

Zobrazovací techniky a obrazová integrace v katéetrové léčbě fibrilace síní – přehled problematiky a vlastní zkušenosti

Alan Bulava

Kardiocentrum Nemocnice České Budějovice, a.s.

Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

Radiofrekvenční katéetrové ablace (RFKA) pro fibrilaci síní (FS) patří k dnes již etablovaným metodám nefarmakologické léčby této arytmie. Cílem těchto zákroků je vytvořit v levé (popř. i v pravé) síni sérii cirkumferenčních a lineárních lézí, které slouží k eliminaci spouštěčů arytmie a k modifikaci arytmogenního substrátu tak, aby se FS nebyla schopna v síních setrvale udržet. V poslední době jsme na poli této léčby byli svědky nebývalého rozvoje řady metod a technik, které všechny měly za cíl jediné: zvýšit úspěšnost a bezpečnost katéetrových ablací prováděných pro FS. Jednou z těchto možností je použití různých zobrazovacích technik, které přinášejí detailnější pohled na anatomii cílového srdečního oddílu. Souhrnný článek přináší přehled současných dostupných literárních dat a shrnuje autorovy zkušenosti v této specifické oblasti včetně výsledků použití těchto metod.

Klíčová slova: radiofrekvenční katéetrová ablace, fibrilace síní, zobrazovací techniky, obrazová integrace.

Imaging techniques and image integration during radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation – survey of literature and our own experience

Radiofrequency catheter ablations (RFCA) for atrial fibrillation (AF) belong to the established non-pharmacological therapy of this arrhythmia. The goal of the therapy is to create series of circumferential and linear lesions in either left atrium or both atria to eliminate triggers and perpetuators of AF. We have witnessed an enormous technical and methodological development in this area recently with the aim to increase efficacy and safety of RFCA for AF. One of such modality is different imaging techniques, which allow for a more precise definition of the target structures in the atria. This review article summarizes current literary data on the topic and brings also author's personal experience in the area of imaging and image integration including the results of the retrospective trial using these methods.

Key words: radiofrequency catheter ablation, atrial fibrillation, imaging techniques, image integration.

Interv Akut Kardiol 2011; 10(3): 114–120

Úvod

Radiofrekvenční katéetrové ablace (RFKA) pro fibrilaci síní (FS) patří k dnes již rutinně používaným metodám v nefarmakologické léčbě této arytmie (1). Během posledních let se intenzivně hledaly možnosti, jak správně cílit ablační léze v levé (popř. i v pravé) síni tak, aby ablační zásah v podobě předem designovaných linií byl kontinuální, transmuralní a tak trvalý. Bylo jasné, že pouhé skiaskopické zobrazení tento cíl nemůže splnit, a proto se postupně objevila řada zobrazovacích technologií a technik se snahou zpřesnit jednak orientaci v cílové srdeční struktuře a také zpřesnit zaměření ablačních lézí. Z dvourozměrné skiaskopie se tak elektrofyziologové rázem stali uživateli intrakardiální sonografie, 3D mapovacích systémů využívajících jak magnetické nebo impedanční senzory, automatických systémů používajících komponenty získané z magnetické rezonance (MRI), pozitronové emisní tomografie (PET) nebo výpočetní tomografie (CT) či uživateli rotační angiografie.

Všechny tyto metody zobrazení poskytují neuvěřitelně anatomický (a některé i funkční)

detail cílové srdeční struktury a dovolují především lepší odhad správného kontaktu ablačního katétru s tkání vč. potřebné doby ablace a titraci adekvátního výkonu RF energie. Je nepochybné, že i bezpečnost těchto zákroků se díky zobrazovacím technikám neustále zvyšuje. Počet komplikací související s tímto výkonem během posledních deseti let významně poklesl (2, 3). V řadě případů nové zobrazovací metody dokonce změnily celkovou léčebnou strategii. Souhrnný článek autora přináší přehled současných literárních dat a shrnuje také vlastní zkušenosti v této specifické oblasti.

Intrakardiální echokardiografie (ICE)

První katétry pro intrakardiální echokardiografii byly vyvinuty v 80. letech minulého století a používaly se pro intrakoronární zobrazení. Transmity pracovaly s vysokou frekvencí (20–40 MHz) a penetrace ultrazvukového paprsku byla samozřejmě limitovaná.

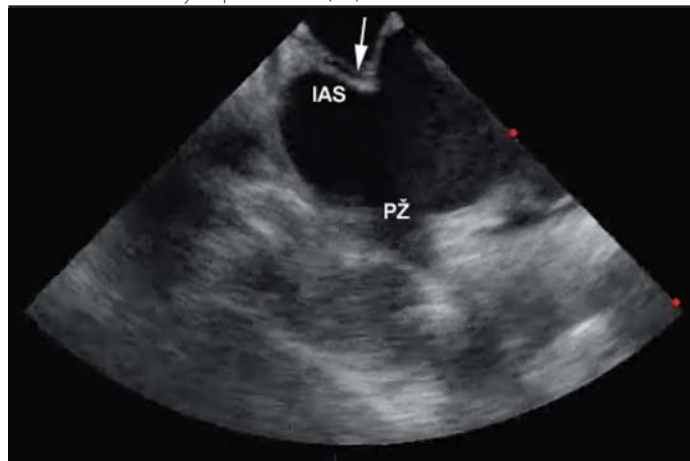
Moderní fázová sektorová sonda (např. AcuNav, Siemens Acuson) obsahuje 64 piezoe-

lektrických elementů s nastavitelnou frekvencí od 5 do 10 MHz. Potenciální „hloubka dosahu“ je tak až 15 cm. Elektroakustický měnič je ukotven do 8 F nebo 10 F katétru, jenž umožňuje flexi ve 4 směrech a axiální 360° rotaci. Ohebnost a kalibr sondy umožňuje dostat se s ní prakticky do každého srdečního oddílu nebo velké cévy. Přístroj je navíc vybaven možností pulzního i kontinuálního dopplerovského měření včetně barevného mapování (CFM). Moderní elektrofyziologická laboratoř se v současné době bez ICE téměř neobejde. Využití má zejména u komplexnějších zákroků, jako jsou ablace pro neparoxysmální sinusovou tachykardii, fibrilaci síní nebo komorové arytmie. Své nezastupitelné místo má u všech výkonů, kde je nutno provést transseptální punkci.

Transseptální punkce

Rozšíření techniky transseptální (TS) punkce nastalo v 60. letech minulého století v souvislosti s levostrannou srdeční katetrizací pro chlopenní či vrozené srdeční vady. Rozvoj echokardiografie později tuto metodu zcela vytlačil a nebyť

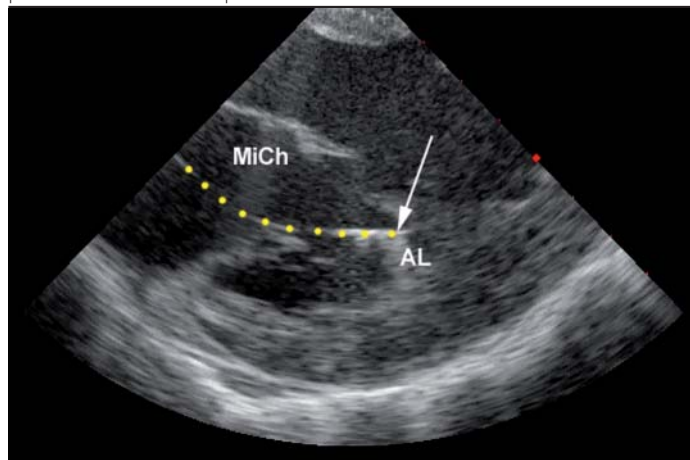
Obrázek 1. Tenting interatriálního septa (IAS) při transseptální punkci. Šipka zobrazuje konec transseptálního sheathu, který směřuje z pravé do levé síně v rovině levostranných plicních žil (PŽ)



Obrázek 3. Perikardiální výpotek kolem levé komory srdeční s maximem při srdeční bázi (šipka)



Obrázek 5. Radiofrekvenční katérová ablace pro komorovou ektopii pocházející z papilárního svalu. Průběh ablačního katétru z levé síně (vstup transseptální punkcí) přes mitrální chlopeň (MiCh) je pro lepší názornost zobrazen žlutými tečkami. Hrot ablačního katétru (šipka) doléhá a stabilně zůstává na hlavě anterolaterálního papilárního svalu (AL), odkud pochází komorová ektopie

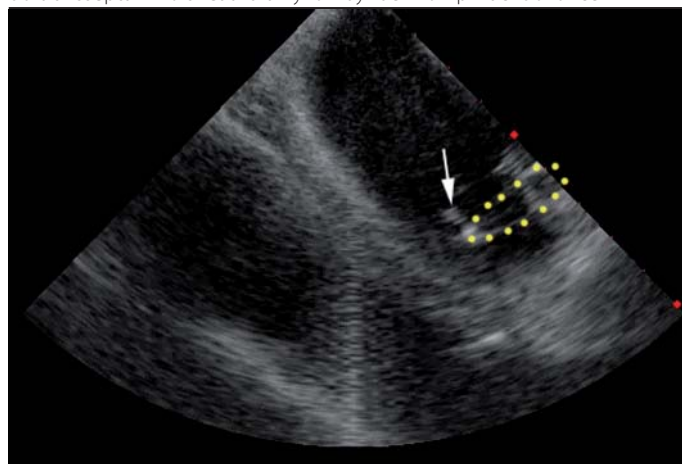


nebyvalého rozmachu katérových ablací pro FS v posledních 15 letech, upadla by snad tato technika téměř v zapomnění.

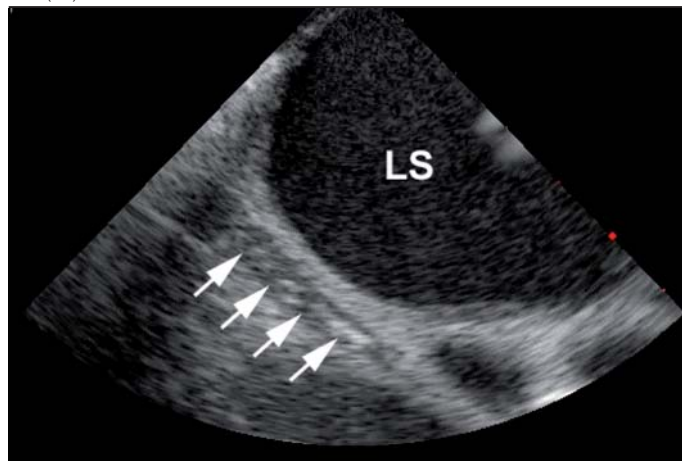
Ačkoliv TS punkce může být bezesporu bezpečně provedena pouze za skiaskopické kontroly (4), ICE poskytuje v reálném čase ex-

celentní zobrazení fossy ovalis a struktur za ní ležících (obrázek 1). Dokážeme tak nejen přesně definovat místo vpichu, ale i rovinu, ve které chceme vpich do levé síně směřovat. ICE zobrazí TS sheath a jehlu, manévry stažení a rotace TS instrumentária proti interatriálnímu septu, ten-

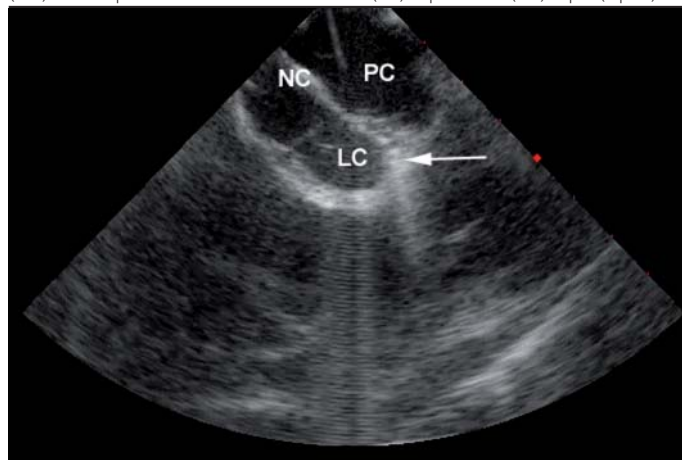
Obrázek 2. Hypermobilní vylající měkký trombus (šipka) nasedající na cirkulární Lasso katétr v levé síni (pro větší názornost označen žlutými tečkami) při radiofrekvenční katérové ablaci pro fibrilaci síní. Trombus byl aspirován do transseptálního sheathu a výkon byl bez komplikací dokončen



Obrázek 4. ICE může sloužit k přesné identifikaci polohy jícnu (šipky) za levou síní (LS). Povšimněte si těsné blízkosti těchto dvou struktur



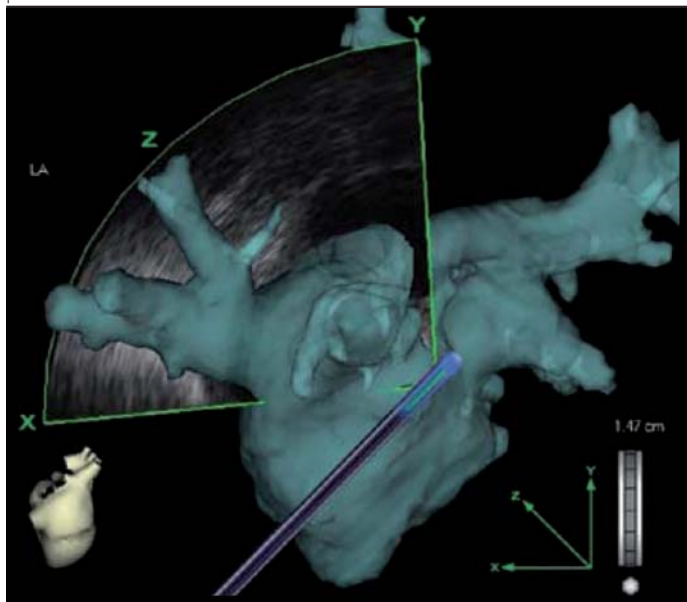
Obrázek 6. Radiofrekvenční katérová ablace pro komorovou ektopii pocházející z cípů aortální chlopně. Ablační katétr směřuje od nekoronárního cípu (NC) a hrot přiléhá na komisuru levého (LC) a pravého (PC) cípu (šipka)



ting a průchod septem do levé síně. To má svůj význam zejména ve dvou ohledech:

- 1) pacienta můžeme časně plně heparinizovat již před TS punkcí, což vede k měřitelně menší celkové aktivaci koagulační kaskády a může se snížit riziko vzniku trombu přes

Obrázek 7. Příklad zobrazení levé síně za pomoci systému CartoSound™. ICE sonda je vybavena magnetickými senzory, které umožňují její lokalizaci v prostoru stejně tak jako trojrozměrnou orientaci sektoru ultrazvukové sondy. Počítačově rekonstruovaná geometrie levé síně se zobrazuje prostorově



následnou adekvátní antikoagulaci heparinem (5),
2) v případech anatomických abnormalit (např. floppy septum, stav po záplatě defektu septa síní, aneurysma septa, lipomatózní hypertrofie septa či cévní anomálie dolní duté žíly (6)) je TS punkce naprosto bezpečná a riziko poranění kolaterálních struktur při adekvátním ICE zobrazení prakticky neexistuje.

Sami ICE používáme u všech TS punkcí (ablace pro levostranné akcesorní spojky, ablace komorových tachykardií z levé komory a ablace FS) při absenci jediné perikardiální efúze či tamponády při cca 250–300 TS punkcích/rok. Navíc právě ICE umožní potenciální komplikace časně odhalit a léčit (obrázky 2, 3).

Ablace pro fibrilaci síní

ICE nachází u těchto výkonů své nejširší použití. Kromě již zmíněné TS punkce a monitorace potenciálních komplikací se snažíme vždy na začátku výkonu zhodnotit počet a geometrii všech plicních žil, což následně ovlivní výběr použitých katétrů. V průběhu RFKA pak všude, kde to zobrazení dovolí, monitorujeme kontakt ablačního katétru s tkání. Často lze dobře pozorovat i formaci ablační léze, což umožní správně titrovat RF energii (dobu aplikace a výkon). Změna echogenicity v animálním modelu dobře korelovala s vytvořením transmuralní léze (7, 8). Objevení se mikrobublin zase signalizuje přehřátí tkáně a hrozící riziko „popu“ (doslova výbuch

přehřátých plynů pod katétre), což v levé síni téměř nevyhnutelně znamená následnou tamponádu (8). Aplikaci RF energie lze tak v případě hrozícího popu bezpečně ukončit nebo snížit energii či naopak přitlak katétru na tkáň. Kromě toho lze také spolehlivě identifikovat variabilní polohu ezofagu vůči levé síni a vyhnout se RF aplikacím v jeho bezprostřední blízkosti (obrázek 4). Konečně je možno monitorovat průtok plicními žilami pulzním Dopplerem a vyhnout se tak hrozící stenóze plicní žíly, což je důležité zejména u pacientů s malým nativním диаметром plicních žil nebo u pacientů podstupujících reablaci.

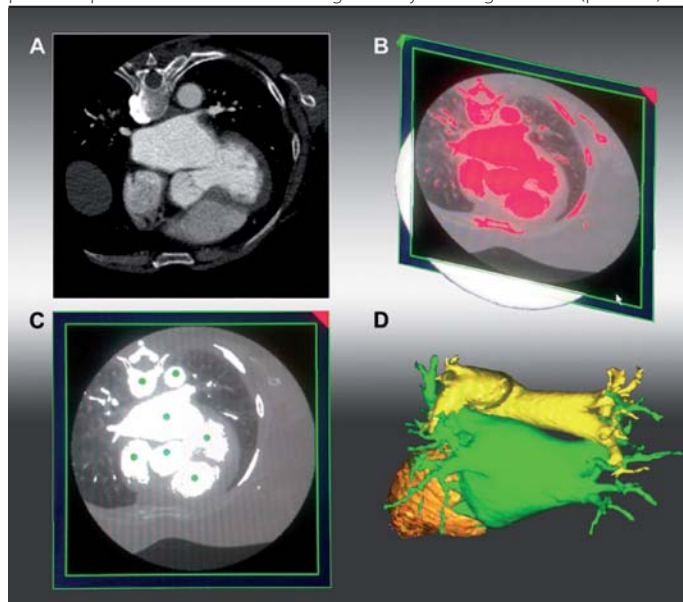
Ablace pro komorové tachykardie

Mimo použití u RFKA pro FS nachází ICE také čím dál tím větší uplatnění u ablací pro komorové tachykardie pocházející ze specifických oblastí, zejm. papilárních svalů (obrázek 5), cípů aortální chlopně (obrázek 6) nebo aneurysmatických oblastí levé komory srdeční (9, 10).

Elektroanatomické mapování a intrakardiální echokardiografie

Klasické trojrozměrné (3D) elektroanatomické mapování spočívá v pracovním procesu získávání geometrie cílové srdeční struktury bod po bodu dotykem katétru o její stěnu. Integrace ICE s 3D elektroanatomickým mapováním představuje významný posun k trojrozměrnému zobrazení levé síně v reálném čase. ICE sonda je v tomto systému vybavena navíc magnetickým senzorem, který umožňuje

Obrázek 8. Segmentace CT obrazu. Data z CT vyšetření (panel A) jsou transportována do segmentačního softwaru. Nastavením intenzity kontrastu se ozřejmí kontury levé síně, plicních žil a dalších srdečních struktur (panel B). Do oblastí zájmu se umístí značky (zelené tečky – panel C) a systém dopočte podle naplně srdečních oddílů a regionů zájmu 3D geometrii (panel D)

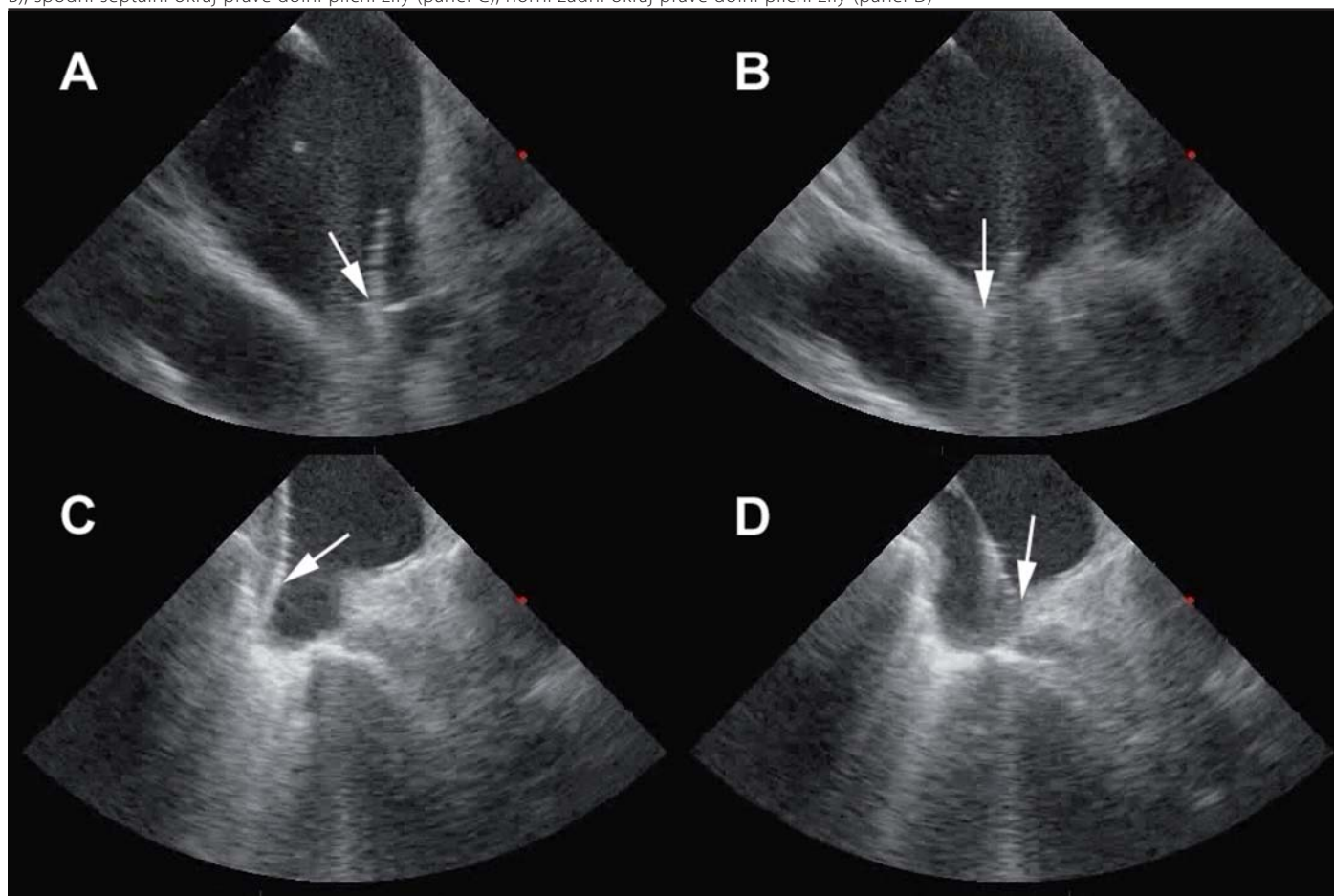


její přesnou lokalizaci v prostoru, stejně tak jako systém lokalizuje i vlastní ablační katétr (CartoSound™, Biosense Webster). Rotací ICE sondy získáme mnoho různých rovin dvojrozměrného řezu levou síní, z nichž pak automatický software ve spojení s manuální korekcí detekce endokardu zrekonstruuje 3D obraz levé síně (obrázek 7) (11, 12).

Elektroanatomické mapování a výpočetní tomografie (nukleární magnetická rezonance)

Vlastní proces elektroanatomického mapování s integrací reálné geometrie levé síně získané z výpočetní tomografie (CT) nebo nukleární magnetické rezonance (MRI) probíhá v několika krocích. Nejprve je zapotřebí získat „surová data“ (raw data set) z CT nebo MRI, dnes nejčastěji ve formátu DICOM. Tato data se pak přenesou do speciálního softwaru systému CartoMerge™ (Biosense Webster) nebo do jeho nejnovější generace Carto3™ (Biosense Webster) a specifickým postupem dojde k tzv. **segmentaci**. Po získání 3D elektroanatomické mapy pohybem ablačního katétru v cílové struktuře (např. v levé síni u ablace pro FS) se posléze provede tzv. **registrace** 3D mapy a CT obrazu. Vzhledem k přesnosti registrace při použití metody kontroly podle ICE tak, jak ji používáme v našem centru, (viz níže) pak již většinou pracujeme pouze s CT anatomickým obrazem s barevnou projekcí dalších informací na tuto anatomickou schránku (shell), např. časnosti aktivace, bipolární voltáže, indexů frakcionace apod.

Obrázek 9. Díky intrakardiální echokardiografii definujeme před registrací přesně kotevní body (šipky), k nimž pak přiřadíme odpovídající místa na 3D geometrii levé síně: hranka mezi levou horní a levou dolní plicní žílou ze strany levé horní žíly (panel A), nejkaudálnější okraj levé dolní plicní žíly (panel B), spodní septální okraj pravé dolní plicní žíly (panel C), horní zadní okraj pravé dolní plicní žíly (panel D)



Získání obrazu

Získání relevantních dat pro rekonstrukci 3D geometrie cílové srdeční struktury je nejdůležitější částí celého procesu obrazové integrace. Data lze získat jak z CT, tak i z MRI kontrastního zobrazení, ale vzhledem k nižší prostorové rozlišovací schopnosti většiny dostupných MRI jsou data z CT vyšetření prakticky vždy o řád „kvalitnější“, zvláště u obéznějších pacientů nebo pacientů s běžící arytmií (obrázek 8A). Solidní data použitelná pro obrazovou integraci lze ovšem získat z obou vyšetření, a tak použití té či oné zobrazovací techniky bude závislé na dostupnosti vyšetření v daném centru (13).

Rychlé protokoly spirálního multi-slice CT vyšetření (64 nebo dnes již běžně 128 řad detektorů) umožňují akvizici obrazu bez nutnosti EKG gatingu do specifického okamžiku srdečního cyklu (14). Vyšetření (scanning) je nutno provádět při zadrženém dechu v mírném expiriu, což anatomicky nejvíce odpovídá situaci klidného mělkého dýchání, která je pak povětšinou přítomná při vlastním ablačním zákroku (15). Další podstatnou podmínkou je provést CT (nebo MRI) vyšetření v co nejkratším časovém úseku před vlastní RFKA (v našem centru je to téměř

ve 100 % případů jeden den před výkonem) tak, aby náplň cílového oddílu během CT vyšetření a během ablace byla co nejméně odlišná.

Segmentace

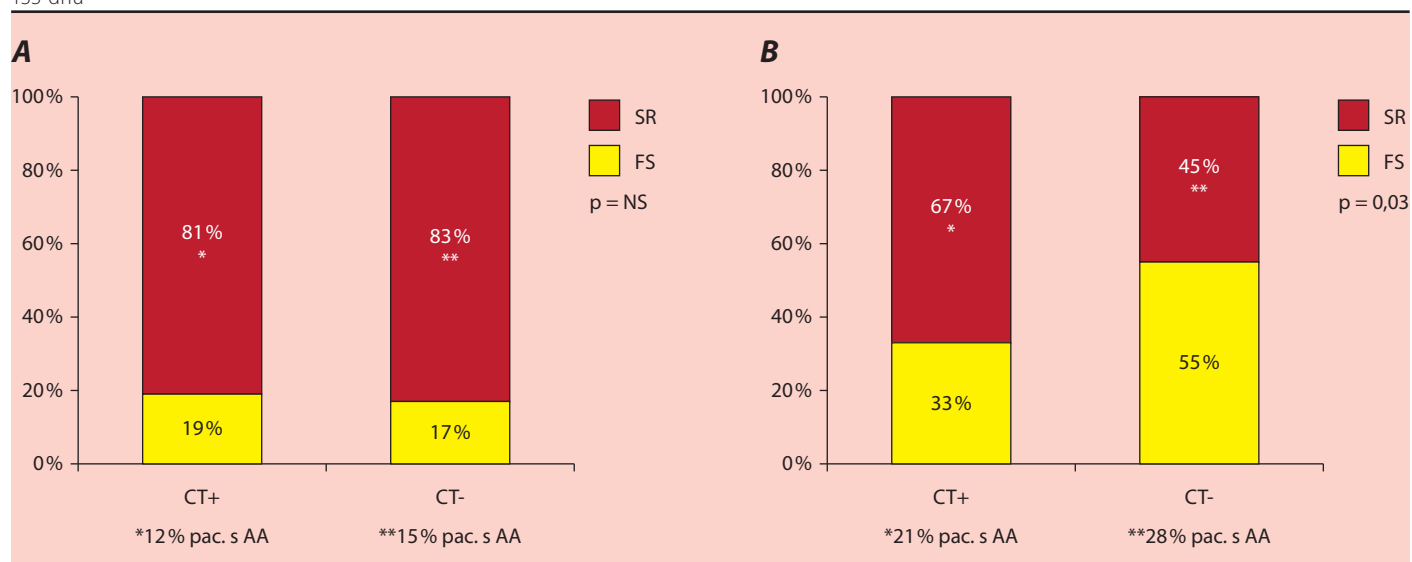
Segmentace je druhým krokem na cestě k obrazové integraci. Po přenesení „surových“ dat do softwaru trojrozměrného mapovacího systému (Carto3™ nebo Ensite Velocity™) je zapotřebí na horizontálním řezu manuálně nastavit intenzitu náplně a tím i adekvátní delineační srdečních oddílů. Kontrastní náplň levé síně (obrázek 8B) dovoluje snadnou diferenciaci endokardu (oblasti s nízkou intenzitou) a krevní náplně (oblasti s vysokou intenzitou). Poté se označí cílové volumy jednotlivými značkami (tečkami), kterými identifikujeme oblasti souvislé anatomické struktury (obrázek 8C). Algoritmus pak již sám dopočte, barevně rozliší a trojrozměrně zobrazí geometrie jednotlivých srdečních oddílů, které dle potřeby můžeme manuálně upravit, pojmenovat, zachovat či smazat, ořezat, spojit nebo rozdělit apod. (obrázek 8D). Ty struktury, které chceme pro naši práci dále zachovat, pak exportujeme (uložíme na harddisk počítače), a tím se stanou dostupnými během vlastní RFKA.

Registrace

Finálním procesem obrazové integrace je registrace. Registrací rozumíme proces, při němž dochází ke spojení elektroanatomické mapy získané během ablačního zákroku pohybem katétru v cílové struktuře a předem uloženého CT obrazu téže struktury. Ačkoliv existuje řada postupů pro registraci, v principu je možné použít buď **registraci podle kotevních bodů** nebo **registraci podle povrchu**. Teoreticky je potřeba minimálně tři kotevní body, aby software 3D systému dopočítal správnou polohu CT obrazu ve všech tří prostorových osách X, Y a Z.

Sami používáme kombinaci těchto metod, kdy nejprve za pomoci ICE definujeme přesnou polohu následujících kotevních bodů: hranka mezi levou horní a levou dolní plicní žílou ze strany levé horní žíly (obrázek 9A), nejkaudálnější okraj levé dolní plicní žíly (obrázek 9B), spodní septální okraj pravé dolní plicní žíly (obrázek 9C), horní zadní okraj pravé dolní plicní žíly (obrázek 9D), popř. další kotevní body nejlépe v ústí tenkých větviček plicních žil nebo u pravé horní plicní žíly či ouška levé síně. Tyto body pak označíme na CT obraze levé síně a necháme systém tyto dva obrazy spojit. Následně provedeme korekci na povrch

Obrázek 10. Úspěšnost radiofrekvenčních katérových ablací po prvním výkonu pro paroxysmální (panel A) a persistující nebo permanentní fibrilaci síní (panel B) v závislosti na použití obrazové integrace (CT+) nebo prostém 3D elektroanatomickém mapování (CT-). Průměrná doba sledování činila 345 ± 133 dnů



levé síně při minimu 90–100 bodů získaných elektroanatomickým mapováním. Software dopočte pozici CT obrazu podle speciálního algoritmu tak, aby se minimalizoval rozdíl vzdáleností mezi body získanými mapováním ablačním katétre a korepondujícími body na CT obraze.

Je zapotřebí říci, že přesnost obrazové integrace je ovlivňována řadou faktorů, které vyplývají z celého výše popsaného postupu (15). Správně provedené a dostatečně detailní CT (nebo MRI) vyšetření (optimálně s tloušťkou řezu 0,5 mm tak, jak jej používáme v našem centru) v době bezprostředně předcházející vlastní RFKA je základní, nikoliv však jedinou podmínkou dokonalé obrazové integrace. Proces vlastní segmentace je povětšinou automatický, jen sporadicky je zapotřebí korekce ze strany technika připravujícího obraz levé síně. Častým problémem je tady např. splynutí pravé horní plicní žíly s pravou větví plicnice a segmentace v těchto oblastech je obtížnější. Díky ICE máme dnes dokonalou možnost identifikovat správně kotevní body a dostatečný počet mapovacích bodů v kombinaci se zkušeností operátora a technika spolupracujícího na výkonu dávají v 99% případů výborné výsledky s průměrnou přesností pod 2 mm. V našem centru při získání mapy levé síně využíváme navíc možnosti vizualizace kontaktu ablačního katétru se stěnou levé síně na téměř každém jejím místě za pomoci ICE, čímž docílíme minimální distorze geometrie levé síně způsobené např. excesivním tlakem ablačního katétru.

Vliv obrazové integrace na klinické výsledky katérových ablací

Cílem obrazové integrace je zlepšit vlastní ablační zákrok tím, že nabízí detailní pohled

na anatomické poměry v levé siní a operátor může přesněji, efektivněji a bezpečněji aplikovat radiofrekvenční energii do kritických míst. Ačkoliv by obrazová integrace měla intuitivně vést ke zkrácení doby výkonu, potřeby skiaskopického času a teoreticky i k lepším výsledkům ablační léčby, v literatuře nemáme dostatek dat jednoznačně potvrzujících nebo vyvracejících tuto hypotézu.

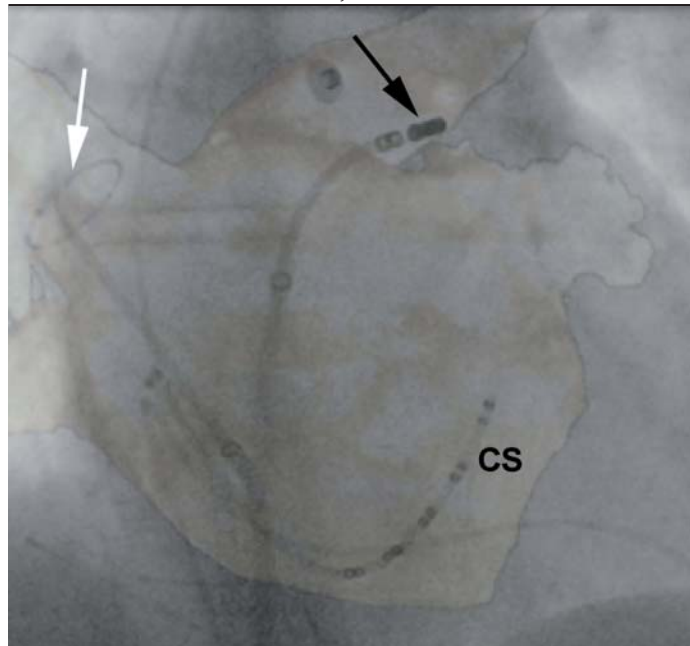
Kistler, a spol. (16) publikovali své iniciální zkušenosti s 94 pacienty, kteří nerandomizovaně podstoupili RFKA za pomoci elektroanatomického mapovacího systému CartoMerge™ s podporou obrazové integrace nebo bez ní. Cílem byla elektrická izolace plicních žil cirkumferenční lézí kolem ipsilaterálních ústí. Autoři v ablační skupině s CT integrací zaznamenali signifikantní zkrácení skiaskopického času (49 ± 27 min. vs. 62 ± 26 min., $p < 0,05$). Ačkoliv po 25 týdnech klinického sledování bylo za pomoci 7denního Holtera dokumentováno přežití bez arytmie u 60% pacientů ve skupině bez CT integrace oproti 83% pacientů ve skupině s CT integrací ($p < 0,05$), následující **randomizovaná** práce pocházející ze stejného pracoviště tyto výsledky nepotvrdila (16, 17). Sinusový rytmus bez výskytu arytmie za 6 měsíců po RFKA byl zaznamenán u 50% pacientů ve skupině léčené za pomoci samotného elektroanatomického mapování, resp. u 56% pacientů ve skupině s obrazovou integrací ($p = 0,9$). Navíc v této práci nebyl potvrzen vliv použití CT integrace na zkrácení doby výkonu nebo skiaskopického času (17).

Tang, a spol. (18) provedli podobnou randomizovanou prospektivní studii porovnávající samotné 3D elektroanatomické mapování (CartoXP™) s mapováním za podpory obrazové

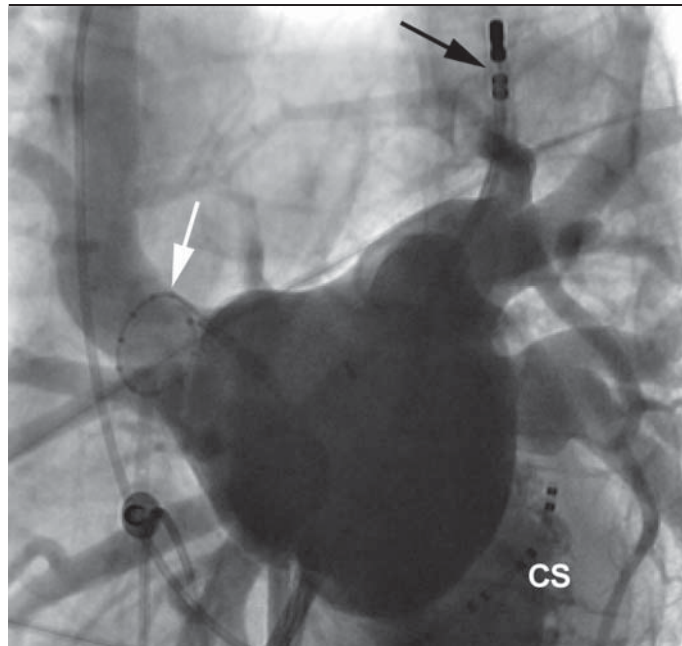
integrace (CartoMerge™) u 81 pacientů s paroxysmální fibrilací síní podstupujících prostou izolaci plicních žil. Zatímco CT integrace významně zkrátí skiaskopický čas ($19,6 \pm 7,5$ min. vs. $28,5 \pm 12,8$ min., $p < 0,001$) i procedurální čas (156 ± 25 min. vs. 179 ± 21 min., $p < 0,001$), úspěšnost ablační léčby v udržení sinusového rytmu za 12 měsíců po RFKA byla podobná (78,6% v CartoMerge™ skupině vs. 74,4% ve skupině CartoXP™). I další práce randomizující 50 pacientů na léčbu s nebo bez obrazové integrace (izolace plicních žil + lineární léze v levé siní na stropě a na mitrálním můstku) nenašla mezi skupinami žádný signifikantní rozdíl co do klinického výsledku (19) a tak se zdá, že obrazová integrace sama o sobě klinické výsledky pravděpodobně nezlepší, má však potenciál redukovat významné skiaskopickou zátěž a procedurální čas.

Poměrně recentně byly publikovány výsledky italského registru ablací pro paroxysmální FS (CartoMerge™ Italian Registry), kde bylo zahrzeno celkem 573 pacientů z 12 center (20). Proti sobě byly porovnány tři ablační strategie: ostiální segmentální izolace plicních žil (skupina SOCA), cirkumferenční izolace plicních žil za pomoci 3D elektroanatomického systému (skupina CARTO) a cirkumferenční izolace plicních žil za použití systému CartoMerge™ s obrazovou integrací s CT nebo MRI obrazem levé síně (skupina MERGE). Celkový skiaskopický čas se mezi skupinami nelišil (kolem 55 min. ve všech skupinách), použití obrazové integrace však vedlo k významnému zkrácení doby trvání procedury (210 ± 63 min. ve skupině MERGE vs. 232 ± 71 min. ve skupině CARTO, $p < 0,001$). Pacienti ve skupině MERGE měli po 12měsíčním sledování méně síniových arytmií než pacienti

Obrázek 11. Superimpozice CT obrazu do skiaskopického obrazu. Zobrazena je pravá šikmá projekce, cirkulární Lasso katétr je zaveden do pravé horní plicní žíly (bílá šipka) a ablační katétr (černá šipka) je na hraně mezi levou horní plicní žílou a ouškem levé síně. Další katétr je zaveden do koronárního sinu (CS)



Obrázek 12. Obrázek z 3D rotační angiografie. Cirkulární Lasso katétr je zaveden do pravé horní plicní žíly (bílá šipka) a ablační katétr směřuje do kraniální větve levé horní plicní žíly (černá šipka). Další katétr je zaveden do koronárního sinu (CS)



ve skupině SOCA, resp. CARTO (22,6 % vs. 44,6 %, resp. 41,7 %, $p < 0,0001$). Nicméně je třeba říci, že výsledky mohou být významně zkresleny individuálními metodologickými přístupy jednotlivých operátorů (12 center!), jakož i různou úrovní zkušeností jednotlivých pracovišť. Navíc je dobře známo, že vysokoobjemová centra mají obecně významně lepší výsledky než pracoviště s nízkým počtem výkonů (2). V této studii bohužel nebylo řečeno, zda technologií CartoMerge™ byla vybavena všechna centra, nebo jen ta největší.

Naše vlastní výsledky zahrnují retrospektivní sledování skupiny celkem 182 pacientů s dokumentovanou paroxysmální nebo chronickou (perzistující či permanentní) formou fibrilace síní, kteří podstoupili RFKA za pomoci 3D elektroanatomického systému CartoMerge™ s použitím nebo bez použití integrace s CT obrazem LS získaným den před výkonem (21). Recidivy FS byly hodnoceny pomocí opakovaných 7denních holterovských vyšetření (á 3 měsíce) event. doplněné záznamy z „event rekordéru“ či paměti implantabilního přístroje. V obou větvích byli pacienti s podobným klinickým profilem. Průměrná doba výkonu i skiaskopický čas byly signifikantně kratší ve skupině s CT integrací (201 ± 40 min. vs. 223 ± 42 min., $p < 0,001$, resp. 27 ± 6 min. vs. 30 ± 8 min., $p = 0,01$). Při průměrné době sledování 345 ± 133 dnů byla recidiva arytmie ve skupině s CT integrací zaznamenána u 26 % pacientů a ve skupině prostého 3D mapování u 33 % pacientů ($p = 0,8$). U paroxysmální formy

fibrilace síní (57 % pacientů ve studii) byla úspěšnost RFKA v obou skupinách velice podobná (obrázek 10), kdežto u pacientů s perzistující formou arytmie byla úspěšnost RFKA významně vyšší ve skupině s CT integrací (67 % vs. 45 %, $p = 0,03$). Zdá se tak, že použití obrazové integrace zvyšuje dlouhodobou úspěšnost RFKA u perzistující nikoliv paroxysmální formy FS.

Rotační angiografie

S rozvojem zobrazovacích technik se postupně získání obrazu přesunuje z oddělení radiologie na elektrofyziologický sál. Technika rotační výpočetní tomografické angiografie (CTA) se neustále vyvíjí, stejně tak jako možnosti propojení obrazu s vlastním elektrofyziologickým záznamovým zařízením (systém „all in one“). V současné době jsou na trhu k dispozici dva podobné systémy: Syngo DynaCT (Siemens) a EP Navigator (Philips Healthcare). Druhý zmíněný systém umožňuje i segmentovat CT obraz srdce a geometrii levé síně superimponovat na reálný skiaskopický obrázek v jakékoliv projekci (obrázek 11). EP Navigator tak umožňuje operátorovi hodnotit okamžitou polohu všech v srdci zavedených katétrů vůči cílové struktuře (obrázek 12).

Rotační angiografie teoreticky překonává CT vyšetření v několika aspektech:

- 1) menší nároky na cenu vyšetření,
- 2) menší nároky na organizaci vyšetřování pacientů,
- 3) nižší radiační dávka pro pacienta,

- 4) možnost získání geometrie levé síně nejvíce odpovídající reálnému stavu díky tomu, že obraz je získáván bezprostředně před zahájením vlastní RFKA.

Anatomii levé síně lze získat buď nepřímo získáním obrazu po nástřiku plicnice kontrastní látkou ve venózní fázi návratu do levé síně nebo přímým nástřikem kontrastní látky do levé síně. V obou případech je zapotřebí správně časovat rotaci C-ramene rtg zařízení kolem dlouhé osy pacienta se zadrženým dechem v mírném expiriu a za rychlé stimulace komor (minimalizace pohybových artefaktů). Další zpracování je již softwarové a data z rotační angiografie je možné podobně exportovat ve formátu DICOM do segmentačního softwaru 3D elektroanatomických mapovacích systémů jako data z CT vyšetření.

Závěr

Zobrazovací metody v elektrofyziologii prodělaly za poslední léta neuvěřitelný vývoj právě díky stále indikovanější katérové léčbě pro fibrilaci síní. Velká elektrofyziologická pracoviště provádějící tyto komplexní výkony dnes rutinně využívají výhod detailní anatomické informace cílové srdeční struktury z CT nebo MRI vyšetření. O tom, zda obrazová integrace přináší zlepšení klinického úspěchu v léčbě arytmií dosud nemáme dostatek dat z randomizovaných klinických studií, ale zavedení nejnovější generace 3D elektroanatomických systémů společně s možností zobrazení polohy všech v srdci

zavedených katétrů v reálném čase minimálně přispělo k významnému zkrácení doby výkonu a skiaskopické zátěže.

Na druhé straně je zapotřebí zdůraznit, že zobrazovací metody slouží stále jen jako pomocník či průvodce anatomii levé síně a je to stále jen správně aplikovaná strategie rozmístění jednotlivých ablačních lézí, která pacienta léčí. Díky narůstající koncentraci zkušeností na jednotlivých velkoobjemových pracovištích za poslední léta a díky zavedení těchto nových technologií (včetně např. roboticky asistovaných ablací jak je provádíme na našem pracovišti) můžeme jednoznačně garantovat vyšší účinnost a bezpečnost zákroků, než tomu bylo ještě před 5–10 lety.

Literatura

1. Bulava A. Katérové ablace fibrilace síní. In: Lukl J, editor. Fibrilace síní. Praha: Grada, 2009: 134–159.
2. Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Iesaka Y, et al. Worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 111: 1100–1105.
3. Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Iesaka Y, et al. Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010; 3: 32–38.
4. Cheng A, Calkins H. A conservative approach to performing transseptal punctures without the use of intracardiac echocardiography: stepwise approach with real-time video clips. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2007; 18: 686–689.
5. Bulava A, Slavík L, Fiala M, Heinc P, Skvarilova M, et al. Endothelial damage and activation of the hemostatic system during radiofrequency catheter isolation of pulmonary veins. *J Interv Card Electrophysiol* 2004; 10: 271–279.
6. Haniš J, Bulava A, Sitek D, Novotný A, Mokráček A. Možnosti řešení supraventrikulárních arytmií při vrozených nebo získaných okluzích dolní duté žíly a jejich přítoků. *Cardiology Lett* 2011; 20: 76 (Abstract).
7. Ren JF, Callans DJ, Schwartzman D, Michele JJ, Marchlinski FE. Changes in local wall thickness correlate with pathologic lesion size following radiofrequency catheter ablation: an intracardiac echocardiographic imaging study. *Echocardiography* 2001; 18: 503–507.
8. Ren JF, Marchlinski FE. Utility of intracardiac echocardiography in left heart ablation for tachyarrhythmias. *Echocardiography* 2007; 24: 533–540.
9. Yamada T, Doppalapudi H, McElderry HT, Okada T, Murakami Y, et al. Idiopathic ventricular arrhythmias originating from the papillary muscles in the left ventricle: prevalence, electrocardiographic and electrophysiological characteristics, and results of the radiofrequency catheter ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2010; 21: 62–69.
10. Seiler J, Lee JC, Roberts-Thomson KC, Stevenson WG. Intracardiac echocardiography guided catheter ablation of incessant ventricular tachycardia from the posterior papillary muscle causing tachycardia – mediated cardiomyopathy. *Heart Rhythm* 2009; 6: 389–392.
11. Khaykin Y, Skanes A, Whaley B, Hill C, Beardsall M, et al. Real-time integration of 2D intracardiac echocardiography and 3D electroanatomical mapping to guide ventricular tachycardia ablation. *Heart Rhythm* 2008; 5: 1396–1402.
12. Packer DL, Johnson SB, Kolasa MW, Bunch TJ, Henz BD, Okumura Y. New generation of electro-anatomic mapping: full intracardiac ultrasound image integration. *Europace* 2008; 10(Suppl 3): iii35–iii41.
13. Dong J, Dickfeld T, Dalal D, Cheema A, Vasamreddy CR, et al. Initial experience in the use of integrated electroanatomic mapping with three-dimensional MR/CT images to guide catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006; 17: 459–466.
14. Mahnken AH, Bruder H, Suess C, Mühlenbruch G, Brunnens P, et al. Dual-source computed tomography for assessing cardiac function: a phantom study. *Invest Radiol* 2007; 42: 491–498.
15. Tops LF, Schalij MJ, den Uijl DW, Abraham TP, Calkins H, Bax JJ. Image integration in catheter ablation of atrial fibrillation. *Europace* 2008; 10(Suppl 3): iii48–iii56.
16. Kistler PM, Rajappan K, Jahngir M, Earley MJ, Harris S, et al. The impact of CT image integration into an electroanatomic mapping system on clinical outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006; 17: 1093–1101.
17. Kistler PM, Rajappan K, Harris S, Earley MJ, Richmond L, Sporton SC, Schilling RJ. The impact of image integration on catheter ablation of atrial fibrillation using electroanatomic mapping: a prospective randomized study. *Eur Heart J* 2008; 29: 3029–3036.
18. Tang K, Ma J, Zhang S, Zhang JY, Wei YD, et al. A randomized prospective comparison of CartoMerge and CartoXP to guide circumferential pulmonary vein isolation for the treatment of paroxysmal atrial fibrillation. *Chin Med J* 2008; 121: 508–512.
19. Sra J, Narayan G, Krum D, Malloy A, Cooley R, et al. Computed tomography-fluoroscopy image integration-guided catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2007; 18: 409–414.
20. Bertaglia E, Bella PD, Tondo C, Proclemer A, Bottoni N, et al. Image integration increases efficacy of paroxysmal atrial fibrillation catheter ablation: results from the CartoMerge Italian Registry. *Europace* 2009; 11: 1004–1010.
21. Bulava A, Haniš J, Ošmera O, Šnorek M, Sitek D, Toušek F. Radiofrekvenční katérová ablace fibrilace síní spomocí CT integrace – užitečný nástroj nebo zbytečný „luxus“. XVIII sjezd České kardiologické společnosti, Brno, květen 2010.

Článek přijat redakcí: 11. 3. 2011

Článek přijat k publikaci: 10. 4. 2011

doc. MUDr. Mgr. Alan Bulava, Ph.D.

Kardiocentrum Nemocnice České Budějovice, a. s.
B. Němcové 54, 370 01 České Budějovice
alanbulava@seznam.cz
