

Nejnovější rentgenové zobrazovací metody při katetrizační ablací komplexních síňových arytmií

Zdeněk Stárek, František Lehar, Jiří Jež, Jiří Wolf, Pavel Leinveber

I. interní kardiologická klinika, ICRC, FN u sv. Anny, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno, Česká republika

Stárek Z, Lehar F, Jež J, et al. **Nejnovější rentgenové zobrazovací metody při katetrizační ablací komplexních síňových arytmií.** *Cor Vasa* 2011;53:637–643.

Cíl práce: Najít optimální protokol pro vytváření trojrozměrných modelů srdečních dutin a struktur v okolí srdce pomocí trojrozměrné rotační angiografie srdce (3DRA).

Metodika: U 128 pacientů jsme provedli 3DRA s použitím dvou různých pravosíňových protokolů P1 a P2, jednoho levosíňového protokolu a pravostranný protokol s manuálním startem P3 a sledovali úspěšnost dosažení použitelného 3D modelu srdeční dutiny, většinou levé síně. Provedli jsme i analýzu faktorů ovlivňujících úspěšnost 3DRA (BMI, TF, druh rytmu při nástřiku). U 35 pacientů jsme sledovali úspěšnost zobrazení jícnu pomocí perorálně podané kontrastní látky.

Výsledky: Protokol P2 (úspěšnost 87,5 %) se ukázal jako úspěšnější než protokol P1 (úspěšnost 52,94 %). Úspěšnost protokolu P3 s manuálním startem (85 %) se nelišila od protokolu P2. Nejvyšší úspěšnost (97,67 %) byla u levostranného protokolu. Úspěšnost zobrazení jícnu byla 94 %.

Závěry: 3D rotační angiografie srdce je spolehlivou metodou k vytváření 3D modelů srdečních dutin, zejména levé síně. Levostranný přístup je robustní metoda s prakticky 100% úspěšností. U pravostranného přístupu se osvědčil protokol 2 s fixním zpožděním 9 s. Zobrazení jícnu je jednoduché, spolehlivé a bezpečné.

Klíčová slova: 3D rotační angiografie srdce – Multislice CT srdečních dutin – Komplexní síňové a komorové arytmie – Katetrová ablace arytmií – Integrace obrazů

Stárek Z, Lehar F, Jež J, et al. **The newest radiologic imaging methods used during catheterization ablation of complex atrial arrhythmias.** *Cor Vasa* 2011;53:637–643.

Aim: To define the optimal protocol for three-dimensional (3D) modeling of heart cavities and adjacent structures using 3D rotational angiography (3DRA).

Methods: One hundred twenty-eight patients underwent 3DRA using two different right atrial protocols (P1 and P2), one left atrial protocol and a right-sided protocol with a manual start (P3). The effectiveness of useful 3D heart cavity model attainment, mostly concerning the left atrium, was evaluated. The analysis of factors influencing the effectiveness of 3DRA (BMI, HR, type of rhythm during application of the contrast medium) was also performed. In 35 patients, we evaluated the effectiveness of esophagus imaging using oral application of the contrast medium.

Results: The protocol P2 (87.5% effectiveness) seemed to be more effective than the protocol P1 (52.94% effectiveness). The effectiveness of the protocol P3 with a manual start (85%) was not different from that of the protocol P2. The highest effectiveness (97.67%) was demonstrated in the left-sided protocol. The esophagus imaging effectiveness was 94%.

Conclusion: 3D rotational angiography of the heart is a reliable method for 3D modeling of heart cavities, especially the left ventricle. The left-sided approach is a robust method with almost 100% effectiveness. As for the right-sided approach, the protocol 2 with a fixed 9 sec delay seemed to be the most useful. Esophagus imaging is simple, reliable and safe.

Key words: 3D rotational angiography of the heart – Multislice CT scan of heart cavities – Complex atrial and ventricular arrhythmias – Catheter ablation of arrhythmias – Integration of images

Adresa: MUDr. Zdeněk Stárek, Ph.D., I. interní kardiologická klinika a ICRC, FN u sv. Anny, Pekařská 53, 65 691 Brno, e-mail: zdenek.starek@fnusa.cz

Tato práce byla podpořena Výzkumným záměrem Ministerstva školství České republiky (č. MSM 0021622402) a Evropským regionálním rozvojovým fondem – Projekt FNUSA-ICRC (č. CZ.1.05/1.1.00/02.0123).

Úvod

Srdeční elektrofyziologie a katetrové ablace arytmií jsou moderní, velmi perspektivní metodou umožňující diagnostiku arytmií a jejich následné nefarmakologické a ve svém principu kauzální řešení.

Prvopočátky srdeční elektrofyziologie spadají do devatenáctého a počátku dvacátého století, kdy byly publikovány takové převratné objevy, jako první anatomický popis vodivé soustavy srdce (J. E. Purkyně, 1845), objev anatomických struktur spojujících síně a komory (Kent a His, 1893), objev sinoatriálního uzlu (Gaskell, 1900) či objev atrioventrikulárního uzlu (Aschoff, Tawara, 1906). S rozvojem snímání povrchových elektrokardiografických záznamů a jejich použití v diagnostice srdečních onemocnění došlo v druhé polovině 20. století k rozvoji klinické intrakardiální katetrové elektrofyziologie. Klíčovou událostí na tomto poli byla první úspěšná registrace potenciálu Hisova svazku (Sherlag, 1969¹). Zajímavostí je, že prvenství v této oblasti patří brněnskému kardiologovi prof. Vítkovi, který provedl zmíněný výkon již v roce 1962,² bohužel, vzhledem k tehdejší politické situaci se tomuto klíčovému objevu nedostalo náležité publicity. Druhá polovina 20. století se nese v duchu bouřlivého rozvoje diagnostických elektrofyziologických metod. Zpočátku statická deskriptivní diagnostika srdečního převodního systému byla záhy doplněna o vyšetření při zátěži stimulací či aplikací farmak a záhy dospěla do formy, v jaké ji známe dodnes. I na našem pracovišti, I. interní klinice FN u sv. Anny v Brně, byla v roce 1972 založena elektrofyziologická invazivní pracovní diagnostická skupina skládající se ze dvou kardiologů, jednoho fyziologa a radiologa (MUDr. B. Semrád, MUDr. K. Zeman, MUDr. J. Šumbera, MUDr. K. Kubín), která v následujících letech přispěla svým dílem k poznání fyziologie i patologie srdečního převodního systému.^{3,4}

Po prvních poněkud rozpačitých pokusech s přímou katetrovou ablací arytmií jednosměrným proudem,⁵ došlo na přelomu 80. a 90. let k raketovému rozvoji radiofrekvenční katetrové ablace arytmií. Tento vývoj byl odstartován prvním úspěšným klinickým použitím radiofrekvenční energie v katetrové léčbě arytmií, a to při přerušení pravostranné akcesorní dráhy prof. Borggrefem v roce 1987.⁶ V dalších letech došlo k dalším vylepšením, zvyšujícím účinnost a bezpečnost katetrových ablací, jako bylo zavedení teplotně řízené ablace,⁷ zavedení katetrů s chlazeným hrotem⁸ či zavedení nových druhů energie, zejména kryoenergie. Katetrová ablace arytmií se nyní, na počátku 3. tisíciletí, stala uznávanou léčebnou metodou první volby pro velkou část arytmií.⁹ Velkou výhodou katetrové ablace je fakt, že je léčbou kauzální, s vysokou úspěšností a malým rizikem komplikací, zatímco farmakoterapie arytmií, která byla v posledních 150 letech na tomto poli zcela dominantní, je zatížena řadou vedlejších účinků a značným proarytmogenním efektem při nedostatečné účinnosti.

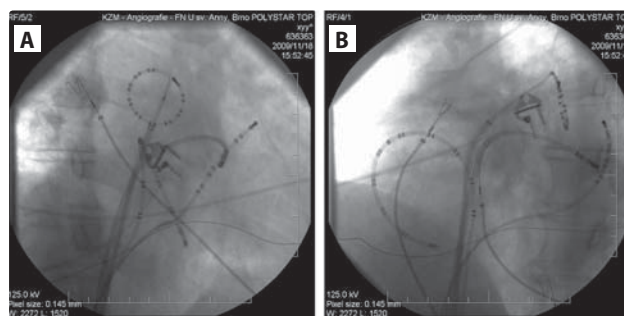
Vývoj katetrizačních ablací arytmií a navigace katetrů

Již od prvních pionýrských dob srdeční elektrofyziologie byla hlavním, základním a také jediným zobrazovacím

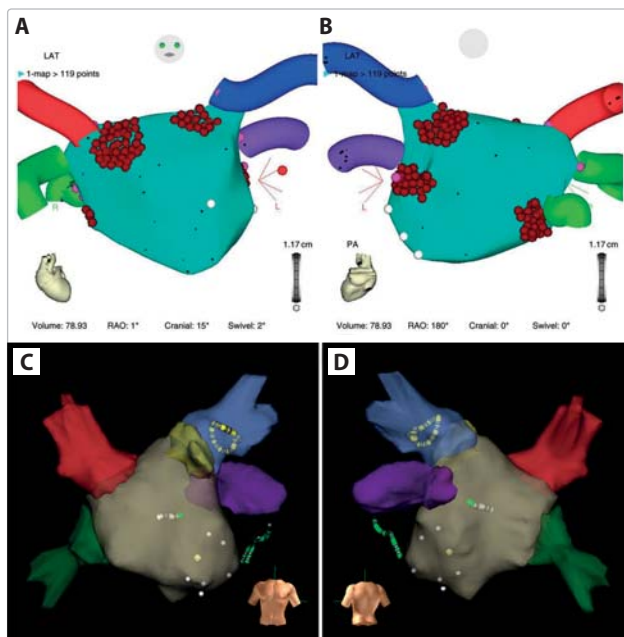
systémem rentgenová skioskopie. Katetrizující až do nedávné doby pracovali v přítmí a jediným anatomickým vodítkem, umožňujícím prostorovou lokalizaci zavedených katetrů, a tím i účinnost a bezpečnost výkonu, byly šedé stíny vyznačující srdeční kontury a stíny zavedených katetrů (obrázek 1). Základním 3D mapovacím systémem byl mozek katetrizujícího lékaře, který z těchto minimálních prostorových informací a z kanálů intrakardiálního EKG rekonstruoval polohu katetrů v srdci během ablace. I přes postupně se zlepšující parametry rentgenových přístrojů používaných pro elektrofyziologická vyšetření zůstával princip po desetiletí stejný.

U řady supraventrikulárních arytmií lokalizovaných v pravé části srdce jsou tyto informace dostačující a zkušený elektrofyziolog je schopen s minimálními komplikacemi a vysokou úspěšností řešit arytmiie, jako jsou atrioventrikulární nodální reentry tachykardie, akcesorní dráhy či typický flutter síní. Katetrová ablace komorových arytmií je z tohoto pohledu obtížnější a největší výzvou je katetrová ablace komplexních forem síňových arytmií v levé síni, zejména ablace fibrilace síní. Katetrová ablace fibrilace síní je vzhledem ke komplexnímu charakteru arytmiie a složité anatomii levé síně dlouhotrvajícím výkonem, který je potenciálně nebezpečný a spojený s vyšším rizikem komplikací, které mohou být i fatální.¹⁰ Přesto jsou tyto metody natolik efektivní, že vzhledem k nízké účinnosti farmakoterapeutických metod a s nimi spojenými riziky můžeme v dnešní době u určitých skupin pacientů s fibrilací síní doporučovat katetrizační ablací jako metodu první volby.¹¹

I tyto výkony lze provádět pouze za skioskopické kontroly, celková délka takových výkonů je však značná a nároky na katetrizujícího lékaře jsou obrovské. Vývoj se ubíral cestou usnadnění navigace katetrů v srdečních dutinách pomocí 3D mapovacích elektroanatomických systémů.¹² V současnosti se používají různé verze systému CARTO, Biosense Webster a systém EnSite/NavX, Saint Jude Medical (obrázek 2). Tyto systémy dokáží na podkladě různých fyzikálních principů vytvářet podobné trojrozměrné non-fluoroskopické mapy srdečních dutin. Tyto modely jsou



Obrázek 1 Rentgenový skioskopický obraz katetrů zavedených do srdečních síní. Na obrázcích vidíme 20polární katetr zavedený do pravé síně, 10polární katetr zavedený hluboko do koronárního sinu, cirkulární 20polární katetr a 4polární mapovací/ablační katetr zavedený do levé síně. Další struktury patrné na obrázku jsou kabely od elektrod povrchového 12svodového EKG a elektrod systému EnSite/NavX. A) pravá šikmá rentgenová projekce, B) levá šikmá rentgenová projekce



Obrázek 2 Trojrozměrná elektroanatomická mapa levé síně.
A a B) Mapa vytvořená systémem CARTO; tělo levé síně je znázorněno modře, barevné trubice znázorňují jednotlivé plicní žíly – červená barva znázorňuje pravou horní plicní žílu, zelená pravou dolní a střední plicní žílu, modrá levou horní plicní žílu a fialová levou dolní plicní žílu. Ouško levé síně není znázorněno. Bílé body znázorňují anulus mitrální chlopně, hnědé body místa aplikace radiofrekvenční energie. **C a D)** Mapa levé síně vytvořená systémem EnSite/NavX; barevné kódování plicních žil je stejné, bílé body znázorňují průběh anulu mitrální chlopně, ouško levé síně je znázorněno žlutě. Obě mapy jsou znázorněny ve stejné projekci: A a C je pohled zepředu (anteroposteriorní projekce), C a D je pohled zezadu (posteroanteriorní projekce)

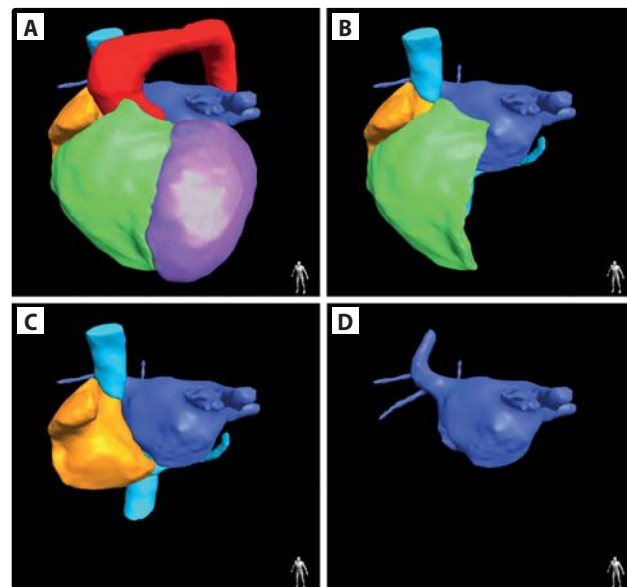
ve své podstatě virtuální a vznikají postupně mapováním dutiny srdeční mapovacím katetrem. Do takto vytvořených obrazů levé či pravé síně mohou být vyznačeny i informace o místech aplikace radiofrekvenční energie při ablacii, místa zajímavých potenciálů, časnosti či amplitudy potenciálů v daném místě, čímž lze maximálně zjednodušit a usnadnit ablační výkon.

I když 3D elektroanatomické mapovací systémy zjednodušily katetrovou ablacii komplexních arytmií, zůstaly tyto výkony těmi nejsložitějšími v kardiologii. I samotné vytváření 3D elektroanatomické mapy je potenciálně rizikové, zejména vzhledem ke značné variabilitě anatomie levé síně.^{13,14} Počet plicních žil může kolísat, jejich velikost, úhel odstupu a větvení je velmi variabilní, stejně jako velikost ouška levé síně a jeho napojení na síň. Vzhledem k riziku poškození síně s rizikem perikardiálního výpotku až s obrazem srdeční tamponády je znalost anatomie levé síně klíčová pro bezpečnost výkonu. Riziko poškození síňových struktur může být minimalizováno a celý výkon může být urychlen a zjednodušen použitím trojrozměrných rentgenových (3D RTG) modelů srdce, které nás objektivně informují o skutečné anatomii levé síně.

Dnes se již standardně užívá angioCT vyšetření srdce pomocí multidetektorového CT (multi-detector computed tomography, MDCT). CT obraz srdce je získáván pomocí

multidetektorového CT přístroje po intravenózní aplikaci kontrastní látky a výsledkem je obraz všech srdečních dutin. Jak napovídá způsob získávání těchto dat, je nutno provádět CT srdce preprocedurálně. Vzhledem k sofistikovaným technologiím jsou MDCT rekonstrukce srdečních dutin velmi kvalitní s vysokým rozlišením. Z velkého množství řezů získaných pomocí CT jsme na pracovní stanici CT či angiolinky schopni zrekonstruovat trojrozměrný obraz srdečních dutin a pomocí speciálního softwaru vysegmentovat („vyříznout“) z obrazu celého srdce dutinu, kterou potřebujeme, většinou levou síň. Příklad segmentace jednotlivých dutin vidíme na obrázku 3.

Další zcela novou alternativou MDCT obrazu srdce, k jejímuž rozvoji došlo v posledních letech, je trojrozměrná rotační angiografie srdce (3DRA). Principem této metody je vytvoření řady scanů srdečních dutin naplněných kontrastní látkou při rotaci ramene C standardní angiolinky a jejich následné softwarové zpracování do trojrozměrného obrazu. V podstatě jde o rotační angiografii, používanou standardně při vyšetření periferních cév, aplikovanou na srdce. V současnosti existují dvě společnosti jejichž rentgenové systémy jsou vybaveny touto technologií. Jednou z nich je společnost Philips, jejíž angiolinka Allura FD je vybavena technologií s názvem 3D rotační atriografie.¹⁵ Druhou společností je společnost Siemens, jejichž přístroj Artis je vybaven technologií Syngo DynaCT Cardiac.¹⁷ Oba systémy jsou primárně vyvinuty pro zobrazení levé síně, s čímž souvisí všechny limity a potenciální nevýhody této metody.



Obrázek 3 MDCT trojrozměrná rekonstrukce srdečních dutin.
A) Všechny srdeční dutiny nasnímané pomocí MDCT, jednotlivé dutiny odlišeny barevně (aorta – červená, levá komora se zvlášť znázorněným myokardem levé komory – fialová, levá síň – tmavě modrá, pravá komora – zelená, pravá síň – okrová, horní a dolní dutá žíla a koronární sinus – bleďe modrá). Na dalších obrázcích postupně softwarově skrýváme jednotlivé dutiny v průběhu segmentace – **B)** skrytá levá komora a aorta, **C)** zůstaly již pouze síň, horní a dolní dutá žíla a koronární sinus, **D)** vysegmentován pouze obraz levé síně, který se používá nejčastěji.

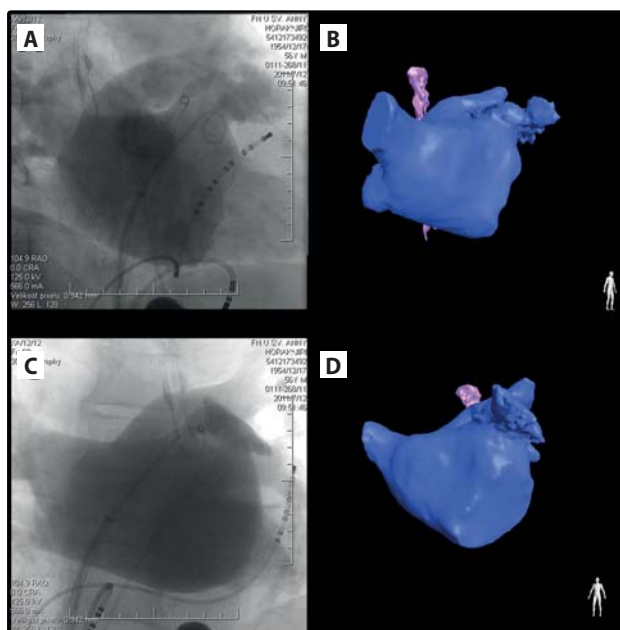
Obrazy vytvořené pomocí rotační angiografie srdce jsou plně srovnatelné s obrazy vytvořenými pomocí MDCT.¹⁵ Použití výsledných obrazů, jak bude uvedeno dále, je u CT i rotační angiografie srdce shodné. Výhodou rotační angiografie srdce je možnost operativního periprocedurálního vytvoření 3D rekonstrukce levé síně. Nezanedbatelná je i menší radiační zátěž ($2,1 \pm 0,3$ mSv vs. $13,8 \pm 2,4$ mSv; $p < 0,001$).¹⁶ Stejně tak i dávka kontrastní látky je nižší.¹⁷ Zcela zásadní výhodou je možnost intraprocedurálního vytvoření 3D rekonstrukce srdeční dutiny, zjednodušující management pacientů odeslaných ke katetrizační ablacii. Celé provedení rotační angiografie srdce včetně fúze se skiaskopii a přenesení do 3D mapovacích systémů netrvá déle než 15 minut a vzhledem k možnosti paralelního průběhu katetrizace a vytváření a úpravy 3D obrazu ze surových dat se ablační výkon prodlužuje jen minimálně.

Základem této metody je nástřik kontrastní látky do srdečních síní. Provádí se injektorem standardně dodávaným s angiolinkou. Nástřik se provádí buď do pravé síně (pravostranný či indirektní přístup), nebo přímo do levé síně (přístup levostranný či direktní). S určitým zpožděním, daným místem nástřiku a dobou, než se kontrastní látka dostane do levé síně, proběhne rotace ramene C se zaznamenáním řady scanů levé síně z různých úhlů pořízených během rotace. U levostranného přístupu se snažíme dosáhnout co nejlepší náplně levé síně chvilkovou asystolií podáním adenosinu či rychlou komorovou stimulací. Získaná surová data jsou poté automaticky zpracována pracovní stanicí (EP navigátor, Philips, Syngo DynaCT, Siemens) a výsledkem je 3D obraz levé síně zcela ekvivalentní CT rekonstrukci srdeční síně. Zpracování je velmi rychlé, jde o „one click“ technologii. V případě potřeby lze do segmentace zasáhnout a upravit rekonstrukce manuálně. Srovnání surových dat a výsledné rekonstrukce je vidět na *obrázku 4*. Vzhledem k tomu, že tato technologie je nová, existuje řada odchylek mezi jednotlivými pracovišti, jak co se týče konkrétního protokolu podání kontrastní látky, tak i dalších detailů, jako je příprava pacienta, poloha pacienta, zavedené katetry atd.

Trojrozměrné rekonstrukce srdeční dutiny, v praxi prakticky vždy levé síně, se v nefarmakologické terapii srdečních arytmií používá dvěma základními způsoby. První metodou, používanou déle, je různý způsob použití tohoto obrazu při vytváření nonfluoroskopické 3D elektroanatomické mapy. Druhá možnost, používaná u posledních generací výše zmiňovaných angiografických zobrazovacích systémů, je přímá fúze 3D mapy se skiaskopií.

Již pouhá segmentace 3D modelu levé síně přináší katetrizujícímu řadu důležitých informací. Jednoznačně se ukáže, kolik plicních žil konkrétní síň má, zda levostranné žíly nemají společné ústí, nebo naopak vpravo není třetí akcesorní plicní žíla, což jsou nejčastější anomálie.^{13,14} Důležitý je také směr odstupu jednotlivých plicních žil, jejich průsvit, velikost a morfologie ouška levé síně atd.

K optimálnímu použití takto získaných informací je potřeba určitá forma integrace 3D modelu levé síně a elektroanatomického mapovacího systému. Nejjednodušší metodou využití 3D rekonstrukcí srdce je synchronizované

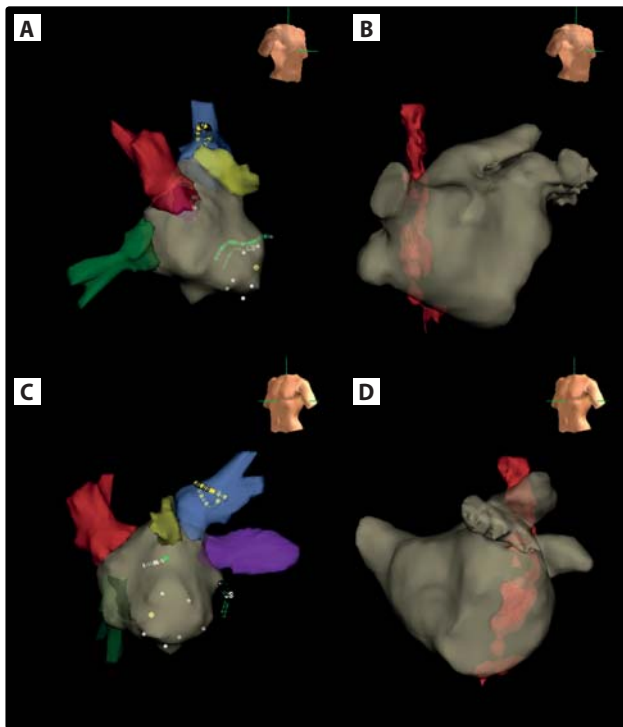


Obrázek 4 Ukázka tzv. surových dat, jak jsou zaznamenána při rotaci ramene C a výsledné rekonstrukce levé síně. **A a C)** Levá síň naplněná kontrastní látkou při levostranném přístupu (nástřik přímo do levé síně, na obrázku A je dobře vidět pigtail pod stropem levé síně); obr. A je v pravé šikmé rentgenové projekci, obr. C v levé šikmé rentgenové projekci; kromě pigtailu je vidět i katetr zavedený do koronárního sinu, druhý transeptální sheat zavedený do levé síně a stimulační katetr zavedený do pravé komory; v horní části obrazu jsou patrné stopy kontrastní látky v jícnu. **B a D)** Výsledná rekonstrukce levé síně ve stejných rentgenových projekcích; dobře jsou vidět dvě pravostranné a dvě levostranné plicní žíly a ouško levé síně; za levou částí síně je patrný jícen znázorněný fialovou barvou.

zobrazení 3D rekonstrukce a 3D elektroanatomické mapy, které je vidět na *obrázku 5*. Na obrazovce elektroanatomického mapovacího systému vidíme vedle sebe oba modely s možností natočení do libovolné projekce, přičemž obě struktury se pohybují simultánně. Tím máme neustále před očima ve shodné projekci skutečnou anatomii levé síně při vytváření anatomie virtuální. To znamená, že se na vytvářené mapu i na 3D rekonstrukci síně můžeme dívat z pohledu, který je v danou chvíli pro nás nejvýhodnější, nejprehlednější. Tím se proces vytváření 3D elektroanatomické mapy urychluje a zjednodušuje a snižuje se riziko poškození stěny síně manipulační katetry.

Dalším stupněm integrace obrazů je přímá fúze 3D RTG obrazu levé síně s elektroanatomickou mapou. Cílem této integrace je umístit 3D rekonstrukci levé síně do 3D elektroanatomického mapovacího systému natolik přesně, že se její poloha shoduje s polohou levé síně a můžeme pak navigovat katetry přímo ve zfúzované 3D rekonstrukci.

Další cestou, jak zlepšit orientaci v levé síni, je přímá integrace 3D RTG obrazů s live skiaskopií. Spočívá v softwarovém proložení 3D modelu levé síně a 2D skiaskopie. Trojrozměrný RTG obraz je synchronizovaný s ramenem C, tudíž při jakékoli změně RTG projekce vidíme ve 2D skiaskopii správně orientovaný 3D model (technologie EP navigátor, Philips, Syngo DynaCT Cardiac, Siemens)

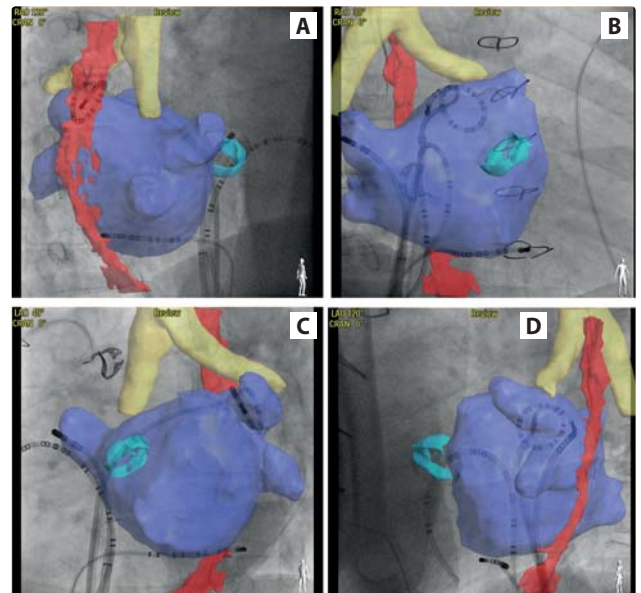


Obrázek 5 Synchronizované zobrazení 3D modelu levé síně vytvořeného pomocí 3D rotační atriografie a 3D elektroanatomické mapy vytvořené systémem EnSite/NavX. A a C) Mapa EnSite/NavX, na obr. A v pravé šikmé rentgenové projekci, na obr. C v levé šikmé rentgenové projekci. B a D) 3D model rekonstruovaný z dat získaných pomocí 3DRA, zobrazený ve stejných projekcích; dobře jsou vidět dvě pravostranné a dvě levostranné plicní žíly a ouško levé síně.

(obrázek 6). Při této integraci je s výhodou použití intra-procedurálně získané 3D rotační angiografie srdce. Takto získaná 3D rekonstrukce levé síně je přesně v místě levé síně a je správně orientovaná. Pokud se pacient nepohne, není třeba jakýchkoli úprav a korekcí polohy 3D obrazu. Jinak je to u CT rekonstrukce, která se provádí preprocedurálně, většinou několik dnů dopředu na jiném přístroji. V tomto případě je zapotřebí provést korekci polohy 3D rekonstrukce v live skioskopii podle určitých styčných anatomických bodů, podobně jako při integraci s elektroanatomickou mapou, což může komplikovat a protahovat proces integrace.

Takto integrovaný obraz se nejčastěji používá ke zlepšení orientace při vytváření klasické elektroanatomické mapy. Umožňuje nám při sledování live skioskopie vidět katetry přímo v 3D modelu levé síně. Toto zobrazení je natolik kvalitní, že se dá použít i jako jediná orientace při katetrizační ablacii fibrilace síní, přičemž nebyl prokázán rozdíl v trvání, RTG časech ani okamžitých či dlouhodobých výsledcích mezi navigací pomocí 3D rotační angiografie srdce a standardní navigací pomocí systému CARTO.¹⁸

Další strukturou, kterou jsme schopni velmi jednoduše znázornit pomocí 3D rotační atriografie, je jícen. Vzhledem k riziku, byť velmi malému, fatální atrioezofageální fistule při RFA v levé síni se v posledních letech rozvinula řada metod umožňujících předcházet této nebezpečné komplikaci. Polknutí malého množství kontrastní látky před provedením rotační atriografie umožňuje s velkou přesností



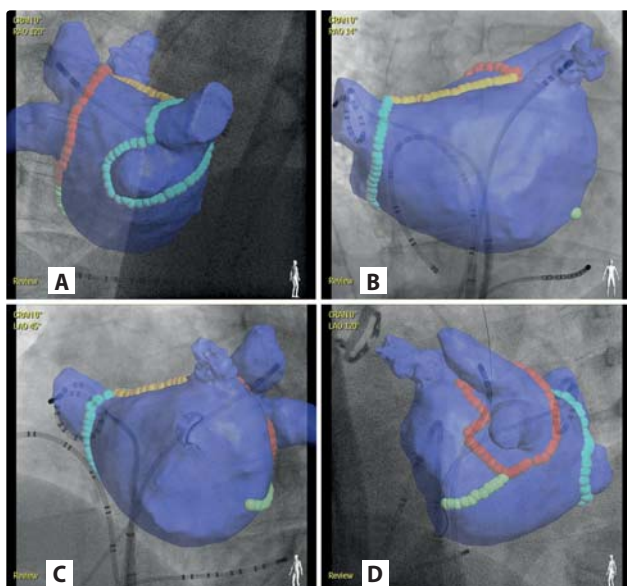
Obrázek 6 Fúze live skioskopie s 3D rotační atriografií levé síně, jícnu a dalších struktur. Kromě tmavě modré levé síně vidíme červený jícen, žlutě zbarvenou tracheu a bronchy a světle modře vybarvenou arteficiální chlopu v aortální pozici. Jednotlivé obrázky jsou v různých rentgenových projekcích: A) v pravé šikmé 120°, B) v pravé šikmé 30°, C) v levé šikmé 40°, D) v levé šikmé 120°. Dobře je vidět jícen, běžící za odstupem levostranných plicních žil.

a spolehlivostí znázornit jícen a jeho polohu vůči levé síni a přispůsobit lokalizaci ablačních lézí a parametry ablace v těchto kritických oblastech.¹⁹

Dalším rozvinutím využití těchto 3D RTG modelů levé síně je možnost zaznamenávat anatomické body přímo do 3D obrazu srdeční dutiny integrovaného do live skioskopie v EP Navigátoru (Philips, technologie Point Tagging) (obrázek 7). Získáváme tím nástroj umožňující do 3D modelu zaznamenávat zejména místa aplikace radiofrekvenční energie při katetrové ablacii fibrilace síní, ale i místa dobrého pacemappingu, zajímavých lokálních potenciálů a podobně. Tím se tato technologie přibližuje elektroanatomickým mapovacím systémům, neboť navigace katetrů umožňuje i záznam důležitých prostorových bodů a je do určité míry ekvivalentní anatomické mapě srdeční dutiny (tedy mapě srdeční dutiny vytvořené 3D elektroanatomickým systémem, do níž nejsou zanesena data o potenciálech na povrchu srdeční dutiny) vytvořené pomocí elektroanatomických systémů. Pro RFA fibrilace síní se většinou používají právě tyto anatomické mapy s možností zaznamenání ablačních bodů, což umožňuje vytvářet souvislé, kontinuální léze.

Soubor pacientů a metodika

Na elektrofyziologickém sále I. interní kardioangiologické kliniky disponujeme od června 2010 nejnovějším rentgenovým zobrazovacím systémem Philips Allura Xper FD 10 vybaveným elektrofyziologickým softwarem umožňujícím vytvářet výše zmíněné 3D modely srdečních dutin pomocí 3D rotační atriografie.



Obrázek 7 Fúze live skiaskopie s 3D rotační atriografií levé síně při RFA za podpory technologie Point Tagging. V různých RTG projekcích vidíme 3D model levé síně zřezovaný s live skiaskopií, na jehož povrchu jsou zaznamenány cirkulární a lineární radiofrekvenční léze vytvořené při katetrové ablacii perzistující fibrilace síní: modře – cirkulární léze kolem pravostranných plicních žil, červeně – cirkulární léze kolem levostranných plicních žil, žlutě – lineární léze na stropě levé síně spojující levostrannou a pravostrannou cirkulární lézi, zeleně – lineární léze na mitrálním isthmu (spojující levostrannou cirkulární lézi a anulus mitrální chlopně). Zároveň jsou dobře vidět i stíny katetrů zavedených do levé síně a pravé síně – 20polární katetr v pravé síni, cirkulární 20polární katetr v pravé horní plicní žíle, 4polární ablační katetr v levé horní plicní žíle. Jednotlivé obrázky jsou v různých rentgenových projekcích: A) v pravé šikmé 120°, B) v pravé šikmé 14°, C) v levé šikmé 45°, D) v levé šikmé 120°.

Vzhledem k tomu, že metoda je nová a metodologie se dle různých autorů a pracovišť liší, pokusili jsme se najít optimální protokol pro vytváření 3D modelů levé síně. Výběr pravostranného či levostranného přístupu je též otázkou diskuse a různá pracoviště mají různé filozofie a ve světě se používají oba přístupy. Levostranný přístup se jeví jako spolehlivější, vyžaduje však stimulační či farmakologickou intervenci a lze ho provést až po transseptální punkci. U pravostranného přístupu je výhodou lepší „workflow“, zpracování dat může probíhat během příprav transseptální punkce, časová ztráta je menší a vytvořený obraz lze použít při transseptální punkci.

Od počátku jsme používali co nejjednodušší přípravu pacienta, abychom minimalizovali prodloužení výkonu. Navzdory některým doporučením pacient leží při vyšetření na zádech s rukama podél těla, standardně dýchá, pacient má na hrudníku nalepeny všechny elektrody pro snímání 12svodového EKG, elektrody monitoru snímajícího vitální funkce i referenční elektrody systému EnSite/NavX. Při samotné rotační skiagrafii bez ohledu na to, zda jde o pravostranný či levostranný přístup, stahujeme všechny katetry a vodiče zavedené do srdečních dutin s výjimkou katetru v koronárním sinu.

Celkem jsme od 18. 8. 2010 do 30. 6. 2011 provedli rotační atriografií u 128 pacientů. Charakteristiku souboru pacientů

uvádí *tabulka 1*. Celková úspěšnost byla definována jako optimální 3D model levé síně použitelný pro další použití. Je zajímavé, že na rozdíl od technologie Syngo DynaCT dochází u našeho systému buď k vytvoření optimálního, plně použitelného modelu levé síně, nebo je výsledný obraz zcela nezpracovatelný a nepoužitelný. „Šedá zóna“ částečně použitelných, méně kvalitních obrazů, se u této metody nevyskytuje. U těchto 128 pacientů bylo provedeno 43 levostranných a 85 pravostranných rotačních atriografií a celková úspěšnost byla 85,94 %. Průměrná rentgenová dávka byla 10 762 mGy/cm².

Výsledky

V počátcích jsme se pokusili srovnat rozdíl mezi úspěšností při pravosíňovém a levosíňovém přístupu. V období od 18. 8. 2010 do 11. 11. 2010 jsme provedli 24 3DRA, z toho sedm s nástřikem kontrastní látky do levé síně a 17 s nástřikem kontrastní látky do síně pravé. Pro oba nástřiky jsme použili protokol doporučený výrobcem. Pro levostranný přístup nástřik 60 ml kontrastní látky Iomeron 300 a zpoždění rotace oproti nástřiku 2 s a stimulace pravé komory 230/min, pro pravostranný přístup nástřik 100 ml kontrastní látky Iomeron 300 a zpoždění rotace oproti nástřiku 8–9 s. Úspěšnost levostranného přístupu byla 97,67 %, po vyřazení jednoho pacienta (neúspěch z důvodu chyby operátora – vynechání stimulace) byla úspěšnost 100%. U pravostranného přístupu byla úspěšnost výrazně nižší – pouze 52,94 %. K implementaci nového protokolu pro pravostranný přístup došlo 12. 11. 2010 – pravostranný protokol č. 2 (nástřik 60 ml kontrastní látky Ultravist 370 a zpoždění rotace oproti nástřiku 9 s). V období od 12. 11. 2010 do 30. 6. 2011 jsme vyšetřili pravostranným přístupem protokolem č. 2 celkem 48 pacientů a úspěšnost se zlepšila na 87,5 % (*tabulka 2*). U tohoto souboru pacientů jsme se pokusili analyzovat další faktory, které by mohly ovlivnit úspěšnost 3DRA. Tyto faktory, např. BMI, TF, druh rytmu při nástřiku (sinusový rytmus versus fibrilace síní), se neukázaly statisticky významné. Jediný faktor, který ovlivňoval úspěšnost 3DRA, bylo správné načasování zahájení skiagrafie s ohledem na průnik kontrastní látky do levé síně.

Tabulka 1 Charakteristika souboru pacientů

Muži	93 (72,6 %)
Věk (roky)	59,9 (22–77)
Ejekční frakce (%)	57
Bez organického onemocnění srdce	120 (93,75 %)
ICHS	4 (3,125 %)
DKMP	3 (2,34 %)
HKMP	1 (0,78 %)
Sinusový rytmus při vyšetření	56 %
Fibrilace síní při vyšetření	44 %
Průměrný BMI	28,96

Tabulka 2 Přehled testovaných vyšetřovacích protokolů a jejich výsledky

	Množství KL	Rychlost nástřiku KL	Zpoždění	Stimulace	Pacientů	Úspěšnost
Levostranný protokol	60 ml Iomeron 300	15 ml/s	2 s	PK 230/min	43	97,67 %
Pravostranný protokol 1	100 ml Iomeron 300	20 ml/s	8–9 s	ne	17	52,94 %
Pravostranný protokol 2	60 ml Ultravist 370	15 ml/s	9 s	ne	48	87,50 %
Pravostranný protokol ruční	60 ml Ultravist 370	15 ml/s	ruční	ne	20	85 %

KL – kontrastní látka

Vzhledem ke klíčové roli zpoždění rotace C ramene oproti nástřiku kontrastní látky, které je dané průtokem kontrastní látky plicním řečištěm, jsme se pokusili optimalizovat toto zpoždění manuálním startem rotace ramene C v okamžiku průniku kontrastní látky do levé síně. Tento protokol klade větší nároky na operátora, který musí sledovat průchod kontrastní látky plicním řečištěm a v okamžiku objevení se kontrastní látky v levé síni ručně odstartovat rotaci ramene C. Srovnali jsme klasický pravostranný protokol č. 2 s tímto manuálním pravostranným protokolem. (Samotný nástřik byl shodný s pravostranným protokolem č. 2 – nástřik 60 ml kontrastní látky Ultravist 370.). V období od 16. 2. 2011 do 18. 4. 2011 jsme randomizovaně provedli v manuálním protokolu 20 vyšetření, v pravostranném protokolu č. 2 26 vyšetření. Výsledky byly zcela shodné – 85 % versus 84,62 %. Bylo to dáno s největší pravděpodobností tím, že u oběžnějších pacientů (a těch byla většina) bylo určení přesného okamžiku průniku kontrastní látky do levé síně velmi subjektivní. Tato subjektivita a komplikované manuální spouštění vedly k tomu, že jsme tento protokol opustili.

U 35 pacientů jsme provedli 3D zobrazení jícnu po aplikaci kontrastní látky *per os*. Jícen se úspěšně zobrazil v 94 %. Ve dvou případech bylo zobrazení neúspěšné, v obou případech vinou vycentrování obrazu, kdy jícen probíhal již mimo zobrazovanou oblast.

Závěr

Moderní 3D rentgenové zobrazovací metody výrazně zjednodušují a usnadňují katetrizační ablaci komplexních síňových arytmií a při těchto výkonech se běžně používají. Trojrozměrná rotační atriografie se na našem pracovišti stala standardní součástí katetrových ablací komplexních síňových arytmií.

Levostranný přístup je robustní metoda s prakticky 100% úspěšností. Nevýhodou je nutnost stimulační či farmakologické intervence a možnost provedení až po transseptální punkci, což může zvětšit zdržení výkonu rotační atriografií. U pravostranného přístupu se osvědčil protokol č. 2 s fixním zpožděním 9 s. Zobrazení jícnu je jednoduché, spolehlivé a bezpečné a umožňuje udělat si představu o lokalizaci jícnu vzhledem k levé síni při plánování oblačných linií.

Literatura

- Zeman K, Semrád B, Šumbera J. Vyšetřování atrioventrikulárního převodního systému srdeční stimulací. Čas Lék Čes 1975;114:961–965.

- Vítek B, Pohanka I. Dysrytmie. Praha: Avicenum, 1982.
- Semrád B, Zeman K, Fišer B, Šumbera J. Funkční vyšetřování sinoatriálního uzlu. Čas Lék Čes 1976;115:1229–1233.
- Šumbera J, Zeman K, Toman J. Poruchy vedení v Hisově svazku. Čas Lék Čes 1986;125:393–396.
- Rosenqvist M, Lee MA, Moulinier L, et al. Long-term follow-up of patients after transcatheter direct current ablation of the atrioventricular junction. J Am Coll Cardiol 1990;16:1467–1474.
- Borggreve M, Budde T, Podczek A, Breithardt G. High frequency alternating current ablation of an accessory pathway in humans. J Am Coll Cardiol 1987;10:576–582.
- Wittkamp FH. Temperature response in radiofrequency ablation. Circulation 1992;86:1648–1650.
- Calkins H, Epstein A, Packer D, et al. Catheter ablation of ventricular tachycardia in patients with structural heart disease using cooled radiofrequency energy: results of a prospective multicenter study. Cooled RF Multi Center Investigators Group. J Am Coll Cardiol 2000;35:1905–1914.
- Blomstrom-Lundqvist C, Scheinman MM, Aliot EM, et al. ACC/AHA/ESC guidelines for the management of patients with supraventricular arrhythmias – executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the European Society of Cardiology Committee for practice guidelines. J Am Coll Cardiol 2003;42:1493–1531.
- Cappato R, Calkins H, Chen SA, et al. Worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. Circulation 2005;111:1100–1105.
- Verma A, Natale A. Why atrial fibrillation ablation should be considered first-line therapy for some patients. Circulation 2005;112:1214–1222.
- Gepstein L, Hayam G, Ben Haim SA. A novel method for nonfluoroscopic catheter-based electroanatomical mapping of the heart. In vitro and in vivo accuracy results. Circulation 1997;95:1611–1622.
- Jongbloed MR, Bax JJ, Lamb HJ, et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: A head-to-head comparison. J Am Coll Cardiol 2005;343–350.
- Kato R, Lickfett L, Meiningner G, et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: Lessons learned by use of magnetic resonance imaging. Circulation 2003;107:2004–2010.
- Thiagalingam A, Manzke R, D'Avila A, et al. Intraprocedural volume imaging of the left atrium and pulmonary veins with rotational X-ray angiography: Implications for catheter ablation of atrial fibrillation. J Cardiovasc Electrophysiol 2008;19:293–300.
- Li JH, Haim M, Movassaghi B, et al. Segmentation and registration of three-dimensional rotational angiogram on live fluoroscopy to guide atrial fibrillation ablation: a new online imaging tool. Heart Rhythm 2009;6:231–237.
- Kriatselis C, Tang M, Nedios S, et al. Intraprocedural reconstruction of the left atrium and pulmonary veins as a single navigation tool for ablation of atrial fibrillation: a feasibility, efficacy, and safety study. Heart Rhythm 2009;6:733–741.
- Knecht S, Wright M, Akrivakis S, et al. Prospective randomized comparison between the conventional electroanatomical system and three-dimensional rotational angiography during catheter ablation for atrial fibrillation. Heart Rhythm 2010;7:459–465.
- Orlov MV, Ansari MM, Akrivakis ST, et al. First experience with rotational angiography of the right ventricle to guide ventricular tachycardia ablation. Heart Rhythm 2011;8:207–211.

Došlo do redakce: 3. 10. 2011

Přijato: 3. 10. 2011