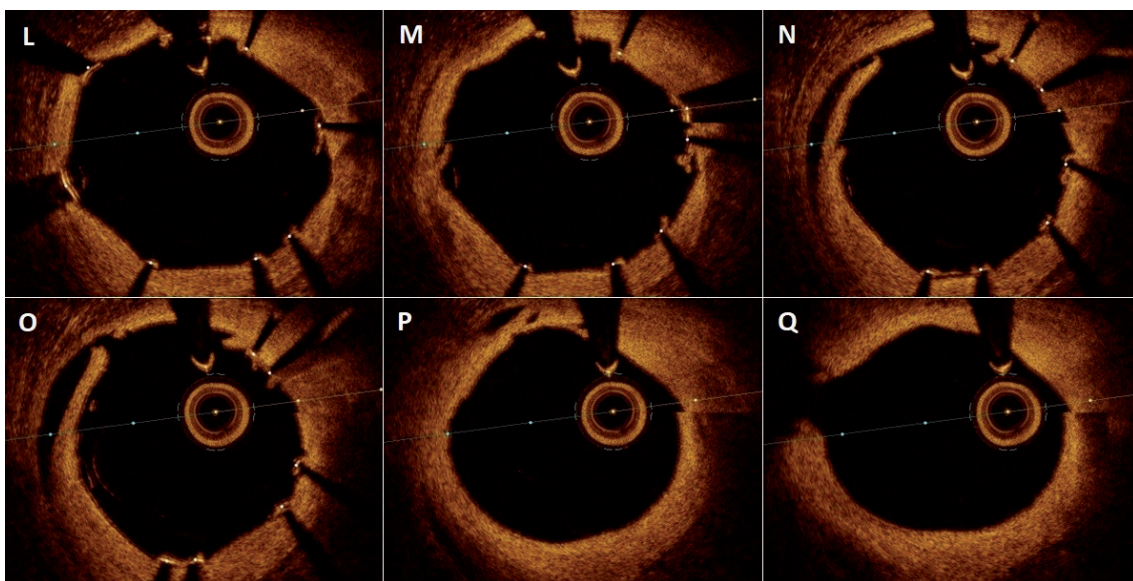
Obrázok 9 OCT nález po optimalizácii stentu. Po dodilatácii stentu non-compliantnými balónmi je v mieste pôvodnej MSA aktuálne plocha 4,02 mm² (axiálny rez J v hornej časti nálezu) a na proximálnom okraji stentu plocha 6,82 mm² (axiálny rez K). V profile lúmenu (v strednej časti nálezu) software automaticky detegoval nové miesto v stente s najmenšou plochou v pričnom reze (MSA), ktoré je v distálnej časti stentu s plochou 3,98 mm². Na profile lúmenu a na pozdĺžnom reze je vyznačená poloha jednotlivých axiálnych rezov. Zdroj: archív autora

inhibitor sme vysadili a začali sme kontinuálne podávať PPI. DAPT sme neprerušili. Do 24 hodín sa uskutočnilo akútne GFS vyšetrenie bez nálezu pokračujúceho krvácania z horného GIT, bez potreby intervencie. Ďalší priebeh hospitalizácie bol bez komplikácií, pacient bol bez recidívy stenokardií, respektíve známkov krvácania. Kontrolným echokardiografickým vyšetrením sa potvrdila ľahká hypokinéza v bazálnom segmente prednej steny. Za účelom mobilizácie bol pacient preložený na doliečovacie oddelenie v spáde s odporúčaním duálnej antiagregačnej liečby kyselinou acetylsalicylovou a klopido-grelom na 12 mesiacov po PKI. Po dvoch mesiacoch kontaktujeme telefonicky príbuzných. U pacienta dominuje chronická hypomobilita, bolesti na hrudníku nemá a je bez krvácajúcich prejavov.

Záver

Opodstatnenosť použitia intravaskulárnych zobrazovacích vyšetrení v perkutánnej koronárnej intervencii a z toho plynúci klinický benefit pre pacientov potvrdili mnohé štúdie (1). Intervenčný kardiológ môže po týchto vyšetreniach siahnuť v každej fáze intervencie – od zhodnotenia morfológie lézie, cez presné určenie rozmerov stentu, posúdenie apozície, rozvinutia stentu a vylúčenie disekcie na okrajoch stentu po implantácii, až po identifikáciu príčiny zlyhania stentu (2, 3).

Na dvoch prezentovaných kazuistikách sme sa snažili poukázať na prínos optickej koherentnej tomografie v plánovaní stratégie intervencie. V prvej kazuistike sme pomocou OCT identifikovali culprit léziu u pacienta



Obrázok 10 OCT nález disekcie na proximálnom okraji stentu po optimalizácii stentu. Axiálne rezy L-Q sú zoradené postupne v smere OCT zobrazenia, teda proximálnym smerom k hlavnému kmeňu LCA. Na reze L je zrejماً zlepšená apozícia stentu v porovnaní s rezom C na obrázku 7. V rezoch M-P sa postupne zobrazuje disekcia medzi 9 a 1 hodinou, ktorá je stacionárna. Rez Q je už na úrovni bifurkácie LMCA, kde je na 9 hodine už čiastočne zachytený odstup RCX. Ani po optimalizácii stentu sa disekcia nešíri na hlavný kmeň LCA. Zdroj: archív autora

s akútnym STEMI spodnej steny. V druhej kazuistike sme využitím OCT identifikovali hneď dve možné príčiny akútneho zlyhania stentu. V oboch prípadoch sme na základe OCT náleзов boli schopní zvolit' z nášho pohľadu najoptimálnejšiu stratégiu intervencie.

Na záver si dovoľíme parafrázovať slová amerického autora Bezzera, ktorý vo svojom článku publikovanom na webovej stránke American College of Cardiology vyjadruje presvedčenie, že v princípe každá perkutánná koronárna intervencia môže profitovať z intravaskulárneho zobrazovacieho vyšetrenia a zamýšľa sa, prečo pri tak silnej medicíne dôkazov sa tieto vyšetrenia nepoužívajú častejšie (4).

Konflikt záujmov: Autori článku prehlasujú, že nemajú žiadny konflikt záujmov.

Literatúra

1. Räber L, Mintz GS, Koskinas KC, Johnson TW, Holm NR, Onuma Y, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J.* 2018;39:3281-3300.
2. Buccheri S, Franchina G, Romano S, Puglisi S, Venuti G, D'Arrigo P, et al. Clinical Outcomes Following Intravascular Imaging-Guided Versus Coronary Angiography-Guided Percutaneous Coronary Intervention With Stent Implantation: A Systematic Review and Bayesian Network Meta-Analysis of 31 Studies and 17,882 Patients. *J Am Coll Cardiol Interv.* 2017;10:2488-2498.
3. Bezerra H, Costa MA, Guagliumi G, Rollins AM, Simon DI. Intracoronary optical coherence tomography: a comprehensive review clinical and research applications. *J Am Coll Cardiol Interv.* 2009;2:1035-1046.
4. Bezerra H, Dallan LAP, Pereira GTR, Buccola J, Rapoza R, West N, et al. 2020. Analysis of changes in decision-making process during optical coherence tomography-guided percutaneous coronary interventions: New Insights from the LightLab Initiative. EuroPCR 2020 presentation [online]. [cit. 2022-08-19].