

ZOBRAZENÍ KORONÁRNÍHO ŽILNÍHO ŘEČIŠTĚ POMOCÍ MULTIDETEKTOROVÉ CT-ANGIOGRAFIE – VLIV ŠÍŘE ÚSTÍ KORONÁRNÍHO SINU NA ÚSPĚŠNOST IMPLANTACE BIVENTRIKULÁRNÍHO KARDIOSTIMULÁTORU

CORONARY VEINS IMAGING USING MULTIDETECTOR CT-ANGIOGRAPHY
– CORONARY SINUS OSTIUM DIAMETER AND TRANSVENOUS LEFT VENTRICLE
STIMULATION FEASIBILITY

původní práce

Jiří Weichet¹
Jan Škoda²
Jan Balák¹
Miloš Táborský²

¹Oddělení radiodiagnostiky
Nemocnice Na Homolce, Praha

²Oddělení kardiologie
Nemocnice Na Homolce, Praha

Přijato: 30. 6. 2006

Korespondenční adresa:

MUDr. Jiří Weichet
Oddělení radiodiagnostiky
Nemocnice Na Homolce
Rentgenova 2, 150 30 Praha 5
e-mail: jiri.weichet@homolka.cz

SOUHRN

Weichet J, Škoda J, Balák J, Táborský M. Zobrazení koronárního žilního řečiště pomocí multidetektorové CT-angiografie – vliv šíře ústí koronárního sinu na úspěšnost implantace biventrikulárního kardiostimulátoru

Cíl. Retrospektivně zhodnotit úspěšnost implantace transvenózní levokomorové stimulační elektrody vzhledem k anatomickému uspořádání a šíři koronárního sinu a žilního systému.

Metoda. Během roku 2005 jsme provedli CT-angiografii na 16řadém přístroji při použití retrospektivního EKG ganingu se zaměřením na koronární sinus (CS) a jeho větve u 30 pacientů indikovaných k implantaci biventrikulárního stimulačního systému. Cílem bylo srovnat přítomnost anatomických bariér ve skupině úspěšných (20) a neúspěšných (10) transvenózních implantací levokomorové elektrody, porovnat šíři ústí koronárního sinu a vena magna cordis v těchto dvou skupinách.

Výsledky. U pacientů, kde se nezdařila implantace elektrody cestou koronárního sinu, byly rozměry jeho ústí $11,4 \pm 1,9$ mm a $8,4 \pm 2,3$ mm (kraniokaudálně, resp. anteroposteriorně), zatímco ve druhé skupině, kde se implantace zdařila, byla jeho šíře $14,9 \pm 2,8$ mm a $11,9 \pm 2,1$ mm. Statisticky nevýznamný trend k většímu průměru vena mag-

SUMMARY

Weichet J, Škoda J, Balák J, Táborský M. Coronary veins imaging using multidetector CT-angiography – coronary sinus ostium diameter and transvenous left ventricle stimulation feasibility

Aim. To retrospectively assess the feasibility of left ventricle stimulation electrode placement with regard to anatomy of coronary veins and sinus.

Method. Within a 12-month period, CT-angiography of coronary sinus (CS) and coronary veins was performed in 30 patients scheduled for biventricular cardiac stimulation. Coronary sinus morphology and diameter in group of successful ($n = 20$) and unsuccessful ($n = 10$) transvenous left ventricle electrode implantation was studied. The examinations were performed using 16-detector-row CT scanner, with 0.75 mm collimation and retrospective ECG gating. Diameters of CS ostium were measured in craniocaudal and ventrodorsal diameter.

Results. Diameters of CS ostium in unsuccessful implantation group were $11,4 \pm 1,9$ mm and $8,4 \pm 2,3$ mm (craniocaudal and ventrodorsal diameter, respectively), in successful implantation group the diameters were $14,9 \pm 2,8$ mm and $11,9 \pm 2,1$ mm. The difference between both groups was statistically significant. Slightly

na cordis a kalibru vhodné terminální větve byl pozorován ve skupině úspěšně zavedených levokomorových (LK) elektrod. Pouze ve skupině neúspěšně implantovaných bylo možné zobrazit významné angulace průběhu CS ($n = 4$) resp. absenci ($n = 3$) vhodných terminálních větví k zavedení LK elektrody.

Závěr. Metoda CT-angiografie s 3D rekonstrukcemi se projevila jako velmi vhodná pro zobrazení srdečních žil. Komplexní zhodnocení anatomie koronárního sinu a žil pomocí CT a určení jejich šíře může dle našeho zjištění zřejmě predikovat úspěšnost transvenózní implantace levokomorové stimulační elektrody.

Klíčová slova: biventrikulární stimulace, CT-angiografie, koronární sinus, výpočetní tomografie.

larger diameter of vena cordis magna and its suitable terminal venous branch was measured in successful implantation group, but it was not statistically significant. Major angulation of the CS ($n = 4$) and absence of venous branches suitable for electrode implantation ($n = 3$) were noted in unsuccessful implantation group only.

Conclusion. Coronary venous system anatomy assessment using multislice CT-angiography may predict success of transvenous left ventricle stimulation electrode placement.

Key words: biventricular stimulation, CT-angiography, coronary sinus, computed tomography.

ÚVOD

Implantace biventrikulárního stimulačního systému je rutinně indikovanou metodou léčby srdečního selhání u selektované populace pacientů s těžkou systolickou dysfunkcí dilatované LK, prokazatelnou asynchronií srdeční kontrakce a sníženou funkční klasifikací NYHA přes optimalizaci farmakoterapie.

Resynchronizace srdeční kontrakce implantací biventrikulárního systému vede k reverzní remodelaci LK s regresí dilatace LK, zlepšením ejekční frakce LK, regresi mitrální regurgitace a zlepšení funkční klasifikace NYHA (1–3).

Generátor stimulačního systému je nejčastěji implantován v kožní kapse pod levým klíčkem, elektrody systému jsou punkcí levé v. subclavia transvenózně implantovány do pravé síně a pravé komory, kritickým místem procedury je zavedení levokomorové elektrody – ta je po sondáži koronárního sinu katetrem vedena pomocí podpůrného sheatu nebo „over the wire“ koronárním sinem a v. cordis magna distálně a optimálně zavedena po kontrastním nástřiku do cílové posterolaterální či laterální větve levé komory, kde je anatomicky dosahováno optimální resynchronizace. Přítomnost pouze septálních či anteriorních větví dostatečného kalibru (v odstupu nad 2,5 mm) je ve většině případů spojena s neuspokojivou mírou synchronizace srdeční kontrakce dle dosažené šíře QRS komplexu. Častým problémem je posun katetru, sheatu, vodiče, resp. elektrody ostií koronárního sinu a dále rovněž přechod do v. cordis magna zejména v přítomnosti její angulace, či vnější komprese.

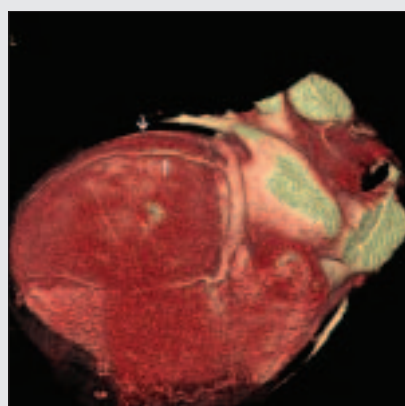
CT je již několik let běžně používáno k neinvazivnímu zobrazování koronárních tepen, jako první je bylo možné neinvazivně zobrazovat pomocí electron beam CT (EBCT) již před více než deseti roky (4, 5). Moderní multidetektorové CT přístroje umožňují další kvalitativní posun při zobrazení koronárních tepen (6, 7). Stejným postupem, tj. při použití EKG gatingu a nástřiku kompaktního bolu kontrastní látky intravenózně, je ale možné zobrazit i koronární žilní řečiště, což bylo již též publikováno (8, 9). Anatomie koronárních žil

je značně variabilní a šíře koronárního sinu ústícího do pravé síně je též individuálně rozdílná. Zavádění levokomorové stimulační elektrody do koronárního sinu je u některých pacientů obtížné, což zřejmě souvisí s atypickým tvarem či malou šíří sinu. Retrospektivně jsme proto porovnali rozměry ústí koronárního sinu, šíři v. cordis magna, šíři odstupu vhodné terminální větve a kvalitativně absenci vhodných terminálních větví, resp. přítomnost významných angulací v předpokládaném směru zavádění elektrody. Soubor byl analyzován retrospektivně ve skupině 20 úspěšných a 10 neúspěšných transvenózních implantací LK elektrody.

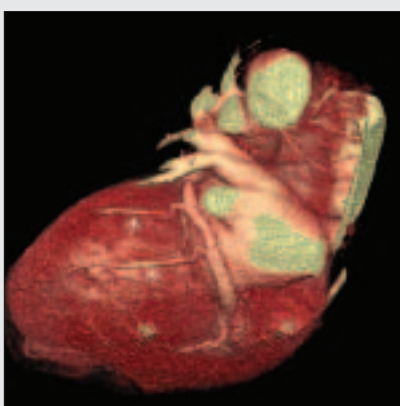
MATERIÁL A METODA

V roce 2005 jsme provedli CT-angiografi u 30 pacientů, kteří byli indikováni k implantaci biventrikulární stimulace. Vyšetření bylo provedeno na 16řádem CT přístroj Siemens Somatom Sensation 16 s kolimací 0,75 mm, rekonstruovaná vrstva 0,75–1 mm, inkrement 0,5–0,8 mm. Všichni pacienti byli premedikováni perorálním betablokátozem pro zpomalení jejich srdeční frekvence a byli scanováni s použitím retrospektivního EKG gatingu, s rekonstrukcí v 60% R-R intervalu. V případech významných artefaktů jsme individuálně doplnili rekonstrukce i v jiné fázi srdečního cyklu. Neionická kontrastní látka s koncentrací jódu 370–400 mg/ml byla podaná tlakovým injektorem rychlostí 3–6 ml/s, podle stavu periferní žíly. Celkem bylo aplikováno 120–150 ml kontrastní látky. Akvizice byla spuštěna s použitím programu monitorujícího přítok kontrastní látky do oblasti zájmu (bolus tracking), přičemž vyšetření bylo spuštěno 8–10 s po přítoku kontrastní látky do ascendentní aorty. Délka akvizice dat se pohybovala v rozmezí 20–25 s, všichni pacienti během této doby setrvali v inspiriu.

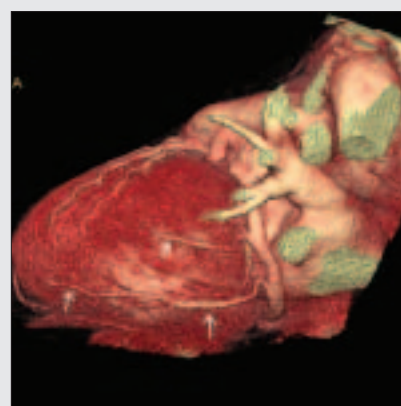
V zobrazeném objemu bylo nalezeno ústí koronárního sinu do pravé síně srdeční. U všech zobrazených ústí koronárního sinu byl změřen jejich rozměr v transversální a šikmé koronární rovině. Měření bylo provedeno v MPR (multiplanar reconstruction) nebo tenkých MIP (maximum



▲ Obr. 1 A



▲ Obr. 1 B



▲ Obr. 1 C



▲ Obr. 1 D



▲ Obr. 1 E



▲ Obr. 1 F

Obr. 1. Trojdimenzionální VR rekonstrukce srdce s koronárním žilním systémem, pohled na spodní stěnu (1a), inferolaterálně (1b) a na laterální stěnu (1c). U tohoto nemocného jsou přítomny dvě silné žilní větve laterálně až posterolaterálně, vhodné pro implantaci levokomorové stimulační elektrody, zvláště pak spodní z nich, která je dobře sledovatelná značně periferně – apikálně (1c). Na čtvrtém obrázku (1d) selektivně jsou tyto větve ústící do v. cordis magna. Poslední dva obrázky reprezentují MPR rekonstrukce v šikmé koronární (1e) a axiální (1f) rovině proložené osou koronárního sinu, jde o standardní roviny na kterých jsme měřili rozměry jeho ústí u všech subjektů.

Fig. 1. Volume rendered (VR) imaging of heart with coronary veins, inferior (1a), infero-lateral (1b) and lateral (1c) view. Two rather broad venous branches on the lateral wall are present, both suitable for left ventricle electrode placing, especially the lower one, which is visible up to apical portion of the ventricle (1c). The branches are showed selectively on the picture 1d. Last two figures represent multiplanar (MPR) reconstruction in oblique coronal (1e) and oblique axial (1f) plane in the axis of coronary sinus. These are standard planes used for coronary sinus ostium measurement in all subjects.

intensity projection) rekonstrukcích vedených osou ústí plicní žíly. Dále jsme provedli 3D VRT (volume rendering) rekonstrukce k vizualizaci průběhu a větvení koronárního žilního řečiště, kde jsme pak hodnotili angulace a přítomnost či nepřítomnost terminálních žilních větví vhodných k implantaci levokomorové elektrody (obr. 1, 2).

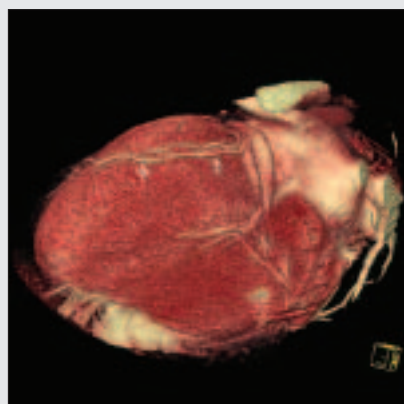
Pacienti byli rozděleni do dvou skupin: 1. kde se zdařila implantace levokomorové elektrody (20 nemocných) a 2. kde naopak zavedení elektrody do sinu nebylo technicky možné (10 nemocných). Implantace biventrikulárního stimulačního systému byla prováděna u všech pacientů vždy stejným lékařem.

VÝSLEDKY

V souvislosti s CT vyšetřením se nevyskytly žádné komplikace či nežádoucí reakce. Kvalita zobrazení koronárních žil byla různá, především v závislosti na srdeční frekvenci a na

přítomnosti arytmií, které výrazně degradovaly EKG gating. Někteří z pacientů měli implantovaný kardiostimulátor a při vyšetření byly přítomny artefakty v okolí elektrod v pravém srdci, nicméně ústí koronárního sinu bylo dostatečně kvalitně zobrazeno (tak aby umožnilo spolehlivé změření jeho rozměrů) u všech pacientů.

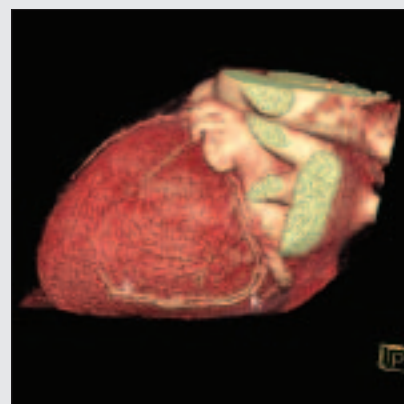
U pacientů, kde se nezdařila implantace elektrody cestou koronárního sinu byly rozměry jeho ústí $11,4 \pm 1,9$ mm a $8,4 \pm 2,3$ mm (kraniokaudálně resp. anteroposteriorně), zatímco ve druhé skupině, kde se implantace zdařila, byla jeho šíře $14,9 \pm 2,8$ mm a $11,9 \pm 2,1$ mm. Statisticky nevýznamný trend k většímu průměru v. magna cordis $7,4 \pm 1,2$ mm, resp. $6,5 \pm 1,5$ mm a kalibru vhodné terminální větve $3,5 \pm 0,8$ mm, resp. $2,9 \pm 0,9$ mm byl pozorován ve skupině úspěšně zavedených LK elektrod. Pouze ve skupině neúspěšně implantovaných bylo možné zobrazit významné angulace (kvalitativní hodnocení) průběhu CS ($n = 4$), resp. absenci ($n = 3$) vhodných terminálních větví k zavedení LK elektrody.



▲ Obr. 2 A



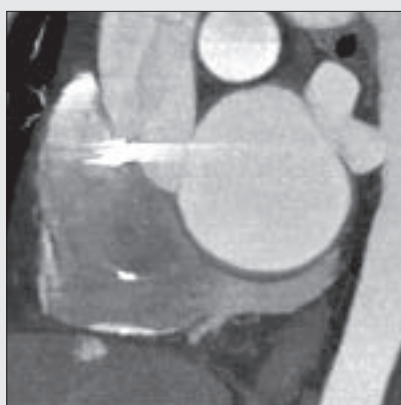
▲ Obr. 2 B



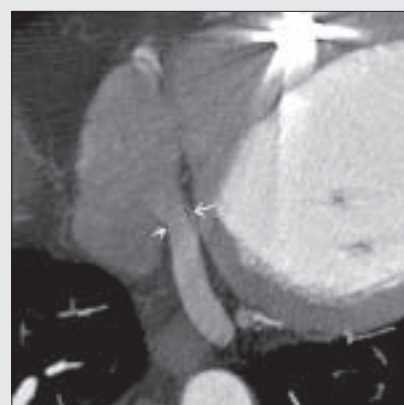
▲ Obr. 2 C



▲ Obr. 2 D



▲ Obr. 2 E



▲ Obr. 2 F

Obr. 2. Trojdimenzionální VR rekonstrukce a šikmé MPR roviny v podobných projekcích (2A–C,E,F) jako u předchozího nemocného. U tohoto pacienta byla přítomna jen jedna koronární žíla posterolaterálně, vhodná k implantaci elektrody, uložená při r. marginalis sinister levé koronární tepny. Při vyšetření koronárních žil je běžné současné zobrazení koronárního tepenného i žilního řečiště, na obr. 2D u tohoto nemocného pohled na větvení levé koronární tepny. Všimněte si, že koronární sinus ústí do pravé síně pod poměrně ostrým úhlem (obr. 2F), což může činit potíže při jeho sondování.

Fig. 2. VR imaging and MPR planes in similar views(2A–C,E,F) as with the previous patient. There was just one posterolateral coronary vein suitable for electrode implantation, laying along the left marginal branch of left coronary artery. Coronary arteries are commonly depicted in coronary veins CT imaging, as presented in this subject (left coronary artery – 2D). Note acute angle of coronary sinus outflow (2F), catheterization of coronary sinus can be difficult here.

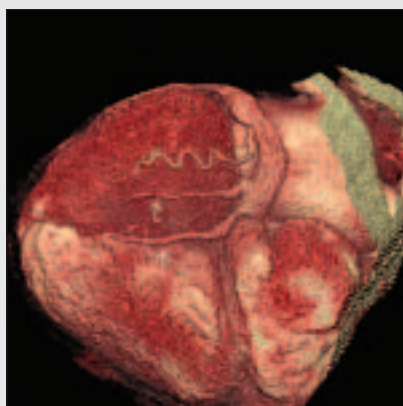
DISKUZE

Zobrazení koronárních žil na multidetektorové CT-angiografii je dnes již podobné jako CT koronarografie vcelku běžné vyšetření. V souboru pacientů jsme při snaze omezit co nejvíce pohybové artefakty s užitím retrospektivního EKG gatingu rekonstruovali data v diastole (60% R-R intervalu). Je možné rekonstruovat též v end-systolické fázi (30–35% R-R intervalu), kdy jsou koronární žíly lépe naplněny, ale většinou je pak kvalita zobrazení vzhledem k pohybovým artefaktům horší. S nástupem nových typů CT přístrojů s významně lepším časovým rozlišením při zobrazování srdce bude tedy zřejmě lépe provádět zobrazení v end-systolické fázi. Nicméně šíře ústí koronárního sinu by se neměla během srdeční revoluce výrazněji měnit.

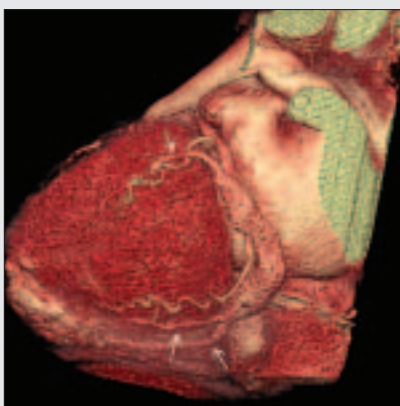
Z našich výše uvedených výsledků plyne, že obtížná kanylace a problémy se zavedením stimulační elektrody do koronárního žilního systému se vyskytly u pacientů se sig-

nifikantně užším ústím koronárního sinu, menším kalibrem v. cordis magna, či odstupem vhodné terminální větve. Rovněž pouze ve skupině neúspěšných implantací jsme pozorovali přítomnost významných angulací či komprese CS a dále zjevnou nepřítomnost vhodných terminálních větví. Zejména nález absence vhodných terminálních větví při dostatečně kvalitním zobrazení koronárního žilního systému je dle našeho názoru vhodnou indikací k přímému zavedení LK elektrody epikardiálně minitorakotomií. U pacientů, kde je tento byt méně invazivní výkon kontraindikován, je ke zvážení kontraindikovat i transvenózní proceduru na základě pravděpodobného neúspěchu dle CT zobrazení. Soubor pacientů byl ale malý a bylo by tedy vhodné přínos CT zobrazení ověřit na větším množství pacientů.

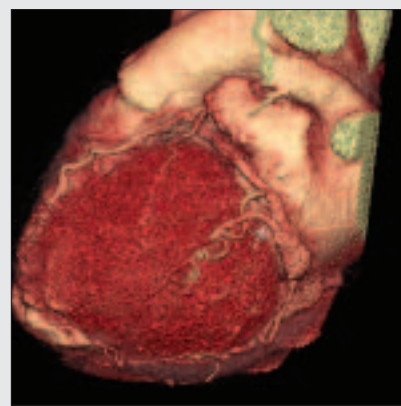
Pro kvalitní stimulaci levé komory je třeba umístit elektrodu do koronární žíly v oblasti volné laterální stěny komory, přičemž hrot elektrody je vhodné zavést co nejvíce



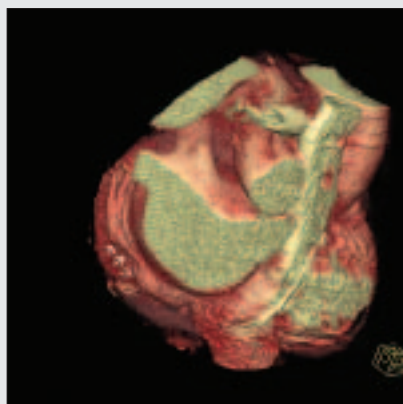
▲ Obr. 3 A



▲ Obr. 3 B



▲ Obr. 3 C



▲ Obr. 3 D



▲ Obr. 3 E



▲ Obr. 3 F

Obr. 3. **Trojdimenzionální VR rekonstrukce a šikmé MPR roviny v podobných projekcích jako na předchozích obrázcích (3A-C).** Zde jsou vidět dvě žíly na spodní stěně (šipky na obr. 3A) a jedna laterálně až anterolaterálně (3C). Tato by byla vhodná pro implantaci levokomorové elektrody. Ústí koronárního sinu je dostatečně široké a jeho uložení je příznivé (3E,F), v. cordis magna je ale významně imprimována sklerotickou sestupnou aortou - viz VR rekonstrukce (3D) s pohledem na koronární sinus a v. cordis magna šikmo zezadu s odstraněnou aortou, je vidět jen imprese na v. cordis magna (šipky). Na MPR vrstvě (3F) přímo zobrazena aorta stlačující v. cordis magna. Tento stav činil značné obtíže při její katetrizaci.

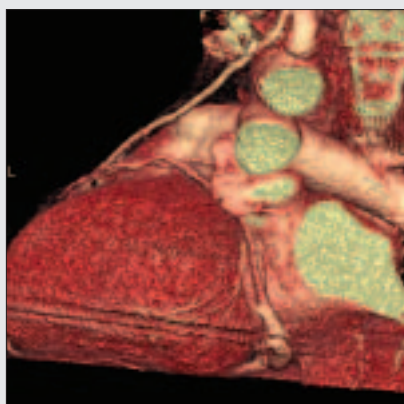
Fig. 3. **VR imaging and MPR planes in similar views(3A-C,E,F) as with the previous images.** Two veins are visualized inferiorly (arrows on fig. 3A) and one on the lateral wall or anterolaterally (3C), suitable for left ventricle electrode placing. Coronary sinus ostium is rather broad and in proper position (3E,F), but v. cordis magna is compressed by descending aorta quite significantly - see VR image (3D) with removed aorta, the impression on the v. cordis magna is clearly visible (arrows). The relation of descending aorta and v. cordis magna is showed on the MPR image (3F). The catheterization of v. cordis magna was very difficult here.

apikálně. Zmapování anatomie koronárního žilního systému před plánovanou implantací elektrody by mělo pomoci najít příhodnou koronární žílu. Pokud ale taková žíla není u konkrétního pacienta přítomna, může neinvazivní CT-angiografie ušetřit pacienta intervenčního výkonu, který by byl pravděpodobně neúspěšný. Soudíme tedy, že multidetektorová CT-angiografie koronárního žilního systému by měla vždy předcházet implantaci levokomorové stimulační elektrody cestou koronárního sinu. Jednak tím můžeme předem posoudit šíři a tvar koronárního sinu, kde může být překážka kanylace, a dále zobrazíme i přítomnost či nepřítomnost žíly vhodné pro umístění stimulační elektrody. Zde ale nabývá zásadní důležitosti kvalita zobrazení. Z našich zkušeností vyplývá, že zhruba u třetiny pacientů našeho souboru bylo zobrazení větvení koronárního sinu výrazně degradováno pohybovými artefakty při špatné EKG synchronizaci a zobrazení žíly příhodné pro stimulaci nebylo dobře možné. Soudíme, že by mohlo být přínosem

zobrazení v end-systole a dále pak především použití nových 64 a víceřadých CT přístrojů s lepším prostorovým a především časovým rozlišením, kde již frekvence a pravidelnost srdeční akce není tak zásadním faktorem kvality zobrazení.

ZÁVĚR

CT-angiografie koronárního sinu a jeho větví je bezpečná a relativně spolehlivá metoda, která může v případě kvalitního zobrazení příznivě ovlivnit průběh transvenózní implantace LK elektrody biventrikulárního stimulačního systému, zejména u opakovaných implantací pro technický neúspěch či přímo indikovat epikardiální implantaci LK elektrody. Přínos tohoto zobrazení v rutinním použití je nutno ověřit na větším souboru pacientů, nejlépe s využitím CT přístrojů vyšší generace.



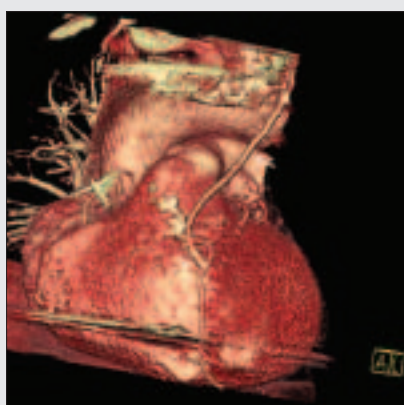
▲ Obr. 4 A



▲ Obr. 4 B



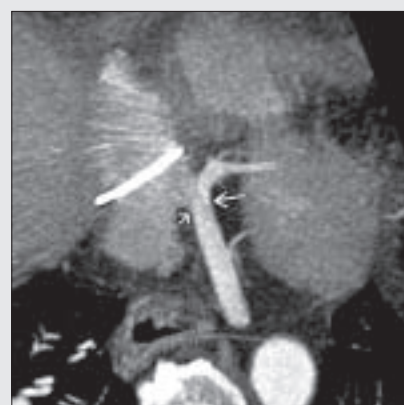
▲ Obr. 4 C



▲ Obr. 4 D



▲ Obr. 4 E



▲ Obr. 4 F

Obr. 4. Opět VR zobrazení (4A-D) a MPR (4E,F), u tohoto nemocného je zobrazena jen jedna, ne příliš silná žilná větev posterolaterálně (bílé šipky na obr. 4B), navíc jsou zde artefakty z elektrod implantovaného kardiostimulátoru (žluté šipky), zobrazení této žíly tedy není zcela validní. Koronární sinus i zde ústí do pravé síně pod ostrým úhlem (4F). Při vyšetření se zobrazuje i průchodný bypass z levé mamární tepny na ramus interventricularis anterior levé koronární tepny (4C,D).

Fig. 4. Again VR imaging (4A-D) and MPR planes (4E,F). Only single, rather thin venous branch is shown in this subject posterolaterally (white arrows on fig. 4B), the imaging is disturbed by artifacts from pacemaker electrodes (yellow arrows) in addition. Visualization of this vein is not very reliable. We can see acute angle of coronary sinus junction to right heart atrium in this subject. Patent left mammary artery bypass graft connected to the left anterior descending branch of left coronary artery (4C,D) is showed too.

LITERATURA

1. Abraham WT, Young JB, Leon AR, Adler S, Bank AJ, Hall SA, Lieberman R, Liem LB, O'Connell JB, Schroeder JS, Wheelan KR. Multicenter InSync ICD II Study Group: Effects of cardiac resynchronization on disease progression in patients with left ventricular systolic dysfunction, an indication for an implantable cardioverter-defibrillator, and mildly symptomatic chronic heart failure. *Circulation* 2004; 110(18): 2864–2868.
2. Salukhe TV, Francis DP, Sutton R. Comparison of medical therapy, pacing and defibrillation in heart failure (COMPANION) trial terminated early; combined biventricular pacemaker-defibrillators reduce all-cause mortality and hospitalization. *Int J Cardiol* 2003; 87(2–3): 119–120.
3. Bradley DJ, Bradley EA, Baughman KL, Berger RD, Calkins H, Goodman

- SN, Kass DA, Powe NR. Cardiac resynchronization and death from progressive heart failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA* 2003; 289(6): 730–740.
4. Moshage WE, Achenbach S, Sesse B, Bachman K, Kirchgeorg M. Coronary artery stenoses: three-dimensional imaging with electrocardiographically triggered, contrast agent-enhanced, electron-beam CT. *Radiology* 1995; 196(3): 707–714.
5. Achenbach S, Ropers D, Regenfus M, Muschiol G, Daniel WG, Moshage W. Contrast enhanced electron beam computed tomography to analyse the coronary arteries in patients after acute myocardial infarction. *Heart* 2000; 84(5): 489–493.
6. Schoenhagen P, Halliburton SS, Stillman AE, Kuzmiak SA, Nissen SE, Tuzcu EM, White RD. Noninvasive imaging

- of coronary arteries: current and future role of multi-detector row CT. *Radiology* 2004; 232(1): 7–17.
7. Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, Schoepf UJ, Becker CR, Ohnesorge BM, Yucel EK. CT of coronary artery disease. *Radiology* 2004; 232(1): 18–37.
8. Jongbloed MR, Lamb HJ, Bax JJ, Schuijff JD, de Roos A, van der Waal EE, Schalij MJ. Noninvasive visualization of the cardiac venous system using multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45(5): 749–753.
9. Lemola K, Mueller G, Desjardins B, Sneider M, Case I, Good E, Han J, Tamirisa K, Tschopp D, Reich S, Igic P, Elmouchi D, Churg A, Bogun F, Pelosi F Jr, Kazerooni EA, Morady F, Oral H. Topographic analysis of the coronary sinus and major cardiac veins by computed tomography. *Heart Rhythm* 2005; 2(7): 694–699.