

ZOBRAZENÍ AORTOKORONÁRNÍCH BYPASSŮ POMOCÍ MULTIDETEKTOROVÉ CT-ANGIOGRAFIE: RETROSPEKTIVNÍ ANALÝZA 250 VYŠETŘENÍ

IMAGING OF CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTS WITH MULTIDETECTOR-ROW CT-ANGIOGRAPHY: RETROSPECTIVE STUDY OF 250 EXAMINATIONS

původní práce

Jan Baxa¹
Jiří Ferda¹
Jan Pešek²
Kristýna Ohlídálová¹
Hynek Mírka¹
Boris Kreuzberg¹
Richard Rokyta²
Tomáš Hájek³

¹Radiodiagnostická klinika LF UK a FN, Plzeň

²I. interní klinika LF UK a FN, Plzeň

³Kardiologické oddělení LF UK a FN, Plzeň

Přijato: 16. 11. 2006

Korespondenční adresa:

MUDr. Jan Baxa
Radiodiagnostická klinika LF UK a FN
Alej Svobody 80, 306 40 Plzeň
e-mail: baxaj@fnplzen.cz

Práce byla podpořena výzkumným projektem MSM 0021620819. Předneseno jako vědecké sdělení na XXXIV. českém radiologickém kongresu v Českém Krumlově.

SOUHRN

Baxa J, Ferda J, Pešek J, Ohlídálová K, Mírka H, Rokyta R, Hájek T. Zobrazení aortokoronárních bypassů pomocí multidetektorové CT-angiografie: retrospektivní analýza 250 vyšetření

Cíl. Cílem retrospektivní studie bylo zhodnotit možnosti CT vyšetření srdce s EKG synchronizací u pacientů po chirurgické revaskularizaci myokardu a srovnat výsledky 16 (16DCT) a 64řadého (64DCT) přístroje.

Metoda. Vyšetřili jsme 774 bypassů u 250 pacientů (152 pacientů na 16DCT, 98 pacientů na 64DCT). U 181 průchodných bypassů jsme mohli srovnat výsledky MDCT a selektivní angiografie (SKG).

Výsledky. Bylo nalezeno 583 průchodných a 191 uzavřených bypassů, u 57 byla popsána hemodynamicky významná stenóza. U 191 průchodných bypassů, které byly zobrazeny oběma metodami (MDCT a SKG), jsme mohli srovnat jejich výsledky. Senzitivita a specifita u 64DCT (90,4% a 98,1%) byla vyšší než u 16DCT (84,6% a 95,8%).

Závěr. MDCT je metodou volby pro zobrazení aortokoronárních bypassů. 64DCT vykazuje vyšší senzitivitu i specifitu než 16DCT.

Klíčová slova: aortokoronární bypass, CABG, CT srdce, EKG synchronizace, MDCT angiografie.

SUMMARY

Baxa J, Ferda J, Pešek J, Ohlídálová K, Mírka H, Rokyta R, Hájek T. Imaging of coronary artery bypass grafts with multidetector-row CT-angiography: retrospective study of 250 examinations

Aim. The aim of this retrospective study was to evaluate capabilities of cardiac CT in patients with CABG (coronary artery bypass graft) and compare the accuracy of 16- (16DCT) and 64- (64DCT) detector-row CT in detecting significant stenosis of CABG.

Method. A total of 250 patients with 774 bypasses underwent CT-angiography with ECG synchronization (152 patients on 16DCT, 98 patients on 64DCT). We evaluated patency and presence of significant stenosis (> 50%) and subsequently compared results of CT and invasive coronary angiography (ICA).

Results. Altogether 583 bypasses were patent and 191 were occluded, 57 bypasses showed a stenosis greater than 50%. In 181 patent CABG assessed by both methods (MDCT and ICA), the results were compared. Sensitivity and specificity of 64DCT (90,4% and 98,1%) was higher than of 16DCT (84,6% and 95,8%).

Conclusion. CT-angiography is feasible method for examination patients with CABG. 64DCT shows higher accuracy than 16DCT in detection of significant stenosis.

Key words: coronary artery bypass graft – CABG, CT-angiography, cardiac CT, ECG synchronization.

ÚVOD

V období stupňující se tendence k neinvazivní diagnostice umožňuje technický vývoj stále kvalitnější a detailnější zobrazení nejen nativního koronárního řečiště, ale zároveň také aortokoronárních bypassů (CABG – coronary artery bypass graft). Cílem práce je zhodnotit dosavadní zkušenosti s CT vyšetřením srdce u pacientů po chirurgické revaskularizaci myokardu a porovnat výsledky 16- (16DCT) a 64řadého (64DCT) CT přístroje při zobrazení signifikantní stenózy bypassu.

MATERIÁL A METODA

Soubor pacientů

Retrospektivně jsme hodnotili 250 CT vyšetření srdce u pacientů s CABG, kteří byli vyšetřeni od března 2003 do května 2006. Jednalo se o 197 mužů a 53 žen s průměrným věkem 56,1 roku (rozmezí 39–83 let); 117 pacientů (46,8 %) bylo indikováno z kardiologie, 34 (13,6 %) jako kontrola časné průchodnosti ještě za hospitalizace po operaci, 83 pacientů (33,2 %) bylo vyšetřeno ambulantně jako kontrola střednědobé průchodnosti, 133 pacientů (53,2 %) bylo k vyšetření indikováno kardiologem z důvodu diagnostiky recidivy koronárních obtíží.

Akviziční parametry

Vyšetření byla prováděna s EKG synchronizací (retrospektivní EKG gating) bez cílené premedikace beta-blokátory před vyšetřením. Většina pacientů chronicky užívala beta-blokátory v rámci terapie základního onemocnění, 152 pacientů bylo vyšetřeno na 16řadém výpočetním tomografu Somatom Sensation 16 (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Německo) za použití následujících parametrů – nominální kolimace 0,75 mm, počet datových stop na jednu otáčku 16, perioda rotace gantry 420 ms, faktor stoupání 0,4. 120 ml jodové k.l. s koncentrací 400 mgI/ml (Iomeron 400, Bracco, Milano, Itálie) bylo přetlakovým injektorem aplikováno průtokem 5 ml/s bez proplachu fyziologickým roztokem. Devadesát osm pacientů bylo vyšetřeno na 64řadém přístroji Somatom Sensation 64 (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Německo) a bylo použito následujících parametrů – nominální kolimace 0,6 mm, počet datových stop na jednu otáčku 64, perioda rotace gantry 330 ms, faktor stoupání 0,2. 100 ml jodové k.l. s koncentrací 400 mgI/ml (Iomeron 400, Bracco, Milano, Itálie) bylo aplikováno průtokem 5 ml/s s proplachem 50 ml fyziologického roztoku. Vyšetření byla plánována v dostatečném rozsahu od dolního okraje srdce až do nadklíčkové oblasti, aby byly zachyceny i odstupy fixovaných arteriálních bypassů. Směr skenování jsme zvolili kaudokraniální, akvizice dat byla automaticky spouštěna při vzestupu denzity o 60 HU v distální hrudní aortě.

Postprocessing a hodnocení

Získaná hrubá data byla standardně rekonstruována v diastolické fázi (45% a 55% fáze R-R intervalu srdečního cyklu), kdy dochází k maximální náplni koronárních tepen případ-

ně i bypassů kontrastní látkou. Tyto dvě sady axiálních obrazů většinou postačovaly pro kvalitní rekonstrukci bypassů i koronárních tepen. U bypassů však může být pulzová vlna posunuta a je nutno je hodnotit v jiné fázi R-R intervalu (1, 2). Hodnocení bylo prováděno v základní axiální (transverzální) rovině, dále v šikmých a zakřivených MPR (multiplanárních) či MIP (maximum intensity projection) projekcích cílených na jednotlivé bypassy a koronární tepny. Nedílnou součástí hodnocení jsou VRT (volume rendering technique) rekonstrukce, které umožní komplexní zobrazení bypassů i koronárních tepen v celém průběhu, ten může být u bypassů variabilní a komplikovaný.

VÝSLEDKY

Dvě stě padesát hodnocených pacientů (152 na 16DCT, 98 na 64DCT) mělo celkový počet 774 aortokoronárních revaskularizací (2,9 na pacienta); 583 bypassů bylo průchodných, 191 bypassů bylo hodnoceno jako uzavřený, na 57 bypasses byla nalezena hemodynamicky významná stenóza (> 50%).

Celkem 107 pacientů podstoupilo v krátkém časovém období (v průměru 11,6 dne) před či po CT vyšetření také selektivní angiografii koronárních tepen a bypassů (SKG). U těchto pacientů bylo celkem 181 průchodných bypassů zobrazeno oběma metodami (84 na 16DCT, 97 na 64DCT). Při hodnocení stenóz aortokoronárních bypassů bylo na 16DCT dosaženo senzitivity 84,6 %, specifity 95,8 %, pozitivní prediktivní hodnoty (PPV) 78,6 % a negativní prediktivní hodnoty (NPV) 97,1 %, při vyšetření na 64DCT byla senzitivita 90,4 %, specifita 98,1 %, PPV 94,7 %, NPV 96,4 %. Padesát bypassů hodnocených na MDCT jako průchodné či uzavřené nebylo při SKG nalezeno a 53 jich nebylo při SKG cíleně sondováno nejčastěji pro jednoznačný nález na MDCT.

U 25 pacientů přijatých na kardiologii pro recidivu potíží, kteří měli při MDCT zcela negativní nález na všech bypasses, byla v 15 případech (60 %) identifikována příčina potíží novým nálezem na věncitých tepnách, v 12 případech byl nález potvrzen při SKG a ve 3 případech byl nález na MDCT nadhodnocen, funkčně významný nález nebyl při SKG přítomen.

DISKUZE

Onemocnění koronárních tepen jako nejčastější příčinu onemocnění a úmrtí v České republice lze dle závažnosti řešit několika různými způsoby. Od konzervativní farmakologické terapie, přes intervenční perkutánní transluminární angioplastiku (PTA) s eventuální implantací stentu (PCI) až

Tab. 1. Porovnání výsledků 16DCT a 64DCT

Tab. 1. Comparison of the results of 16DCT and 64DCT

	16DCT	64DCT
správně pozitivní	11	18
správně negativní	68	76
falešně pozitivní	3	1
falešně negativní	2	2



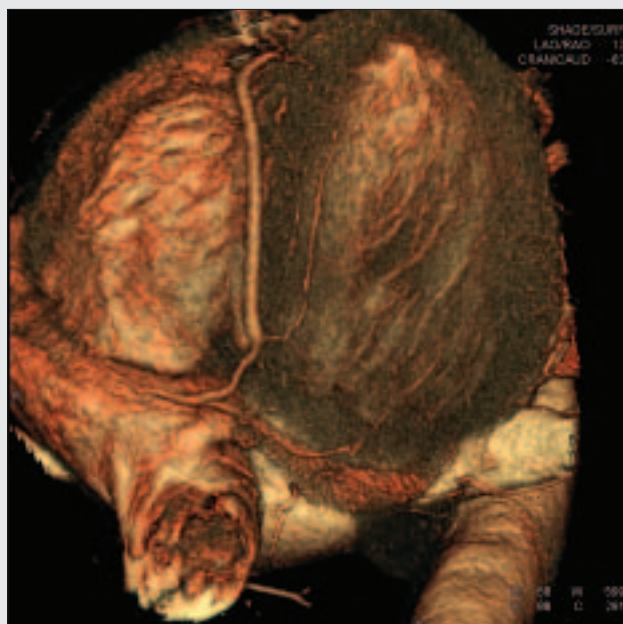
▲ Obr. 1 A



▲ Obr. 1 B



▲ Obr. 1 C



▲ Obr. 1 D

Obr. 1. Muž, stáří 53 let po trojnásobném bypassu, vyšetřován pro recidivující bolesti na hrudi, při SKG zobrazen jen arteriální bypass LIMA na RIA. Při CT vyšetření objeven Y-bypass odstupující laterálně z oblouku aorty našitý na RIVP a RMS.

A–D – VRT rekonstrukce

Fig. 1. Male, 53 y. o., after triple bypass surgery; examination performed due to recurrence of chest pain: only arterial bypass from left internal mammary artery to left anterior descending artery (LIMA-LAD) was found during coronary angiography (CA). The Y-shaped bypass to the marginal branch of the circumflex and to the posterior interventricular branch was showed on CTA.

A–D – volume-rendered images (VRT)

po chirurgické řešení u pokročilých a jinak neřešitelných nálezu na koronárních tepnách (3).

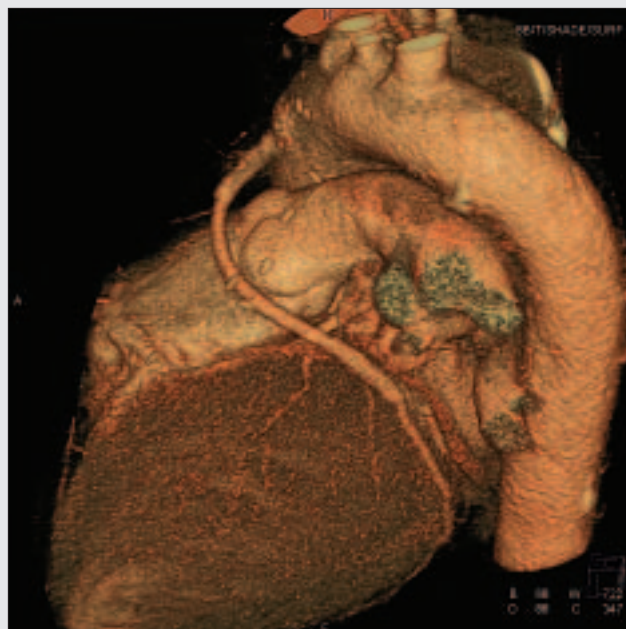
Stenotické úseky koronárních tepen a jejich větví mohou být přemostěny buď pomocí fixovaných arteriálních štěpů (a. mammaria interna – LIMA, eventuálně a. mammaria dextra – RIMA, a. gastroepiploica – GEA), volných arteriálních (a. radialis – RA), nebo venózních štěpů nejčastěji za použití povrchových žil dolních končetin pacienta. Jednotlivý štěp lze postupně „našít“ postupně na několik tepen – tzv. sekvenční bypass. Počet bypassů

se tedy u jednoho pacienta uvádí souhrnně jako celkový počet revaskularizovaných tepen (při použití sekvenčního bypassu je tedy vyšší než počet použitých štěpů) (4).

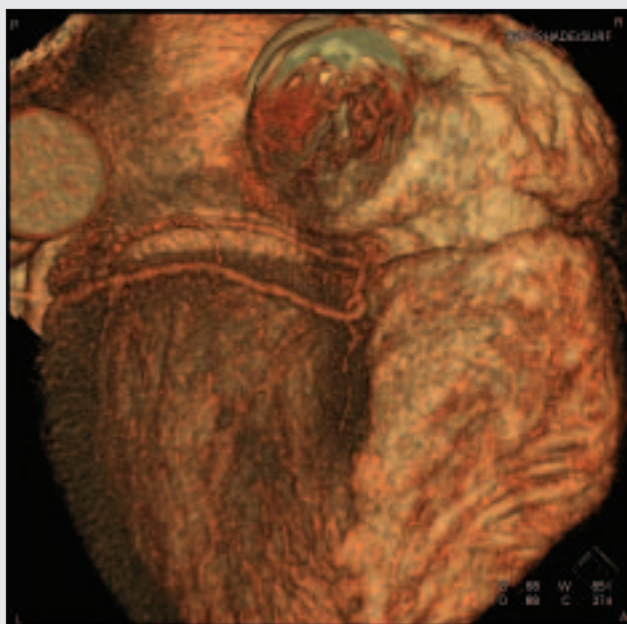
Předcházející studie ukazují, že až 5 % arteriálních a 20 % venózních bypassů se uzavírá do 1 roku od operace, do 10 let se uzavírá 15 % arteriálních a 40–50 % venózních bypassů (5, 6). Navíc dochází také k postupné progresi poškození nativních koronárních tepen distálně od místa našití bypassu. V současnosti je selektivní koronarografie (SKG) stále zla-



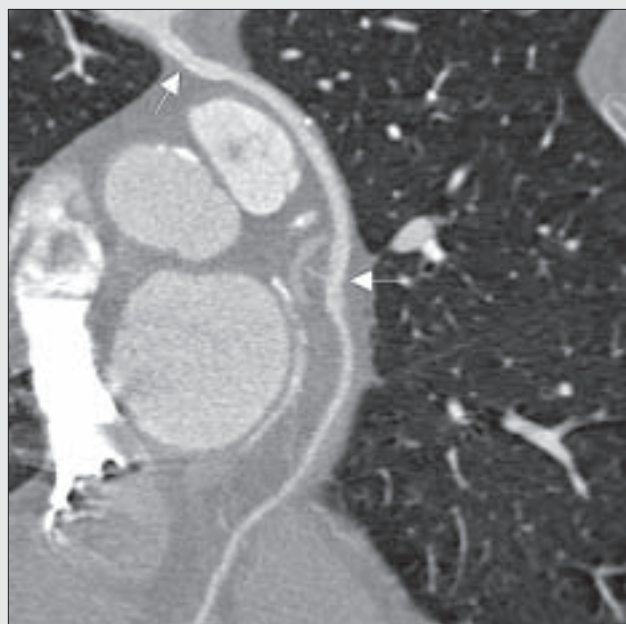
▲ Obr. 2 A



▲ Obr. 2 B



▲ Obr. 2 C



▲ Obr. 2 D

Obr. 2. Žena, stáří 64 let po opakovaných intervencích na sekvenčním bypassu se třemi anastomózami, při kontrole v místech implantací stentů (šipky) bez známek restenózy. Ostatní tři bypassy uzavřeny.
A–C – VRT; D – CPR

Fig. 2. Female, 64 y. o., after multiple endovascular interventions on venous bypass with three sequential anastomoses, no restenosis found during CTA in the implanted stents (arrows). Three other bypasses are occluded.

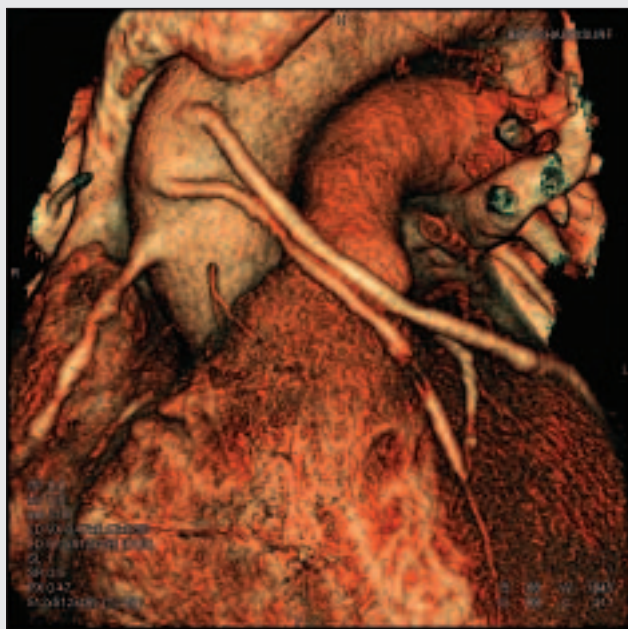
A–C – VRT; D – curved planar reformat (CPR)

tým standardem při kontrole průchodnosti bypassů u pacientů s akutní recidivou kardiálních obtíží, pro pacienta to však znamená invazivní výkon s časnou mortalitou cca 0,1% a rizikem komplikací po kanylaci tepny. Vyšetření se provádí za hospitalizace (minimálně jednodenní v případě pouze diagnostického výkonu bez provedení PTA).

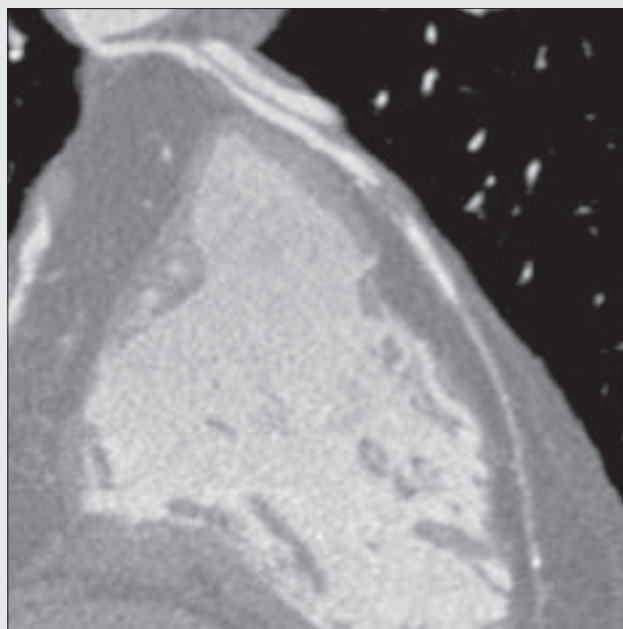
V současnosti se stále častěji jako alternativa při vyšetření srdečních bypassů uplatňuje neinvazivní MDCT-angiografie. Senzitivita i specifita 16DCT při hodnocení průchodnosti bypassu je téměř 100%, hodnocení stenóz je vzhledem k jejich malým průměrům obtížnější. Senzitivita 16DCT při

hodnocení stenózy bypassu v různých studiích pohybuje od 88 do 100 %, specifita 82–100 % (7–12). Reprezentativní studie hodnotící výsledky 64DCT zatím nejsou k dispozici, první zkušenosti však naznačují, že jejich výsledky budou lepší než u 16DCT (13, 14).

Nižší senzitivita a specifita našich vyšetření byla částečně způsobena tím, že jsme neprováděli cílenou jednorázovou premedikaci pacientů beta-blokátory a z hodnocení jsme nevyřadili vyšetření zatížené artefakty, nejčastěji při poruchách rytmu. Z našich výsledků dále vyplývá vyšší senzitivita i specifita u 64DCT způsobená zejména lepším rozlišením



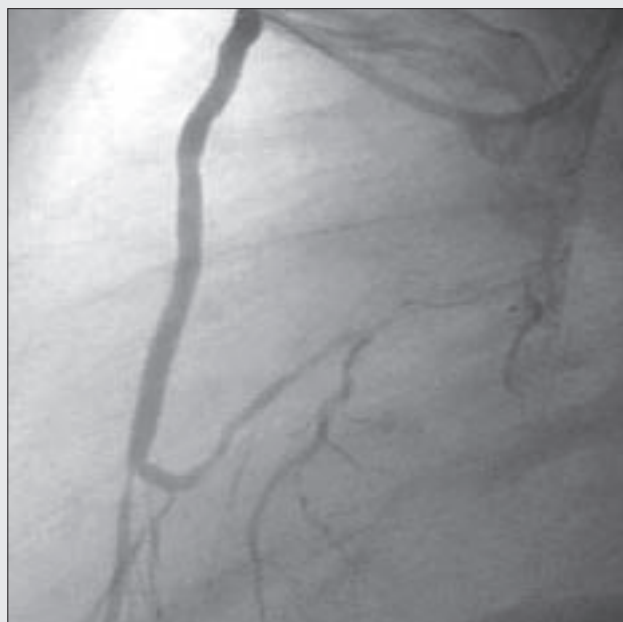
▲ Obr. 3 A



▲ Obr. 3 B



▲ Obr. 3 C



▲ Obr. 3 D

Obr. 3. Muž, stáří 66 let s projevy nestabilní anginy pectoris, nalezena středně významná stenóza v proximální třetině venózního bypassu na RIA a vlasovitá stenóza v jeho distální třetině, následující den provedena implantace stentů do obou stenóz

A – VRT; B – CPR; C – SKG před implantací stentů; D – SKG po implantaci stentů

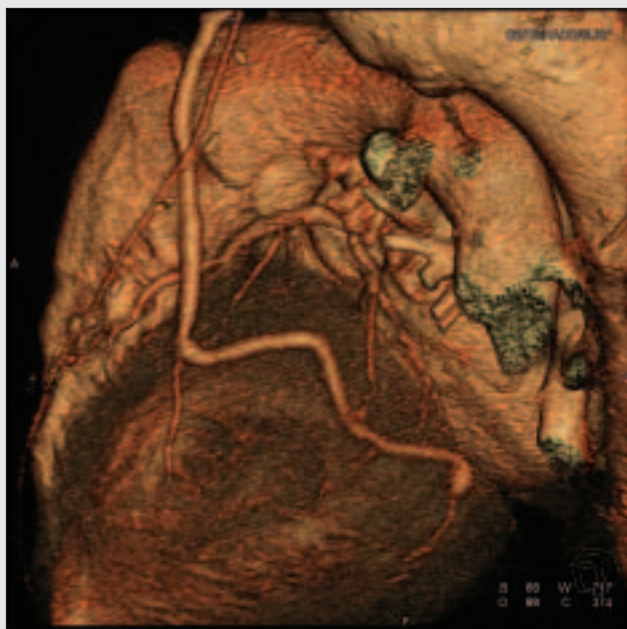
Fig. 3. Male, 66 y. o., suffering from unstable angina; mild stenosis in the proximal third and tight stenosis in the distal third of the venous bypass to LAD, the implantation of stents was performed next day.

A – VRT; B – CPR; C – CA before stent implantation; D – CA after stent implantation

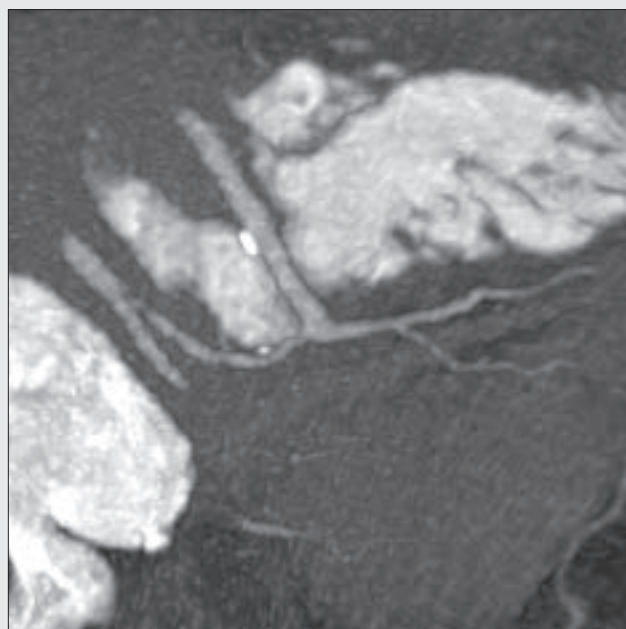
v ose Z. Také zkrácení akvizice částečně eliminuje vliv pohybových artefaktů. Nadále největším problémem je hodnocení distálních anastomóz, zejména arteriálních bypassů, které jsou často špatně přehledné a zatíženy pohybovými artefakty či artefakty z kovových klipů (12).

Nespornou výhodou MDCT je, že v jedné době lze vyšetřit nejen všechny bypassy, ale také vlastní koronární řečiště, naproti tomu při SKG je nutno jednotlivé bypassy a koronární tepny selektivně kanylovat, což je časově a technicky náročné a zvyšuje se tím zátěž pacienta zářením i kontrastní látkou. U extraanatomicky šitých bypassů je obtížná i jejich

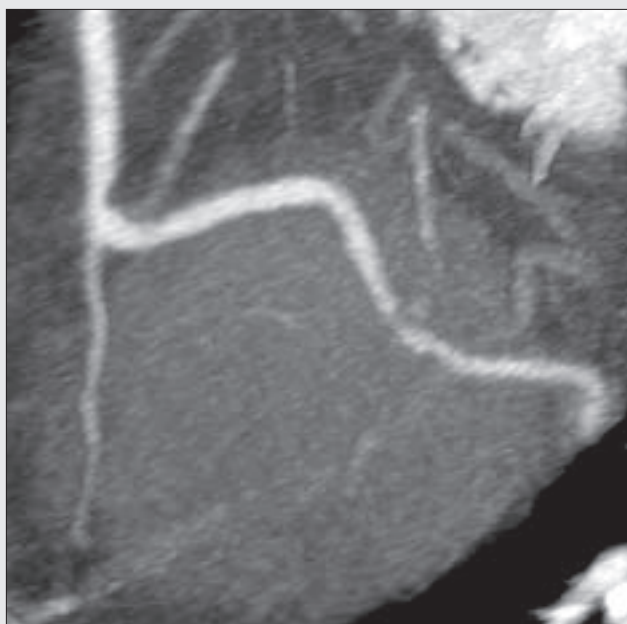
lokalizace, zejména při atypických umístěních proximálních anastomóz a neznalosti operačního protokolu. Přístup k arteriálním bypassům (LIMA, RIMA, GEA) mohou znemožnit nevhodné anatomické poměry v oblasti jejich odstupů. Pokud se MDCT provádí před SKG, invazivní kardiolog se může lépe orientovat a cíleně řešit postižené úseky, jednoznačně uzavřené či naopak volné bypassy pak není třeba selektivně zobrazovat. V případě inkompletního invazivního vyšetření, při kterém nebyly všechny bypassy nalezeny, nebo přesvědčivě zobrazeny jako uzavřené, MDCT umožní konečné potvrzení průchodnosti bypassu (4, 11, 15).



▲ Obr. 4 A



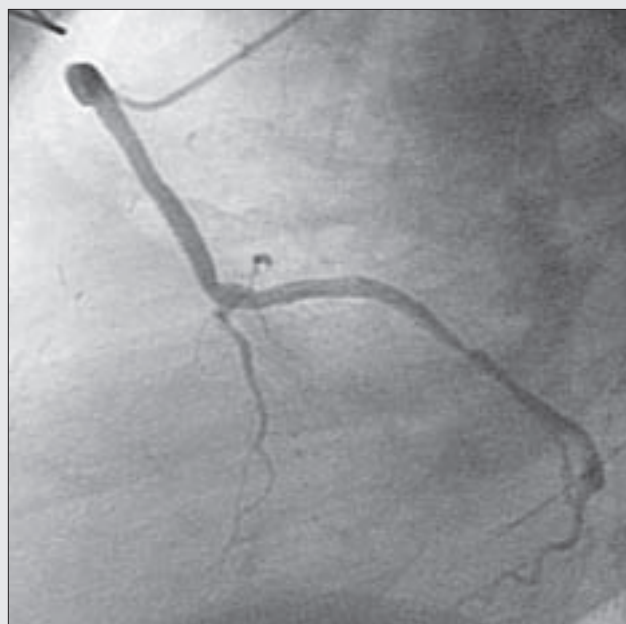
▲ Obr. 4 B



▲ Obr. 4 C

Obr. 4. Muž, stáří 75 let, recidiva bolestí na hrudi, prokázána stenóza v oblasti prostřední anastomózy sekvenčního venózního bypassu na RMS, provedena PTA

A – VRT; B – tenká MIP vrstva proximální a střední anastomózy bypassu; C – tenká MIP vrstva distální anastomózy bypassu; D – SKG



▲ Obr. 4 D

Fig. 4. Male, 75 y. o., suffering from recurrent chest pain; stenosis in the central anastomosis of the sequential venous bypass to RMS, PTA performed.

A – VRT; B – thin MIP image showing the proximal and central anastomosis of the bypass; C – thin MIP slab showing the proximal and central anastomosis of the bypass; D – CA

Jako neinvazivní a rychlé vyšetření lze MDCT provést u pacientů rizikových či nevhodných pro invazivní vyšetření. Jedná se např. o pacienty s hemokoagulačními poruchami, pacienty s omezeným přístupem pro katetrizaci v tříslech (po periferních bypasech pánevních a stehenních tepen) nebo pacienty, kteří nevydrží delší dobu vleže nejčastěji z důvodu bolestí, dušnosti atd.

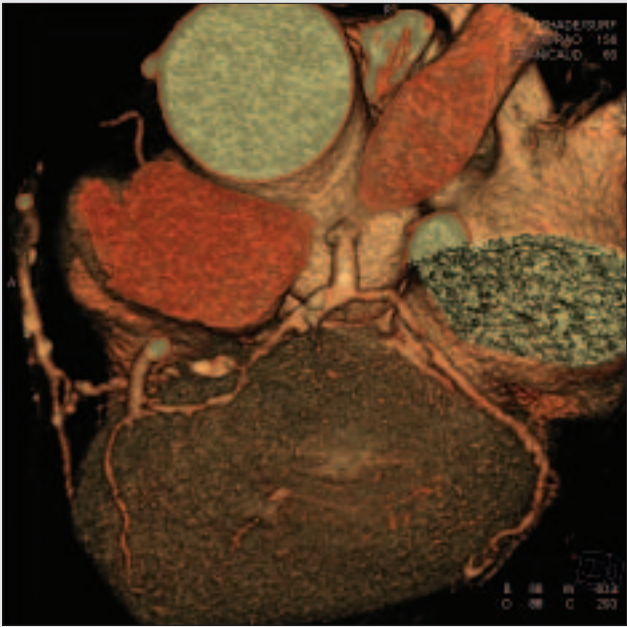
Možnost ambulantního provedení vyšetření, jehož celková doba i s přípravou se pohybuje kolem 10 minut, je jednoznačnou předností MDCT.

ZÁVĚR

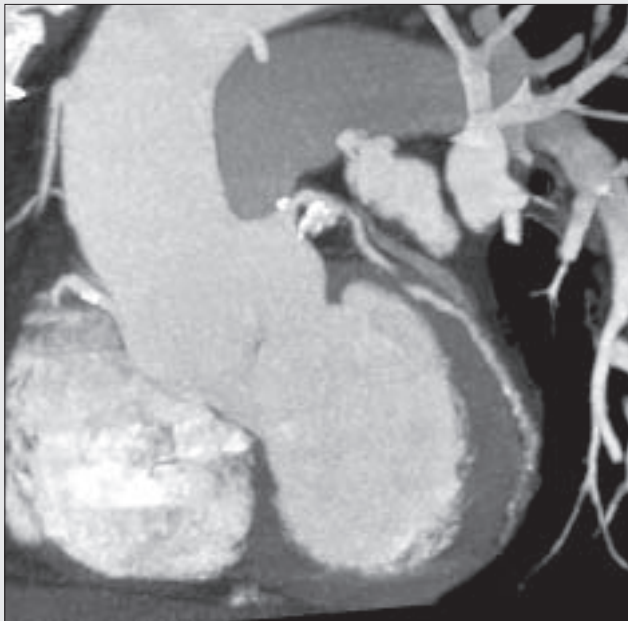
Práce potvrzuje dobré zkušenosti s MDCT angiografií jako alternativní metodou zobrazení aortokoronárních bypassů. Vhodnými indikacemi metody jsou nespecifické potíže i nemocní symptomatictí (16). V případě recidivy koronárního syndromu je možné její provedení před eventuálním intervenčním zákrokem. 64DCT vykázala vyšší hodnoty senzitivity a specifity v porovnání s 16DCT.



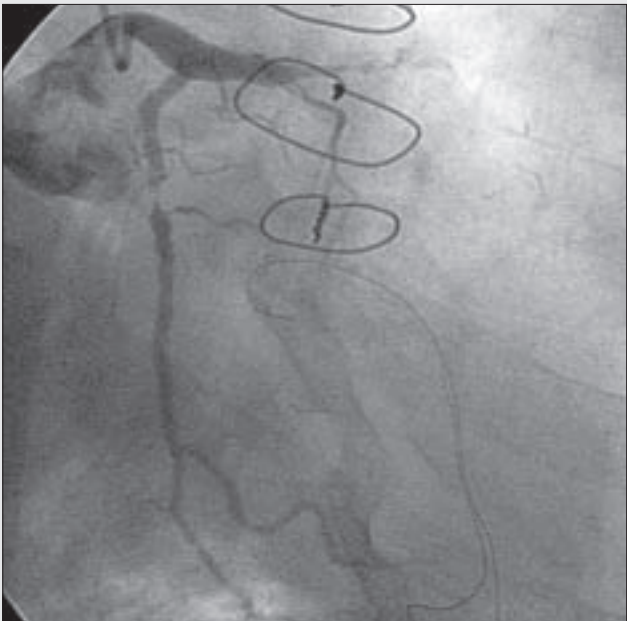
▲ Obr. 5 A



▲ Obr. 5 B



▲ Obr. 5 C



▲ Obr. 5 D

Obr. 5. Muž, stáří 78 let, recidiva bolestí na hrudi, bypassy volné, objevena významná stenóza na ramus circumflexus, provedena PTA
A–B VRT; C – tenká MIP vrstva zobrazující zúžený ramus circumflexus, D – SKG

Fig. 5. Male, 75 y. o., suffering from recurrent chest pain; all bypasses without any stenosis, serious stenosis found in the middle of circumflex artery, PTA performed.
A–B – VRT; C – thin MIP image of the circumflex artery with stenosis; D – CA

Vysvětlivky k obrázkům

SKG – selektivní koronarografie, PTA – perkutánní transluminární angioplastika, PCI – perkutánní koronární intervence, LIMA – a. mamaria sinistra, RIMA – a. mamaria dextra, GEA – a. gastroepiploica, RIA – ramus interventricularis anterior, RMS – ramus marginalis, RD – ramus diagonalis, RCX – ramus circumflexus, RIVP – ramus interventricularis posterior

Abbreviations

CA – coronary angiography, PTA – percutaneous transluminal angioplasty, PCI – percutaneous coronary intervention, LIMA – left internal mammary artery, RIMA – right internal mammary artery, GEA – gastroepiploic artery, LAD – left anterior descending artery, RMS – marginal artery, RCX – circumflex artery, RIVP – posterior descending artery

LITERATURA

1. **Willmann JK, Weishaupt D, Kobza R, et al.** Coronary artery bypass grafts: ECG-gated multi-detector row CT-angiography--influence of image reconstruction interval on graft visibility. *Radiology* 2004; 232(2): 568–577.
2. **Ferda J.** CT-angiografie. Praha: Galén 2004.
3. **Klener J, et al.** Vnitřní lékařství. Praha: Galén 2006.
4. **Frazier AA, Qureshi F, Read KM et al.** Coronary artery bypass grafts: assessment with multidetector CT in the early and late postoperative settings. *Radiographics* 2005; 25(4): 881–896.
5. **Wintersperger BJ, Bastarrika G, Nikolaou K, et al.** EKG-gesteuerte Bypass-CT-Angiographie: Einsatz in der Darstellung arterieller Bypässe. *Radiologe* 2004; 44: 140–145.
6. **Nieman K, Pattynama PMT, Rensing BJ, et al.** Evaluation of Patients after Coronary Artery Bypass Surgery: CT-Angiographic Assessment of Grafts and Coronary Arteries. *Radiology* 2003; 229: 749–756
7. **Chiurlia E, Menozzi M, Ratti C, et al.** Follow-up of coronary artery bypass graft patency by multislice computed tomography. *Am J Cardiol* 2005; 95(9): 1094–1097.
8. **Khan MF, Herzog C, Landenberger K, et al.** Visualisation of non-invasive coronary bypass imaging: 4-row vs. 16-row multidetector computed tomography. *Eur Radiol* 2005; 15(1): 118–126.
9. **Jones CM, Athanasiou T, Dunne N, et al.** Multi-slice Computed tomography in coronary artery disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; 30(3): 443–450
10. **Salm LP, Bax JJ, Jukema JW, et al.** Comprehensive assessment of patients after coronary artery bypass grafting by 16-detector-row computed tomography. *Am Heart J* 2005; 150(4): 775–781.
11. **Anders K, Baum U, Schmid M, et al.** Coronary artery bypass graft (CABG) patency: assessment with high-resolution submillimeter 16-slice multidetector-row computed tomography (MDCT) versus coronary angiography. *Eur J Radiol* 2006; 57(3): 336–344.
12. **Marano R, Storto ML, Maddestra N, et al.** Non-invasive assessment of coronary artery bypass graft with retrospectively ECG-gated four-row multi-detector spiral computed tomography. *Eur Radiol* 2004; 14(8): 1353–1362.
13. **Pache G, Saueressig U, Frydriczowicz A, et al.** Initial experience with 64-slice CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J* 2006; 27(8): 976–980.
14. **Cademartiri F, Runza G, Belgrano M, et al.** Introduction to coronary imaging with 64-slice computed tomography. *Radiol Med* 2005; 110: 16–41.
15. **Schlosser T, Konorza T, Hunold P, et al.** Noninvasive visualization of coronary artery bypass grafts using 16-detector row computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44(6): 1224–1229.
16. **Franzen D, Stamm I, Bauriedel G, et al.** Non-invasive imaging of a coronary bypass stenosis using CT-angiography in a patient with negative stress testing. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005; 21(5): 549–554.