

Využití intravaskulárního ultrazvuku u intervencí na kmene levé věnčité tepny

David Zemánek, Petr Hájek, Josef Veselka

Kardiologické oddělení, Kardiovaskulární centrum, Fakultní nemocnice Motol, Praha, Česká republika

Zemánek D, Hájek P, Veselka J. **Využití intravaskulárního ultrazvuku u intervencí na kmene levé věnčité tepny.** *Cor Vasa* 2010;52:431–436.

Intravaskulární ultrazvuk je metoda, která má své nezastupitelné místo při provádění katetrizačních vyšetření a ošetření stenózy kmene levé věnčité tepny. Správné zhodnocení ultrazukového nálezu je užitečné pro stanovení správné techniky léčby a dosažení optimálního výsledku. Článek shrnuje současné poznatky o užití této metody v intervenční kardiologii v této indikaci.

Klíčová slova: Intravaskulární ultrazvuk – Perkutánní koronární intervence – Stenóza kmene levé věnčité tepny

Zemánek D, Hájek P, Veselka J. **Use of intravascular ultrasound in procedures involving the left main coronary artery.** *Cor Vasa* 2010;52:431–436.

Intravascular ultrasound (IVUS) is a method which has no alternative in catheter-based procedures and in the management of left main coronary artery stenosis. Proper assessment of the ultrasound finding is critical for selecting the most appropriate therapeutic option ensuring optimal outcomes. The paper is an overview of current concepts regarding the use of this method in interventional cardiology and this particular indication.

Key words: Intravascular ultrasound – Percutaneous coronary intervention – Left main coronary artery stenosis

Adresa: MUDr. David Zemánek, Kardiologické oddělení, Kardiovaskulární centrum, FN Motol, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5, Česká republika, e-mail: david.zemaneck@seznam.cz

Úvod

Intravaskulární ultrazvuk (IVUS) je metoda, která se začala používat v kardiologii už v 90. letech minulého století.¹ Přestože nesplnil všechny naděje do něj vkládané, má i v dnešní době své místo v intervenční kardiologii. Ve srovnání s koronární angiografií (SKG) dokáže přesněji určit velikost lumen tepny, rozsah a částečně také složení aterosklerotického plátu, apozici stentu po perkutánní koronární intervenci (PCI), a eventuálně disekci po jeho implantaci. Již řadu let má také nezastupitelnou úlohu v rámci diagnostiky a léčby postižení kmene levé věnčité tepny (LMCA).² Shrnutí současných indikací a poznatků o této problematice bude náplní tohoto článku.

Perkutánní koronární intervence kmene levé věnčité tepny

Katetrizační intervence LMCA jsou v současné době jedním z nejvíce diskutovaných témat v intervenční kardiologii. I v éře lékových stentů nejsou údaje srovnávající účinek PCI a chirurgické revaskularizace jednoznačně pozitivní pro PCI. Problémem u PCI je především vyšší nutnost opakovaných revaskularizací. I proto chirurgická revas-

kularizace zůstává stále „zlatým standardem“ v léčbě postižení kmene levé věnčité tepny. Doporučení Evropské kardiologické společnosti tuto možnost rovněž preferují a update amerických doporučení z roku 2009 zařazuje PCI LMCA do třídy II B (tedy spíše nedoporučují, dříve však byly označeny jako třída III – nevhodné) v případě, že je možná chirurgická revaskularizace. Pokud chirurgická revaskularizace není možná anebo je spojena s vysokým rizikem, řadí se PCI LMCA do třídy II A (tedy spíše doporučena).^{3,4} Tato doporučení zohledňují výsledky z registrů, některých menších studií a výsledky studie SYNTAX. V této randomizované studii, srovnávající léčbu u mnohočetného postižení věnčitých tepen včetně LMCA pomocí PCI vs. chirurgickou revaskularizaci, byl zjištěn statisticky významný rozdíl ve výskytu hlavních kardiovaskulárních příhod v neprospěch PCI z důvodů častějších opakovaných revaskularizací. Nicméně při subanalýze byl tento rozdíl patrný pouze u skupiny pacientů s komplexním postižením definovaným na základě SYNTAX skóre (≥ 33). Ve skupině s nízkým nebo středním skóre naopak nebyl zjištěn významný rozdíl ve výskytu hlavních kardiovaskulárních příhod, zahrnujících opakovanou revaskularizaci, infarkt myokardu, cévní mozkovou příhodu či smrt z kardiálních

i nekardiálních příčin.⁵ Lze tedy říci, že v případě nízkého SYNTAX skóre a splnění některých dalších podmínek je PCI alternativou k chirurgické revaskularizaci.⁶ K provedení PCI LMCA jsou na základě konsensu indikovány nemocní, u kterých je vysoké riziko chirurgické revaskularizace pro jejich významné polymorbiditu (např. plicní onemocnění), nebo u pacientů v akutním stavu, u nichž důležitou roli hraje časový faktor.

Technické aspekty vyšetřování pomocí intravaskulárního ultrazvuku

Vyšetření provádíme obdobně jako koronární intervenci po podání antikoagulancií (nejčastěji heparin i.a. k cílovému ACT v rozmezí 225–275 s) a po zavedení intrakoronárního vodičového drátu 0,014" přes hodnocenou lézi do periferie tepny. Po vodiči zavedeme sondu IVUS do periferie tepny. Dnešní miniaturizované ultrazvukové sondy mají profil 2,8 F (Atlantis, Boston Scientific) a 2,9 F (Eagle-Eye, Volcano Endosonics), jsou kompatibilní s 6F instrumentáři (v případě nutnosti i 5F u Eagle-Eye) a vysílají signál frekvencí 30–40 MHz. Posun sondy může být manuální nebo motorizovaný. Manuální posun má výhodu, že se můžeme lépe zaměřit na postižené místo v případě, že je obraz nejednoznačný, pomocí střídání retrográdního a antegrádního posunu. Motorizovaný „pull-back“ na druhé straně umožňuje měření objemu plátu, získání nálezu nezávislého na operátorovi a pro svoji větší reproduciibilitu bývá součástí většiny vyšetření IVUS ve studiích. Klasické zobrazení ve škále černobílé může být doplněno novějšími technikami, jako je virtuální histologie nebo „ChromaFlo imaging“. Virtuální histologie umožňuje analyzovat složení plátu, a tak určit jeho potenciální nestabilitu. Nejde o novou zobrazovací techniku v pravém slova smyslu, ale o počítačové zpracování standardního signálu, kdy je každé tkáni přiřazeno na základě analýzy určité signálové spektrum. „ChromaFlo“ zobrazuje stěnu cévní standardně, ale zároveň označuje krevní elementy červenou barvou, a tak umožňuje snadnější detekci lumen tepny.

Mezi rutinně používané parametry hodnocené při vyšetření IVUS patří především „minimal lumen area“ (MLA), reprezentující nejmenší plochu lumen tepny, a „minimal lumen diameter“ (MLD), reprezentující minimální rozměr tepny. Mezi další parametry, které se používají, patří „external elastic membrane“ (EEM) – plocha ohraničená adventicií, tj. plocha celé tepny, „lumen area stenosis“ (LAS) – poměr MLA referenčního segmentu a MLA léze (vyjádřený v % se rovná $MLA_{ref} - MLA_{léze} / MLA_{ref} \times 100$), „plaque plus media“ (PM) – plocha medie a plátu (EEM-MLA) a eccentricity index (EI) – poměr minimální a maximální tloušťky plátu, kde $EI \geq 0,5$ znamená koncentrický plát.⁷

Mezi nejčastější technická omezení patří nesprávné odečtení linie lumen především tam, kde dochází ke vzniku artefaktů. Artefakty mají v typickém případě kruhový tvar ve vztahu k sondě. Jiným případem může být artefakt způsobený krevními elementy, které mohou také odrážet signál, a tak vést k šumu, který zhoršuje detekci lumen,

především pokud je jeho stěna tvořena měkkým plátem. Typicky to můžeme pozorovat tam, kde dochází ke zpomalení krevního proudu. Dalším limitem při hodnocení postižení tepny je možnost nadhodnocení lumen především u ostiálních lézí, a to tehdy, pokud rovina zobrazení není kolmá k ose lumen (místo kruhu pak hodnotíme elipsu). Může tak docházet k poměrně výraznému nadhodnocení lumen tepny. Řešením je volba vhodného katetru, který směřuje do ostia ve směru osy tepny.

Kvantifikace významnosti stenózy kmene levé věnčité tepny

Přesné zhodnocení závažnosti stenózy LMCA je velmi důležité v klinické praxi, protože patří mezi uznávané indikace k revaskularizaci myokardu, a to dokonce i v případě absence symptomů. Rutinně prováděné vyšetření SKG má podobně jako i v případě lokalizace jinde v koronárních tepnách „šedou zónu“ v hodnocení intermediárních stenóz (40–70 %). Problémem je absence referenčního průsvitu tepny u difuzního postižení nebo v případě krátkého kmene obecně jeho nepřítomnost. Navíc při SKG hodnotíme trojrozměrnou strukturu pomocí dvojrozměrného obrazu. Určení závažnosti stenózy LMCA je důležité proto, že je přes něj zásobováno v typických případech zhruba 75 % myokardu levé komory. Obecně lze říci, že hodnocení LMCA pomocí SKG podceňuje závažnost postižení.⁸ Naopak pokud se při SKG zdá, že je postižené ostium LMCA typicky pouze v projekcích s kraniálním sklonem, je vhodné provedení IVUS k verifikaci závažnosti stenózy, protože tato angiografická projekce často nadhodnocuje postižení LMCA.

Existují poměrně dobré důkazy toho, že IVUS parametry hodnocení LMCA mají vztah k prognóze pacientů s koronárním postižením.^{9,10} Proto byla patrná snaha o určení hranice, která by byla jednoznačně diskriminační z hlediska závažnosti stenózy LMCA ve spojení s prognózou pacienta. Ve studii provedené v Mayo Clinic v Rochesteru byli zařazeni pacienti, kteří byli rozděleni do čtyř skupin podle MLA LMCA ($MLA \geq 7,5 \text{ mm}^2$) a podle toho, zda podstoupili revaskularizaci. Nejhuře dopadla skupina pacientů s $MLA < 7,5 \text{ mm}^2$, u kterých nebyla provedena revaskularizace. Osud ostatních skupin pacientů byl přibližně stejný.¹¹ Nicméně i hodnoty IVUS mají své odpůrce především proto, že nezohledňují při stanovování absolutních hodnot velikost pacienta nebo dominanci jeho krevního zásobení a jejich hodnota je pouze přesnějším vyjádřením morfologie bez vztahu k hemodynamické závažnosti. Na tuto výtku částečně reaguje práce srovnávající hodnoty IVUS (MLA, MLD) s frakční průtokovou rezervou u pacientů s intermediární stenózou LMCA ve střednědobém sledování. Tato studie našla nejen dobrou korelaci mezi hodnotami IVUS a frakční průtokové rezervy, ale jako diskriminační určila hodnotu $MLA 5,9 \text{ mm}^2$ a $MLD 2,8 \text{ mm}$.¹² V současné době lze shrnout doporučení expertů k hodnocení závažnosti LMCA tak, že za významnou stenózu, která by měla být revaskularizována, se považuje $MLA < 6 \text{ mm}^2$, a že stenóza

s MLA > 7,5 mm² nemá být revaskularizována. Hodnoty v tomto rozmezí se považují za tzv. šedou zónu a výsledek IVUS zde nemá být hlavním rozhodovacím faktorem o revaskularizaci. Hodnoty MLA a MLD k určení závažnosti stenózy LMCA jsou uvedeny v tabulce 1.

Současně se změřením LMCA by mělo být provedeno i měření proximální části ramus interventricularis anterior (RIA) a ramus circumflexus (RCx), především jejich ostiálních úseků. Jako diskriminační hodnota pro závažnost postižení proximálního úseku těchto tepen se považuje hodnota MLA < 4 mm² a MLD < 2 mm.¹³

Intravaskulární ultrazvuk k určení techniky PCI

Výhodou použití IVUS při vyšetření LMCA je nejen přesné změřením lumen tepny, ale také lepší určení její morfologie a rozsahu jejího postižení. To je velmi důležité nejen pro rozhodnutí ohledně nutnosti revaskularizace, ale především pro výběr správné techniky jejího provedení. Anatomicky se LMCA dělí na tři části: ostium, tělo a distální části. Významné postižení ostia a těla LMCA je z hlediska techniky PCI poměrně jednoduchou záležitostí, která se řeší implantací jednoho stentu do postiženého úseku, bez nutnosti bifurkačních technik a s obecně dobrým dlouhodobým účinkem podobným chirurgické revaskularizaci.¹⁴ Bohužel, postižení v této lokalizaci je méně časté a většinou se setkáváme s postižením distální části LMCA. Postižení ostia LMCA nalézáme zhruba u 18 %, střední části asi u 5 %, zatímco postižení distálního úseku u 77 % náleží. Postižení ostia LMCA je častější u žen a bývá spojeno s větším MLA, větší negativní remodelací a je méně kalcifikováno než postižení distálního LMCA.¹⁵ U PCI distálního LMCA, který je vlastně bifurkační lézí, je proto nutné dobré zhodnocení ostia RIA a RCx k určení správného technického postupu. Problémem u PCI bifurkačních lézí je, že jsou technicky náročnější a mají vyšší riziko restenózy.¹¹

Léčba bifurkačních stenóz, a tedy i PCI distálního LMCA, patří v současné době k jednomu z nejvíce diskutovaných témat v intervenční kardiologii. Postupem doby byla do praxe zavedena řada klasifikačních schémat, z nichž nejčastěji používanější je dnes klasifikace podle Mediny.¹⁶ V souvislosti s vývojem technického vybavení a materiálu u PCI se také objevila řada technik k ošetření bifurkačních lézí, od jednoduché „single stent with provisional stenting“, spočívající v implantaci jednoho stentu do hlavní větve a ošetření druhé větve pouze tehdy, pokud je to nutné, po řadu komplexních

technik spočívajících v implantaci dvou stentů, jako např. „T-stenting“, „culotte“, „crush“ a „mini-crush“. Proběhla řada randomizovaných studií a několik metaanalýz srovnávajících jednotlivé techniky u bifurkačních stenóz se závěrem, že rutinní použití komplexních technik vede ke zvýšení periprocedurálního infarktu myokardu, trombózy, restenózy a prodloužení doby výkonu.^{17–19}

Tyto výsledky se částečně dají aplikovat i na PCI u distálního LMCA. Z toho vyplývá, že v případě postižení pouze kmene a jedné z jeho větví je optimální volbou „single stent“ technika. Je vhodná pro pacienty, u kterých při vyšetření IVUS není patrné postižení ostia jedné z větví LMCA, nebo je toto postižení mírné a MLA této tepny je > 4 mm². U ostatních pacientů musíme již od počátku zvažovat komplexní techniku s implantací dvou stentů se všemi z toho vyplývajícími důsledky. Další výhodou IVUS ve srovnání s SKG je možnost lépe měřit průsvit tepny, a tak zvolit optimální rozměr stentu při prováděné PCI.

Intravaskulární ultrazvuk k dosažení optimálního výsledku PCI

Z hlediska dlouhodobé prognózy je velmi důležitá dobrá apozice stentu na konci intervence. Mechanismem k dosažení dobré apozice stentu je zvětšení lumen stentu se současnou kompresí plátu, dále roztažení plátu spojené se zvětšením celé tepny a jeho částečnou embolizací. Větší pláty jsou před intervencí spojeny s vyšším výskytem restenózy. Angiografie není ideální metodou ke kontrole dobrého roztažení stentu a z různých studií vyplývá, že zhruba 40 % stentů po implantaci nominálním tlakem nespĺňuje IVUS kritéria dobré dilatace.²⁰ Tyto výsledky se částečně zlepšily v důsledku zavedení rutinní vysokotlaké dilatace stentů.²¹ Nicméně je třeba říci, že proběhla řada randomizovaných studií srovnávajících IVUS s angiograficky řízenou implantací stentů a že jejich výsledky nejsou natolik jednoznačné, aby to bylo podkladem pro rutinní užívání IVUS u běžných PCI.^{22,23} Z výsledků všech těchto studií přesto vyplývá, že největším prediktorem restenózy je dosažená plocha lumen. Tento poznatek byl potvrzen i pro PCI LMCA. Nedostatečné lumen stentu v LMCA po intervenci (MLA < 7 mm²) bylo spojeno s vyšším výskytem opakované revaskularizace.²⁴ Je pravda, že tato studie byla sice prováděna s nelékovými stenty, ale její výsledek se dá předpokládat i pro lékové stenty. Navíc, nedostatečná apozice stentů je jedním z faktorů, který způsobuje vznik pozdní trombózy u lékových stentů, a podle některých autorů je IVUS řízená implantace jednou z možností, jak jí předejít.²⁵

Je nutný intravaskulární ultrazvuk při každé PCI LMCA?

Otázka, zda je použití IVUS během PCI LMCA přínosné ve srovnání s angiograficky řízenou intervencí, je stále předmětem diskuse. Ve většině publikací zabývajících se touto tematikou se IVUS doporučuje především pro možnost optimálního naplánování PCI (zhodnocení postižení ostia

Tabulka 1 Hodnocení závažnosti stenózy kmene levé věnčité tepny pomocí IVUS

	MLA (mm ²)	MLD (mm)
Významná stenóza LMCA	< 6,0	≤ 2,8
„Šedá zóna“ dle IVUS	6,0–7,5	
Nezávažná stenóza LMCA	> 7,5	

IVUS – intravaskulární ultrazvuk, LMCA – kmen levé věnčité tepny, MLA – minimální plocha lumen tepny, MLD – minimální lumen tepny

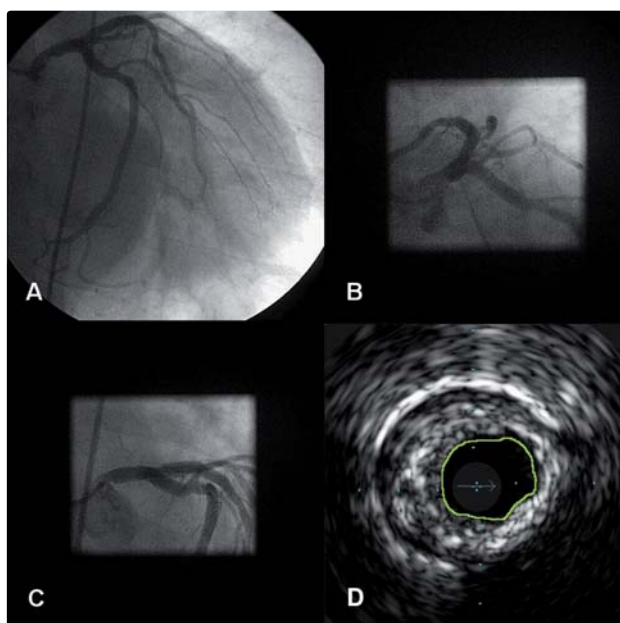
RIA a RCx, optimální volba průsvitu stentu) a také pro možnost kontroly výsledné apozice stentu. Randomizovaná studie srovnávající IVUS řízenou a angiograficky řízenou PCI LMCA není zatím k dispozici. V retrospektivní studii korejských autorů analyzujících data z jejich registru intervencí na nechráněném LMCA nevyplývá, že by IVUS řízená PCI LMCA měla nižší výskyt kombinovaného cílového ukazatele složeného z úmrtí, infarktu myokardu a nutnosti opakovaných revaskularizací. Při analýze podskupin však byla v případě IVUS řízené intervence s implantací lékových stentů zjištěna statisticky významná redukce mortality ve srovnání s angiograficky řízenou intervencí.²⁶ Tato analýza byla sice podrobena kritice, neboť účinek IVUS řízené PCI byl doložen pouze u mortality, a nikoli u dalších cílových ukazatelů, a navíc na hranici významnosti ($p = 0,046$), a šlo o nerandomizovaná data. Nicméně vzhledem k velké důležitosti správné apozice lékových stentů z hlediska rizika pozdní trombózy se hojně cituje. Navíc podle výše zmíněné práce Honga a spol. je nedostatečné lumen stentu po intervenci LMCA spojeno s vyšším výskytem opakované revaskularizace.²² Celkově však lze shrnout, že použití IVUS během PCI LMCA je metodou volby a její použití je vhodné především tam, kde při hodnocení pomocí angiografie zůstávají nějaké nejasnosti.

Příklady použití intravaskulárního ultrazvuku v praxi

Na našem pracovišti se rutinně provádějí PCI nechráněného LMCA v případě, že si pacient tuto metodu vybere nebo že existuje kontraindikace k chirurgické revaskularizaci. U řady těchto pacientů provádíme vyšetření IVUS ke stanovení optimální strategie léčby a ke kontrole výsledného obrazu.

Kasuistika 1. Šestasedmdesátiletý nemocný byl přijat do naší nemocnice pro symptomatickou těžkou aortální stenózu (gradient 70/40 mm Hg, plocha ústí 0,75 cm²). Byla provedena SKG s nálezem angiograficky intermediární stenózy LMCA, jinak bez významného postižení věnčitých tepen (obrázky 1A–1C). K verifikaci nálezu na LMCA byl proveden IVUS s nálezem významné stenózy (MLA 5,6 cm², obrázek 1D). Nemocný byl indikován k náhradě aortální chlopně se současnou chirurgickou revaskularizací.

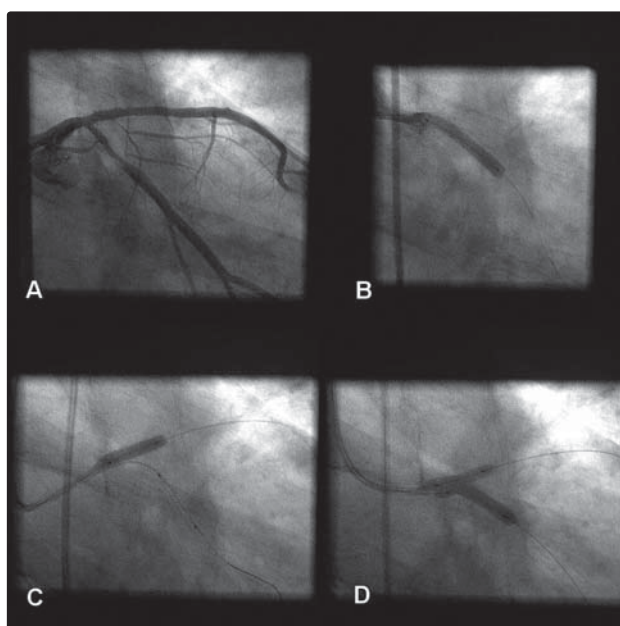
Kasuistika 2. Šestačtyřicetiletý kuřák byl přijat k vyšetření pro námahovou anginu pectoris II. stupně funkční klasifikace. Byla provedena SKG s nálezem difuzního postižení LMCA (angiograficky však bez významné stenózy) a významné stenózy proximálního úseku RCx (obrázek 2A). Bylo provedeno vyšetření IVUS, dle kterého byla zjištěna v distálním kmene významná stenóza (MLA 5,0 mm²) s přesahem plátu do proximální RIA (MLA 4,8 mm²) a současně potvrzeno významné postižení RCx již od ostia (obrázky 3B–3D). Na přání pacienta bylo rozhodnuto o PCI LMCA, vzhledem k IVUS nálezům za použití komplexní techniky („culotte“). Nejprve byl implantován stent Taxus 3,5/24 mm tlakem 8 atmosfér z LMCA do RCx, poté skrz tento stent implantován stent Taxus 3,5/16 mm tlakem 12 atmosfér



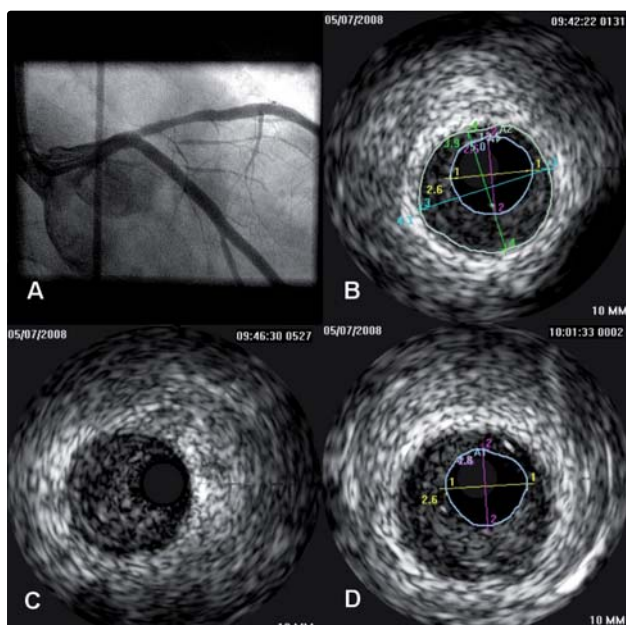
Obrázek 1 Kasuistika 1 – (A) koronarografie v předozadní projekci s kaudálním sklonem, (B) koronarografie v „spider“ projekci, (C) koronarografie v předozadní projekci, (D) intravaskulární ultrazvuk v místě kalcifikovaného plátu

do RIA s finálním provedením „kissing“ balonky 3,5/20 mm do RCx a 3,5/15 mm do RIA tlakem 14 a 12 atmosfér (obrázky 2B–2D). Výsledný obraz byl příznivý (obrázek 3A), včetně dalších angiografických kontrol. Pacient je nyní bez potíží.

Kasuistika 3. Pětapadesátiletá kuřačka s chronickou obstrukční plicní nemocí byla přijata k vyšetření pro námahovou anginu pectoris a dušnost III. stupně funkční klasifikace. Byla provedena SKG s nálezem významné

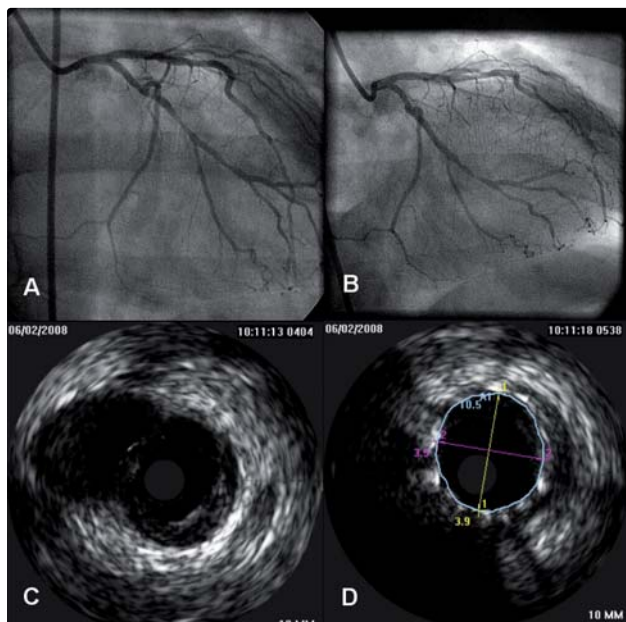


Obrázek 2 Kasuistika 2 – (A) koronarografie v pravé šikmé projekci s kaudálním sklonem před výkonem, (B) implantace stentu Taxus 3,5/24 mm z kmene do RCx, (C) implantace stentu Taxus 3,5/16 mm z kmene do RIA, (D) „kissing“ balonky z kmene do RIA a RCx



Obrázek 3 Kasuistika 2 – (A) finální výsledek v pravé šikmé projekci s kaudálním sklonem, (B) intravaskulární ultrazvuk v oblasti distálního kmene, (C) intravaskulární ultrazvuk zobrazující téměř obliteraci lumen RCx kolem sondy objemným plátem, (D) intravaskulární ultrazvuk proximální části RIA

ostiální stenózy LMCA (při katetrizaci došlo k poklesu tlaku a vzniku stenokardií) a významné 80% stenózy středního úseku RCx (obrázek 4A). Vzhledem k plicnímu onemocnění bylo rozhodnuto o PCI. Bylo provedeno vyšetření IVUS, které potvrdilo významnou stenózu ostia LMCA (MLA 4,9 mm²) s přesahem plátu do RIA. Ostium RCx bylo bez



Obrázek 4 Kasuistika 3 – (A) koronarografie v pravé šikmé projekci před výkonem, (B) koronarografie v pravé šikmé projekci s kaudálním sklonem po výkonu, (C) intravaskulární ultrazvuk zobrazující jen minimální postižení ostia RCx, (D) intravaskulární ultrazvuk prokazující dobrou apozici stentu po implantaci do kmene levé věnčité tepny

významného postižení (obrázek 4C). Proto bylo rozhodnuto o „single stent“ technice. Nejprve byla ošetřena stenóza ve středním úseku RCx implantací stentu Taxus 3,5/28 mm tlakem 15 atmosfér s postdilatací balonkem na 20 atmosfér. Následně byl implantován stent Taxus 4,0/12 mm tlakem 14 atmosfér do LMCA s přesahem do RIA (obrázek 4B). Kontrolní IVUS prokázal dobrou apozici stentu v LMCA a příznivý nález v odstupu RCx (obrázek 4D). Při dalším sledování byla pacientka bez potíží.

Závěr

Použití intravaskulárního ultrazvuku u PCI LMCA má své nezastupitelné místo především při potřebě přesně kvantifikovat závažnost postižení, ale také při stanovení optimální techniky výkonu a zhodnocení výsledku intervence. Lze předpokládat, že optimalizace strategie a výsledku u PCI pomocí IVUS může vést ke snížení komplikací výkonu. Provádění vyšetření pomocí IVUS není nutným předpokladem úspěšné PCI LMCA, na druhé straně každý lékař provádějící intervenci by měl znát možnosti IVUS a být připraven k jeho použití v indikovaných případech. Navíc se u katetrizačních intervencí LMCA stále ještě hledá jejich místo v léčbě ischemické choroby srdce, a tak je jistě namísto snaha o co možná největší optimalizaci výkonu.

Literatura

- Aschermann M, Fergusson JJ. Současné možnosti využití intravaskulárního ultrazvukového vyšetření. Čas Lék Česk 1992;131:516–520.
- Veselka J, Tesař D, Eisner T, Honěk T. Intravaskulárním ultrazvukem řízená přímá implantace stentu při léčbě významné stenózy kmene levé věnčité tepny. Vnitř Lék 2002;48:675–677.
- Fox K, Garcia MA, Ardissino D, et al. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary: The Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology. Eur Heart J 2006;27:1341–1381.
- Kushner FG, Hand M, Smith SC Jr, et al. 2009 focused updates: ACC/AHA guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction (updating the 2004 guideline and 2007 focused update) and ACC/AHA/SCAI guidelines on percutaneous coronary intervention (updating the 2005 guideline and 2007 focused update). Circulation 2009;120:2271–2306.
- Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. N Engl J Med 2009;396:961–972.
- Capodanno D, Di Salvo ME, Cincotta G, et al. Usefulness of the SYNTAX score for predicting clinical outcome after percutaneous coronary intervention of unprotected left main coronary artery disease. Circ Cardiovasc Interv 2009;2:302–308.
- Kovárník T, Horák J, Aschermann M. Využití intravaskulárního ultrazvuku v katetrizační laboratoři. Interv Akut Kardiol 2005;4:24–32.
- Motreff P, Rioufol G, Gilard M, et al. Diffuse atherosclerotic left main coronary artery disease unmasked by fractal geometric law applied to quantitative coronary angiography: an angiographic and intravascular ultrasound study. EuroIntervention 2010;5:709–715.
- Abizaid AS, Mintz GS, Abizaid A, et al. One-year follow-up after intravascular ultrasound assessment of moderate left main coronary artery disease in patients with ambiguous angiograms. J Am Coll Cardiol 1999;34:707–715.
- Ricciardi M, Meyers S, Choi K, et al. Angiographically silent left main disease detected by intravascular ultrasound: a marker for future adverse cardiac events. Am Heart J 2003;146:507–512.
- Falsa AA, Wagatsuma K, Hitano ST, et al. Intravascular ultrasound-guided treatment for angiographically indeterminate left main coronary artery disease: a long-term follow-up study. J Am Coll Cardiol 2005;45:204–211.

12. Jasti V, Ivan E, Yalamanchili V, et al. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation* 2004;110:2831–2836.
13. Abizaid A, Mintz GS, Mehran R, et al. Long term follow-up after percutaneous transluminal coronary angioplasty was not performed based on intravascular ultrasound findings. *Circulation* 1999;100:256–261.
14. Chieffo A, Park SJ, Valgimigli M, et al. Favorable long-term outcome after drug-eluting stent implantation in nonbifurcation lesions that involve unprotected left main coronary artery: a multicenter registry. *Circulation* 2007;116:158–162.
15. Maehara A, Mintz GS, Castagna MT, et al. Intravascular ultrasound assessment of the stenoses location and morphology in the left main coronary artery in relation to anatomic left main length. *Am J Cardiol* 2001;88:1–4.
16. Medina A, Suárez de Lezo J, Pan M. A new classification of coronary bifurcation lesions. *Rev Esp Cardiol* 2006;59:183.
17. Steigen TK, Maeng M, Wiseth R, et al. Randomized study on simple versus complex stenting of coronary artery bifurcation lesions: the Nordic bifurcation study. *Circulation* 2006;114:1955–1961.
18. Colombo A, Bramucci E, Saccà S, et al. Randomized study of the crush technique versus provisional side-branch stenting in true coronary bifurcations: the CACTUS (Coronary Bifurcations: Application of the Crushing Technique Using Sirolimus-Eluting Stents) Study. *Circulation* 2009;119:71–78.
19. Katritsis DG, Siontis GC, Ioannidis JP. Double versus single stenting for coronary bifurcation lesions: a meta-analysis. *Circ Cardiovasc Interv* 2009;2:409–415.
20. Schiele F, Meneveau N, Vuilleminot A, et al. Impact of intravascular ultrasound guidance in stent deployment on 6-month restenosis rate: a multicenter, randomized study comparing two strategies—with and without intravascular ultrasound guidance. RESIST Study Group. REStenosis after Ivus guided STenting. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:320–328.
21. Bermejo J, Botas J, García E, et al. Mechanisms of residual lumen stenosis after high-pressure stent implantation: a quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound study. *Circulation* 1998;98:112–118.
22. Mudra H, di Mario C, de Jaegere P, et al. Randomized comparison of coronary stent implantation under ultrasound or angiographic guidance to reduce stent restenosis (OPTICUS Study). *Circulation* 2001;104:1343–1349.
23. Fitzgerald PJ, Oshima A, Hayase M, et al. Final results of the Can Routine Ultrasound Influence Stent Expansion (CRUISE) study. *Circulation* 2000;102:523–530.
24. Hong MK, Mintz GS, Hong MK, et al. Intravascular ultrasound predictors of target lesion revascularization after stenting of protected left main coronary artery stenoses. *Am J Cardiol* 1999;83:175–179.
25. Roy P, Steinberg DH, Sushinsky SJ, et al. The potential clinical utility of intravascular ultrasound guidance in patients undergoing percutaneous coronary intervention with drug-eluting stents. *Eur Heart J* 2008;29:1851–1857.
26. Park SJ, Kim YH, Park DW, et al. Impact of intravascular ultrasound guidance on long-term mortality in stenting for unprotected left main coronary artery stenosis. *Circ Cardiovasc Interv* 2009;2:167–177.

Došlo do redakce 3. 5. 2010

Přijato 1. 6. 2010