

Nefluoroskopické mapovacie techniky v súčasnej katétrovej ablačnej liečbe dysrytmií

P. Olexa, B. Stančák

Arytmologické oddelenie Východoslovenského ústavu srdcových a cievnych chorôb, Košice, Slovenská republika, prednosta prim. MUDr. Branislav Stančák, CSc.

Súhrn: Rýchly vývoj a klinické zavedenie trojrozmerných techník intrakardiálneho mapovania výrazne rozšírili možnosti katetrizácie ablačnej liečby dysrytmií. Moderné zobrazovacie techniky umožňujú presné určenie miesta vzniku a spôsobu šírenia dysrytmie v srdcovom svale, čo je nevyhnutným predpokladom úspešnej ablačnej liečby. Aj keď fluoroskopický obraz počas elektrofyzikálneho vyšetrenia umožňuje priebežnú kontrolu polohy katétrov v srdci, pre svoju nízku rozlišovaciu schopnosť ostáva len hrubým odhadom ich skutočnej pozície. Cieľom autorov tejto prehľadnej práce bolo stručne charakterizovať základné princípy činnosti dnes používaných trojrozmerných mapovacích systémov a priblížiť ich význam a výhody pre ablačnú liečbu jednotlivých dysrytmií v klinickej praxi.

Kľúčové slová: komorové a predsieňové dysrytmie – nefluoroskopické trojrozmerné mapovacie techniky – rádiový frekvenčný katérová ablácia

Non fluoroscopic map techniques in contemporary catheter ablation therapy of dysrhythmias

Summary: Rapid development and clinical introduction of 3D techniques of intracardiac mapping significantly extended the possibilities of catheter ablation therapy of dysrhythmias. Contemporary imaging techniques allow precise determination of the source and the way of propagation of dysrhythmia in myocardium, which is an evitable condition of a successful ablation therapy. Although the fluoroscopic image during electrophysiologic examination allows continuous check of the position of catheters in the heart, due to its low resolution it remains just rough estimation of their real position. The objective of the authors of this lucid work was to give a brief characteristic of the basic principles of the activity of 3D mapping systems used nowadays and to approximate their significance and advantages for ablation therapy of individual dysrhythmias in clinical practice.

Key words: ventricular and atrial dysrhythmias – non fluoroscopic 3D mapping techniques – radio-frequency catheter ablation

Úvod

Najčastejšie používaným nefarmakologickým prístupom v liečbe tachykardií je katérová ablácia pomocou rádiový frekvenčnej (RF) elektrickej energie. Ide o aplikáciu striedavého prúdu s vysokou frekvenciou v rozsahu rádiových vln. RF energia vytvára v mieste styku ablačného katétra s endokardom teplo, čím dochádza k cielej nekroze tkaniva. Pre svoju vysokú bezpečnosť a terapeutickú úspešnosť sa RF ablácia stala metódou voľby v liečbe širokej palety dysrytmií. V prípade potreby tvorby dlhých lineárnych lézií alebo potreby hlbokjej penetrácie do myokardu je efektívnosť RF ablácie nižšia, preto sa

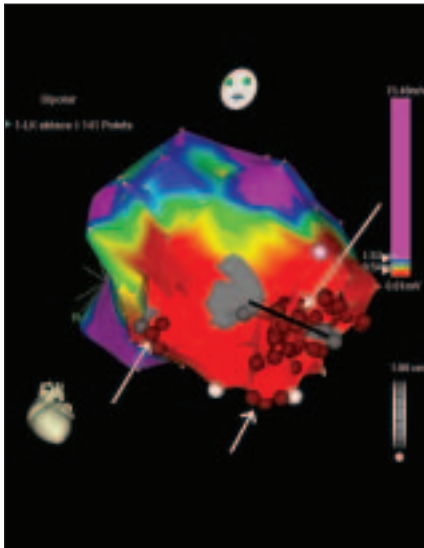
hľadajú alternatívne zdroje ablačnej energie. K nim patrí kryoablácia, laserová fotoablácia, ablácia ultrazvukom alebo mikrovlnná ablácia [1,2]. Výsledok ablácie úzko súvisí i s kvalitou zobrazovacích metód. Aj keď fluoroskopický obraz umožňuje priebežnú kontrolu polohy katétrov v srdci počas elektrofyzikálneho vyšetrenia, pre svoju nízku rozlišovaciu schopnosť a nemožnosť znázornenia nektrastných srdcových štruktúr ostáva hrubým odhadom ich skutočnej pozície. Na presné mapovanie miesta vzniku a šírenia dysrytmií, navigáciu katétrov v srdci ako i na presné vedenie ablačných línií skiaskopické zobrazenie často nepo-

stačuje, preto dochádza v posledných rokoch k zavádzaniu nových nefluoroskopických trojrozmerných zobrazovacích a mapovacích techník [3].

Cieľom tejto prehľadnej práce je stručne charakterizovať princípy činnosti jednotlivých nefluoroskopických zobrazovacích a mapovacích techník a priblížiť ich význam a výhody pre ablačnú terapiu dysrytmií.

Kontaktné elektroanatomické mapovanie systémom Carto

Podstatou činnosti systému CartoXP (Biosense Webster, Diamond Bar, CA, USA) je využívanie princípu elektromagnetizmu [4,5]. Pod ležiacim pacientom sú uložené tri cievky fungujú-



Obr. 1. CartoXP – voltážová mapa oblasti hrotu a bázy ľavej komory.

Sivé zóny – jazvovité tkanivo s minimálnou amplitúdou. Šípky označujú oblasti aplikácie RF ablačnej energie (červené body). Medzi dvoma oblasťami fibrózy je viditeľný kanál tkaniva so spomaleným vedením, ktorý je potrebné abláciou eliminovať – čierna línia (archív autorov).

júce ako zdroj magnetických polí malej intenzity. Mapovací katéter má vo svojom hrote zabudovaný snímač schopný registrovať aj malé zmeny magnetického poľa. Z týchto údajov určí počítač presnú pozíciu katétra v srdci. Kontaktom špičky katétra so stenou srdca sa bod po bode vytvára trojrozmerný anatomický model vyšetrovanej štruktúry. V každom z bodov súčasne prebieha i registrácia vnútrošrdcových elektrických signálov, čím vzniká elektroanatomická

mapa srdca. Cieľom postupu je vytvorenie anatomicky čo najpresnejšieho modelu dutiny myokardu, ako i získanie informácie o vzniku a spôsobe šírenia sa intrakardiálnych signálov. Vzniknutá **aktivačná** mapa odráža priebeh šírenia sa intrakardiálnych signálov vo vytvorenom modeli. CartoXP systém umožňuje i vytvorenie **propagačnej** mapy, ktorá je animáciou postupu aktivačného frontu v čase formou krátkej filmovej sekvencie. Na rozdiel od zdravého myokardu sa v jazve po prekonanom infarkte a v okolitej prechodnej zóne nezaznamenávajú žiadne, alebo len výrazne znížené a frakcionované intrakardiálne potenciály. Farebným kódovaním amplitúdy zaznamenaných potenciálov je možné odlíšiť zdravé tkanivo od jazvovito zmeneného myokardu, čím vzniká **voltážová** mapa (obr. 1).

Mapovanie a ablácia *predsieňových tachykardií* (PT) pod skiaskopickou kontrolou má pre svoju zložitosť len obmedzenú úspešnosť. Najobťažnejšou sa konvenčná ablácia stáva v prípadoch tzv. incizionálnej atriálnej tachykardie u chorých po kardiochirurgických operáciách. V jazvách po atriotómii a v ich okolí prežívajú pruhy tkaniva charakterizované pomalým vedením vzruchu, čo umožňuje vznik PT mechanizmom reentry. Systémom CartoXP možno určiť reentry okruh a cielene vytvárať longitudinálne ablačné lézie. Podstatne jednoduchšia je identifikácia miesta ektopickej aktivity u pacientov s fo-

kálnou dysrytmiou prostredníctvom podrobnej aktivačnej mapy [6,7].

Typický *flutter predsiení* je charakteristický zónou pomalého vedenia v oblasti kavotrikuspidálneho istmu. Prerušenie tejto kritickej zóny eliminuje dysrytmiu. Na úspešnú ablačnú liečbu môže postačovať aj konvenčná skiaskopická kontrola pohybu katétrov alebo ďalšie nefluoroskopické systémy. Elektroanatomické mapovanie nemá pri typickom flutteri podstatný význam, ale jeho didaktická hodnota je pri zavádzaní metodiky vysoká. CartoXP sa dá využiť ako metóda voľby pri identifikácii medzier v pôvodnej ablačnej línii pri opakovanej ablácii [8,9,10].

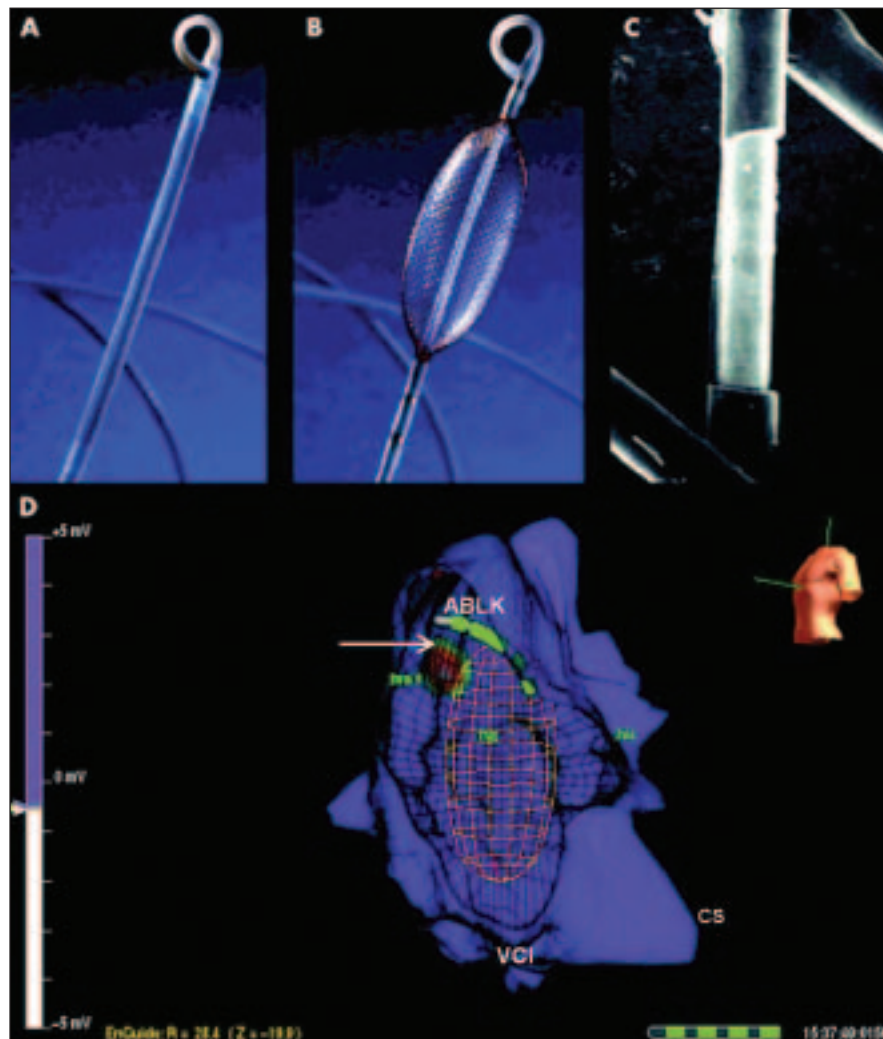
Fibrilácia predsiení (FP) je pravdepodobne najčastejšou indikáciou použitia CartoXP systému. Podstatou ablačnej liečby FP je izolácia pľúcnych žíl a modifikácia arytmogénneho substrátu ľavej predsene [6]. Izolácia pľúcnych žíl znamená elimináciu spúšťacích ohnísk PF. Tieto sa vyskytujú v oblasti prechodu svalových snopcov, tzv. rukávov myokardu predsiení do steny pľúcnych žíl. Ablácia priamo v pľúcnych žilách je spojená s rizikom následných stenóz pľúcnych žíl a nevykonáva sa. Bezpečnejším prístupom je distálna izolácia ústí pľúcnych žíl kruhovými ablačnými líniami (ta sa robí viac na predsieňovej strane kolem žilných ústí). Tie sa môžu kombinovať s dlhými ablačnými líniami rozdeľujúcich ľavú predsieň na niekoľko segmentov. Segmentácia predsene modifi-

Tab. 1. Porovnanie nefluoroskopických trojrozmerných zobrazovacích techník. Upravené podľa [5].

	CartoXP	LocaLisa	EnSite	Košíčková elektróda
1. presnosť mapy	stredná až vysoká	stredná až vysoká	vysoká	nízka
2. simultánne snímanie intrakardiálnych EKG	nie	nie	áno	áno
3. navigácia katétrov bez flouroskopie	áno	áno	áno	nie
4. mapovanie epizodických arytmií	nie	nie	áno	áno
5. identifikácia substrátu = voltážové mapy	áno	nie	nie	nie
6. označovanie bodov záujmu	áno	áno	áno	nie
7. identifikácia medzery v ablačnej línii	áno	nie	áno	nie

kuje arytmogénny substrát, bráni šíreniu sa PF a vedie k jej ukončeniu. CartoXP naviguje celú ablačnú procedúru a umožňuje kontrolu kompletnosti lézie. Jej nekompletnosť má okrem recidív PF i proarytmický účinok, pretože často vedie k vzniku flutteru alebo PT v jazve.

Ablčná liečba pretrvávajúcej komorovej tachykardie (KT) ostáva v súčasnosti náročnou metódou aj pre elektrofyziológické centrá a veľkými skúsenosťami. Zložitosť anatomických pomerov v ľavej komore postihnutej štrukturálnym ochorením podmieňuje časté využitie systému CartoXP v tejto indikácii. Mapovanie elektrickej aktivity sťažujú viaceré reentry okruhy v jazve a v jej okolí, vedúce k striedaniu sa viacerých typov KT. Prekážkou mapovania je aj častá hemodynamická netolerovateľnosť pretrvávajúcej KT, hrúbka steny ľavej komory, prípadne subepikardiálna lokalizácia substrátu KT [10]. To vedie k obmedzenému efektu ablačnej liečby [11,12,13,14]. Elektroanatomické mapovanie dokáže presne popísať jednotlivé časti reentry okruhu, aktivačná mapa však musí byť vytvorená počas KT. U hemodynamicky netolerovateľných KT môže byť cestou k úspešnej ablácii vytvorenie voltážovej mapy pri sínusovom rytme. Abláciou vytvorené spojenie jazvy líniami k určitej anatomickej štruktúre eliminuje arytmiu [7]. V liečbe fokálnych KT použitie CartoXP systému nie je nevyhnutné, pretože sa s úspechom používajú konvenčné mapovacie prístupy pod skiaskopickou kontrolou, prípade iné menej finančne náročné non-fluoroskopické metódy. Porovnanie s ostatnými nefluoroskopickými trojrozmernými zobrazovacími systémami je uvedené v tab. 1. Mapovanie i ablácia sa vykonávajú prostredníctvom toho istého špecializovaného katétra Navistar. Určitou nevýhodou systému je nevyhnutnosť sekvencného postupu, t.j. vytváranie mapy bod po bode, čím rastie časová



Obr. 2. EnSite systém.

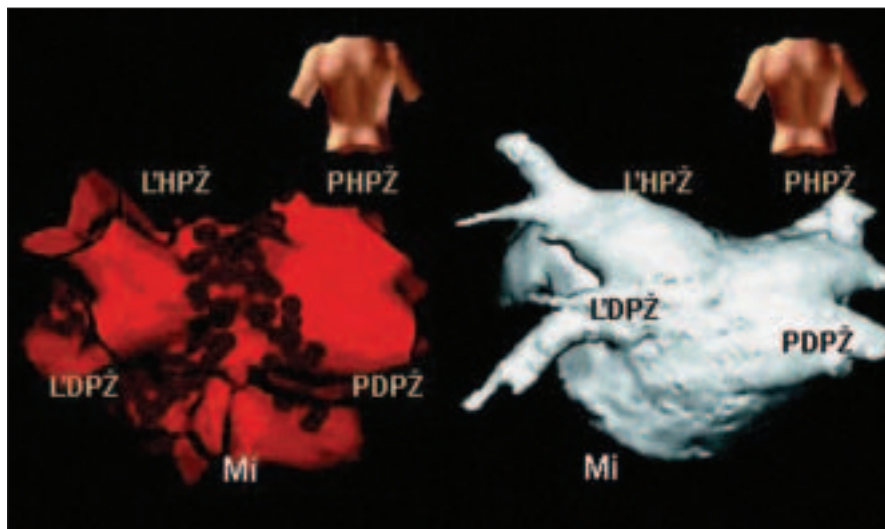
Panel A, B: nenaplnený a naplnený balónik s dobre viditeľnou multipolárnou elektródou na svojom povrchu. Panel C: Mikrofotografia znázorňujúca jednu z unipolárnych elektród mriežky EnSite systému. Panel D: 3D-mapa pravej predsene pacienta v LAO projekcii s fokálnou ektopickou atriálnou tachykardiou. Miesto najvčasnejšej aktivácie znázorňuje biely stred farebného terčika v 3D-modeli. V blízkosti fokusu sa nachádza ablačný katéter (ABLK) a zjednodušený obraz EnSite mriežky. Upravené podľa [5].

Použité skratky: CS – koronárny sínus, ABLK – ablačný katéter, VCI – vena cava inferior, tva – anulus trikuspidálnej chlopne

náročnosť procedúry. V rukách skúseného elektrofyziológa sa však tento nedostatok relativizuje. Predpokladom použitia Carto systému je stabilita mapovanej tachykardie počas vyšetrenia, prípadne jej ľahká indukovateľnosť. Krátkotrvajúce alebo hemodynamicky netolerované arytmie sú pre túto techniku nevhodné.

Elektroanatomické mapovanie pomocou CartoXP systému je v súčas-

nosti najrozšírenejším trojrozmerným mapovacím postupom v liečbe supraventrikulárnych i komorových tachykardií. Najnovšou črtou systému Carto je možnosť importu vloženia aktivačnej mapy do skutočného, nie virtuálneho modelu srdcovej štruktúry, získaného z digitálne spracovaného obrazu špirálového CT [15]. Táto možnosť by mala zvýšiť presnosť elektroanatomickej mapy



Obr. 3. Vľavo trojrozmerný model ľavej predsene s výstiením štyroch pľúcnych žíl vytvorený NavX systémom v PA projekcii. Na obrázku sú viditeľné dve kruhové ablačné lézie oddelujúce od seba ústia pravých a ľavých pľúcnych žíl (tmavé body). Vpravo anatomický model ľavej predsene získaný pomocou spirálového CT.

Použité skratky: LHPŽ – ľavá horná, LDPŽ – ľavá dolná pľúcna žila, PHPŽ a PDPŽ – pravá horná a dolná pľúcna žila, Mi – anulus mitrálnej chlopne.

Upravené podľa zdroja z webovej stránky výrobcu – www.endocardial.com

a tým i spoľahlivosť navigácie vo veľmi premenlivom teréne výstienia pľúcnych žíl do ľavej predsene. Určitou nevýhodou je potreba CT vyšetrenia pacienta pri stabilnom sínusovom rytme, pretože PF alebo časté extrasystoly výrazne skresľujú anatomický model artefaktmi.

Nekontaktné mapovanie systémom EnSite

Nekontaktné mapovanie pomocou systému EnSite Array (Endocardial Solutions, Inc., St. Paul, MN, USA) je založené na odlišnom princípe [16,17,18]. Snímaciu časť zariadenia tvorí špeciálny balónkový katéter, ktorého expandibilný balónik je pokrytý kovovou siečkou tvorenou zo 64 izolovaných vodičov s hrúbkou 0,003 mm. Každých 0,025 mm je izolácia na vodičoch prerušená, toto miesto vodiča slúži následne ako bezkontaktná unipolárna elektróda (obr. 2). V hrote katétra sa nachádza súčasne i indierentná elektróda, ktorá je nevyhnutná na zaznamenávanie jednotlivých unipolárnych potenciá-

lov. Slúži však i ako lokátor ostatných katétrov napojených na mapovací systém. Princíp nekontaktného mapovania vychádza z poznatku, že ak vsunieme jeden vodičový povrch do dutiny v inom vodiči a poznáme pritom ich vzájomnú vzdialenosť a potenciál na jednom z povrchov, potenciál na druhom povrchu je možné vypočítať [5]. EnSite bez priameho kontaktu s endokardom zaznamenáva a vypočítava v reálnom čase súčasne takmer 3 400 virtuálnych intrakardiálnych elektrogramov. Systém je schopný identifikovať miesto vzniku arytmie a smer jej propagácie z analýzy jediného srdcového sťahu. Údaje z mapovacieho katétra spracúva program, ktorý vytvára virtuálnu aktívnu elektroanatomickú mapu.

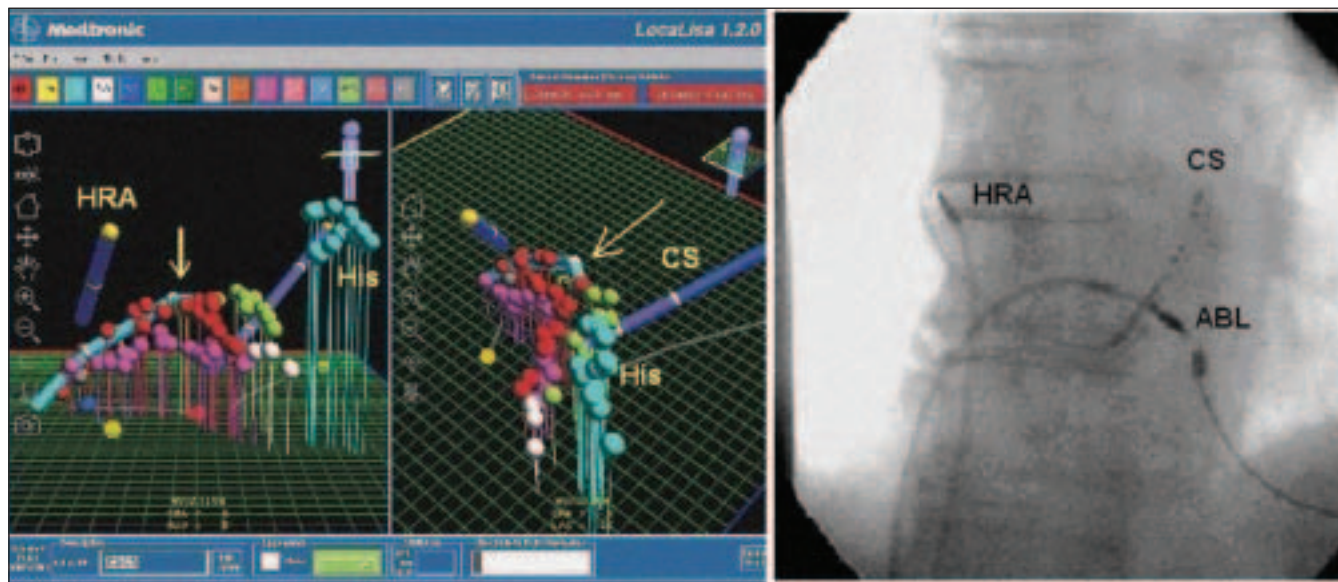
Svoju efektivitu potvrdil EnSite pri navigácii ablácie PF [19]. Keďže až 30 % spúšťačov PF nemá pôvod v pľúcnych žilách, stráca u týchto pacientov izolácia pľúcnych žíl svoju efektivitu [5]. V týchto prípadoch môže nekontaktné mapovanie uplatniť svoju výhodu rýchlej tvorby akti-

vačnej mapy, čo umožňuje rýchlo odhaliť miesto ektoptickej fokálnej atriálnej aktivity a následne jeho cieleňú abláciu. Napriek uvedeným výhodám je použitie EnSite systému v tejto indikácii zriedkavé.

Mapovanie ektopických *atriálnych tachykardií* a flutteru predsiení pomocou EnSite umožňuje skrátenie doby potrebnej na abláciu fokusu spúšťajúceho PT [20,21,22]. Súčasné snímanie elektrodiagramov z viac ako 3 000 kanálov vyšetrovanej srdcovej dutiny umožňuje zmapovanie i krátkotrvajúcej tachykardie. Výhodou nekontaktného mapovania je možnosť rýchleho zmapovania i pri chýbaní štrukturálnych zmien v tkanive (fibróza, jazva apod), ktorých identifikácia je často nevyhnutná pri ablácii riadenej voltážovými mapami vytvorenými CartoXP systémom. Pri typickom *flutteri predsiení* sa EnSite používa len výnimočne, väčšinou len v prípade predchádzajúcej neúspešnej ablácie na identifikovanie medzery v nekompletnej ablačnej línii.

EnSite systém je vhodný aj na ablačnú liečbu *komorových tachykardií*, pričom výhodou je krátke časové trvanie vytvorenia celkovej elektroanatomickej mapy ľavej komory. Nakoľko pre vytvorenie mapy postačuje jeden srdcový cyklus, EnSite systém umožní potenciálne urýchliť mapovanie a abláciu aj pri hemodynamicky nestabilných arytmiách [21,22].

Dôležitou podmienkou presnej navigácie je vytvorenie verného anatomického modelu na začiatku vyšetrenia ešte počas sínusového rytmu. Ide o kľúčový krok procedúry, pretože navigácia katétrov v nepresnom anatomickom modeli je pre abláciu bezcenná. Kvalita virtuálnych elektrodiagramov závisí i od vzájomnej vzdialenosti endokardiálneho povrchu a mapovacej siečky. Ak činí viac ako 40 mm, je potrebná jej repozícia do vhodnejšej polohy. Určitou nevýhodou je i potreba dvoch katétrov – mapovacieho katétra Array



Obr. 4. Localisa. Panel A: Pohľad na 3 paralelné ablačné línie (červená, fialová, zelená) v oblasti kavotrikuspidálneho istmu – virtuálny model pravej predsieni v AP projekcii (vľavo) a v LAO projekcii (vpravo). Šípky znázorňujú pozíciu ablačného katétra. Panel B: Skioskopický obraz rovnakého pacienta v AP projekcii.

Použité skratky: CS – koronárny sínus, HRA – oblasť hornej pravej predsieni, His – oblasť hisovho zväzku (archív autorov).

a ablačného katétra. S tým je spojená vyššia technická náročnosť ablačných procedúr, napríklad potreba dvojitej transseptálnej punkcie pri liečbe tachykardií s ohniskom v ľavej predsieni.

Novšia verzia tohto mapovacieho a navigačného systému sa nazýva NavX. Možnosti jeho aplikácie sú zhodné s EnSite a CartoXP systémami [15,24]. NavX využíva niektoré mechanizmy práce CartoXP, EnSite-Array i Localisy. Na rozdiel od EnSite využíva NavX kontaktné mapovanie kontinuálnym ťahom mapovacieho katétra po endokarde, takže multipolárna mriežka EnSite katétra nie je potrebná. Systém využíva na mapovanie registráciu zmien elektrického napätia podobne ako Localisa, vytvára však navyše i anatomické modely srdcových oddielov. Niekoľko ťahov katétrom stačí skúsenému vyšetrovateľovi na zmapovanie celej vyšetrovanej srdcovej dutiny a vytvorenie aktivačnej mapy a virtuálneho modelu (obr. 3). Na zabezpečenie čo najväčšej podobnosti voči skutočnej anatómii ponúkajú nové verzie systému prenos aktivačnej ma-

py na model získaný špirálovým CT alebo NMR. Táto kombinácia sa označuje DIF (Digital Image Fusion). Veľkou výhodou NavX je to, že nevyžaduje špeciálne katétre. To znižuje náklady a umožňuje použiť alternatívne zdroje ablačnej energie, napríklad kryoabláciu. Systém sa presadzuje predovšetkým pri izolácii pľúcnych žíl pri FP [15].

Mapovací systém Localisa

Mapovací systém Localisa (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) umožňuje lokalizáciu katétrov pri elektrofyziológickom vyšetrení i počas RF ablácie, pričom na rozdiel od predchádzajúcich nevytvára trojrozmerný model vyšetrovanej srdcovej dutiny [24,25]. Princíp Localisy vychádza z Ohmovho zákona, podľa ktorého zmena napätia závisí od intenzity elektrického prúdu a hodnoty odporu. Ak hrudníkom pacienta preteká elektrický prúd, vytvára sa voltážový gradient v oblasti srdca. Zmena polohy elektródy v tomto gradiente vedie na nej k zmenám voltáže. Ak sa striedavý prúd o veľkosti 1 mA a mierne odlišnej frekvencii aplikuje

v 3 na seba kolmých smeroch, umožní sa meranie pozície katérových elektród v priestore [24]. Prúdy sú emitované a prijímané tromi párami elektród pripevnených na hrudníku, hlave a končatinách.

Výhodou Localisy je možnosť sledovať polohu ablačného katétra počas ablácie s vysokou presnosťou (rozlíšenie 1,5 mm) a do pamäti zaznamenať jednotlivé body ablačnej línie. V prípade potreby sa môže vyšetrovateľ vrátiť ku ktorémukoľvek označenému bodu a vyplniť prípadnú medzeru v ablačnej línii. Localisa podľa literárnych údajov významne redukuje celkový skioskopický čas a zjednodušuje priebeh ablačného zákroku [26,27,28,29,30]. Praktické využitie Localisy je čiastočne limitované chýbaním anatomickej mapy, takže sa prednostne využíva pri navigácii ablácie anatomicky dobre definovaných dysrytmií, ako je typický flutter predsieni (obr. 4) alebo reentry tachykardia pri duálnom vedení AV uzlom [27,28,29,30]. Literárne údaje sú v súlade s poznatkami získanými na našom pracovisku, kde systém Localisa pra-



Obr. 5. Stereotaktický magnetický navigačný systém NIOBE.

videlne používame [27]. Viaceré pracoviská používajú LocaLisu s výbornými výsledkami i pri izolácii pľúcnych žíl pri ablačnej liečbe fibrilácie predsiení [31,32,33,34,35].

Multipolárny košíkový katéter

V prípade tejto metodiky nejde o vytváranie anatomických modelov, systém umožňuje znázorniť len šírenie sa akčného potenciálu v miestach dotyku katétra s endokardom. Systém využíva katéter schopný expanzie s multielektrodovou hlaviceou, ktorá má v rozvinutej forme tvar košíka priliehajúceho na endokard vyšetrovanej dutiny srdca. Pri dobrom umiestnení a optimálnom kontakte hlavice s endokardom ide o rýchle a jednoduché mapovanie, pričom sa vytvára mapa s prislúchajúcimi elektrokardiogramami a aktivačnými sekvenciami [36]. Tento systém sa využíva v praxi pomerne zriedkavo. Literárne údaje popisujú jeho použitie pri diagnostike a ablačnej liečbe supraventrikulárnych tachykardií [37]. Po nasnímaní intrakardiálnych elektrokardiogramov stačí umiestniť ablačný katéter čo najbližšie k elektróde s najvyšším potenciálom. Pri predsieňových tachykardiách s ohniskom v ľavej predsieni je košíčkové mapovanie nevhodné pre nemožnosť transeptálneho prechodu katétra do ľavej predsieni z dôvodu jeho tuhosti a slabej ovládateľnosti.

Výhodou systému je rýchlosť a simultánnosť zaznamenávania endokardiálnych signálov, ako i rýchle vytvorenie endokardiálnej aktivačnej mapy. Metóda sa používa i pri navigácii počas katérovej ablácie KT a peroperačnej kryoablácii KT [38,39,40], prípadne pri ablácii KT z výtokového traktu pravej komory [41].

Nevýhodou je relatívne nízka presnosť mapovania, vyplývajúca z veľkých vzdialeností medzi ramenami košíčkovej multipolárnej elektródy. Tým je i schopnosť presne určiť miesto efektívnej ablácie obmedzená.

Ultrazvukové mapovanie

Systém RPM (real position management) bol vyvinutý firmou Boston Scientific, Natick, MA, (USA). Je tvorený dvoma referenčnými katétromi zavedenými do koronárneho sínusu a hrotu pravej komory a ablačným mapovacím katétrom. Tieto špeciálne katetre pracujú ako miniatúrne ultrazvukové sondy emitujúce a prijímajúce ultrazvukové vlnenie. Zo zachytených odrazov počítač vytvára anatomický model vyšetrovanej srdcovej dutiny a simuluje polohu a pohyby ablačného katétra. Výsledkom je aktivačná mapa podobná mape pri CartoXP systéme. Experimentálne práce potvrdili prínos ultrazvukového RPM systému u chorých podstupujúcich rôzne ablačné procedúry – abláciu kavotrikuspidálneho istmu [42], atypického flutteru predsiení, atriálnych tachykardií a fibrilácie predsiení [36], WPW a monomorfnych komorových tachykardií [43,44]. Systém má v súčasnosti stále experimentálny charakter a pre využitie v klinickej praxi vyžaduje ďalší vývoj a zdokonaľovanie.

Magnetická navigácia katétrov

Všetky uvedené mapovacie a zobrazovacie systémy vyžadujú manuálnu manipuláciu s katétromi. V ostatnom čase sa v niektorých špičkových elektrofyziológických centrách zavádza do praxe robotický navigačný

a mapovací systém Niobe – Magnetic Navigation System™ (Stereotaxis Inc., Maple Grove, MN, USA) [45,46], ktorý v sebe integruje výhody modernej fluoroskopickéj techniky a magnetického systému diaľkového ovládania a navigácie katétrov. Tvoria ho dva elektromagnety v krytoch po stranách pacienta v úrovni jeho hrudníka (obr. 5). Magnety vytvárajú homogénne magnetické pole so stabilnou intenzitou (0,08 T) približne 15 cm pod úrovňou hrudnej steny. NIOBE využíva špeciálny mapovací a ablačný katéter, v špičke ktorého je umiestnený magnet. Tento katéter je na rozdiel od konvenčných relatívne tuhých uni- alebo bidirekčných ablačných katétrov výrazne mäkkší a ohybnejší. Môže sa otáčať okolo svojej osi v rozsahu 360°. Vyšetrujúci prostredníctvom počítača ovláda vzájomný pohyb a polohu magnetov v krytoch tak, aby vektor výsledného magnetického poľa získal žiadaný smer. Magnet v špičke katétra nasleduje pasívne vektor magnetického poľa, takže katéter ohýba potrebným smerom. Tento mechanizmus umožňuje zavedenie ablačného katétra do potrebnej polohy i jeho fixáciu aj v miestach, kde je prístup konvenčnými ablačnými katétromi obťažný [45]. Vektory magnetického poľa použité sa počas navigácie automaticky ukladajú do pamäti zariadenia. Vyšetrujúci sa dokáže s katétrom kedykoľvek opäť vrátiť do pozície uloženej v pamäti. Unikátnou črtou systému NIOBE je diaľkové ovládanie navigácie už pri zavádzaní katétra cievny systémom po punkcii cievy. Operátor ho riadi a kontroluje od riadiaceho pultu ovládacou pákou diaľkového ovládania (počítačový zavádzací systém Cardiodrive, Stereotaxis Inc., USA). Magnetický navigačný systém bol s výbornými výsledkami použitý pri ablácii rôznych supraventrikulárnych arytmií, napríklad AV nodálnej reentry tachykardie, typického flutteru predsiení, ale i PT a fibrilácie predsiení [15,47].

V súčasnosti sa magnetický systém Niobe využíva aj v spojení s CartoXP. Spojenie Niobe s NavX je v súčasnosti v štádiu intenzívneho vývoja [15].

Záver

Súčasný trojrozmerný mapovací systém predstavujú významný pokrok a často nevyhnutnosť pri ablácii mnohých supraventrikulárnych a komorových tachykardií. Ich použitie umožňuje významnú redukciu aplikovanej dávky žiarenia pre lekára i pacienta a časové skrátenie zložitých ablačných procedúr. Ich najväčším prínosom je však umožnenie niektorej z foriem ablácie ako definitívnej intervenčnej liečby aj v prípadoch, kde doterajšie konvenčné mapovacie techniky zlyhávajú.

Literatúra

1. Keane D. New catheter ablation techniques for treatment of cardiac arrhythmias. *CEPR* 2002; 6: 341–346.
2. Lustgarten DL, Keane D, Ruskin J. Cryothermal ablation: Mechanism of tissue injury and current experience in the treatment of tachyarrhythmias. *Prog Cardiovasc Dis* 1999; 41: 481–498.
3. Schmitt C, Ndrepepa G, Deisenhofer I et al. Recent advances in cardiac mapping techniques. *Current Cardiology Reports* 1999; 1: 149–156.
4. Gepstein L, Evans SJ. Electroanatomical mapping of the heart: basic concepts and implications for the treatment of cardiac arrhythmias. *Pacing Clin Electro Physiol* 1998; 21: 1268–1278.
5. Friedman PA. Novel mapping techniques for cardiac electrophysiology. *Heart* 2002; 87: 575–582.
6. Fiala M, Heinc P, Lukl J. Radiofrekvencní katetrová ablace levostranných skrytých síňokomorových prídatných drah. Bezprostřední a dlouhodobé výsledky při transaortálním přístupu. *Vnitř Lék* 2000; 46(2): 92–95.
7. Marchlinski F, Callans D, Gottlieb C et al. Magnetic electroanatomical mapping for ablation of focal atrial tachycardias. *Pacing Clin Electro Physiol* 1998; 21: 1621–1635.
8. Shah DC, Jais P, Haissaguerre M et al. Three-dimensional mapping of the common atrial flutter circuit in the right atrium. *Circulation* 1997; 96: 3904–3912.
9. Kottkamp H, Hugl B, Krauss B et al. Electromagnetic versus fluoroscopic mapping of the inferior isthmus for ablation of typical atrial flutter: A prospective randomized study. *Circulation* 2000; 102: 2082–2086.
10. Kautzner J, Peichl P, Čihák R et al. The spectrum of inter- and intraventricular conduction abnormalities in patients eligible for cardiac resynchronization therapy. *Pacing Clin Electrophysiol* 2004; 27: 1105–1112.
11. Kautzner J, Čihák R, Peichl P et al. Catheter ablation of ventricular tachycardia following myocardial infarction using three-dimensional electroanatomical mapping. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003; 26: 342–347.
12. Fiala M, Heinc P, Bulava A et al. Komorové tachyarytmie u pacientů bez strukturálního postižení srdce. Klinické a elektrofyzilogické vlastnosti tachyarytmií a dlouhodobé výsledky katérové ablace. *Vnitř Lék* 2001; 47: 817–828.
13. Marchlinski FE, Callans DJ, Gottlieb CD et al. Linear ablation lesions for control of unmappable ventricular tachycardia in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy. *Circulation* 2000; 101: 1288–1296.
14. Studenčan M. Myocardial viability – clinical aspects. *Cardiol* 2000; 9: 147–153.
15. Pappone C, Augello G, Santinello V. Atrial fibrillation ablation. *Ital Heart J* 2005; 6: 190–199.
16. Khoury DS, Berrier KL, Badruddin SM et al. Three-dimensional electrophysiological imaging of the intact left ventricle using a noncontact multielectrode cavity probe: study of sinus, paced, and spontaneous premature beats. *Circulation* 1998; 97: 399–409.
17. Khoury DS, Taccardi B, Lux RL et al. Reconstruction of endocardial potentials and activation sequences from intracavitary probe measurements. Localization of pacing sites and effects of myocardial structure. *Circulation* 1995; 91: 845–863.
18. Schneider MAE, Schmitt C. Non-contact-Mapping – ein simultanes räumliches Lokalisationsverfahren in der Diagnostik von Herzrhythmusstörungen. *Z Kardiol Suppl* 2000; 89(3): III/177–III/185.
19. Schneider MAE, Ndrepepa G, Zrenner B et al. Non-contact mapping-guided catheter ablation of atrial fibrillation associated with left atrial ectopy. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11: 475–479.
20. Schmitt H, Weber S, Schwab JO et al. Diagnosis and ablation of focal right atrial tachycardia using a new high-resolution, non contact mapping system. *Am J Cardiol* 2001; 87: 1017–1021.
21. Schneider M, Ndrepepa G, Zrenner B et al. Non-contact mapping guided ablation of atrial flutter and enhanced-density mapping of the cavotricuspid isthmus. *Pacing Clin Electro Physiol* 2001; 24: 1755–1764.
22. Michael MJ, Haines DE, Dimarco JP et al. Elimination of focal atrial fibrillation with a single radiofrequency ablation: Use of a basket catheter in a pulmonary vein for computerized activation sequence mapping. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11: 1159–1164.
23. Betts TR, Roberts PR, Allen SA et al. Radiofrequency ablation of idiopathic left ventricular tachycardia at the site of earliest activation as determined by non-contact mapping. *Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11: 1094–1101.
24. Krum D, Goel A, Hauck A et al. Catheter location, tracking, cardiac chamber Geometry creation and ablation using cutaneous patches. *J Interv Card Electrophysiol* 2005; 12: 17–22.
25. Wittkamp FH, Wever EF, Vos K et al. Localisa – new technique for real-time 3-D localization of regular intracardiac electrodes. *Circulation* 1999; 99: 1312–1317.
26. Stančák B, Spurný P, Olexa P et al. Navigačný systém Localisa v ablačnej liečbe supraventrikulárnych tachykardií (abstr.). *Kardiológia* 2004; 13(Suppl 1) 28S–29S.
27. Wittkamp FHM, Wever EFD, Vos K et al. Reduction of radiation exposure in the cardiac electrophysiology laboratory. *Pacing Clin Electro Physiol* 2000; 23: 1638–1644.
28. Kirchhof P, Loh P, Eckardt L et al. A novel nonfluoroscopic catheter visualization system (Localisa) to reduce radiation exposure during catheter ablation of supraventricular tachycardias. *Am J Cardiol* 2002; 90: 340–343.
29. Marrouche NF, Beheiry S, Tomassoni G et al. Three-Dimensional Nonfluoroscopic Mapping and Ablation of Inappropriate Sinus Tachycardia. Procedural Strategies and Long-Term Outcome. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39(6): 1046–1054.
30. Kottkamp H, Hugl B, Krauss B et al. Electromagnetic versus fluoroscopic mapping of the inferior isthmus for ablation of typical atrial flutter. A pros-

- pective randomized study. *Circulation* 2000; 102: 2082–2086.
31. Inama G, Durin O, Agricola P et al. Pulmonary vein isolation in atrial fibrillation ablation: the role of LocaLisa three-dimensional navigation system. *Ital Heart J* 2004; 10(Suppl 1): S129–S131.
32. Ernst S, Ouyang F, Löber F et al. Catheter-induced linear lesions in the left atrium in patients with atrial fibrillation. An electroanatomic study. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42(7): 1271–1282.
33. Ernst S, Schluter M, Ouyang F et al. Modification of the substrate for maintenance of idiopathic human atrial fibrillation efficacy of radiofrequency ablation using nonfluoroscopic catheter guidance. *Circulation* 2001; 100: 2085–2092.
34. Goya M, Ouyang F, Ernst S et al. Electroanatomic mapping and catheter ablation of breakthroughs from the right atrium to the superior vena cava in patients with atrial fibrillation. *Circulation* 2002; 106: 1317–1320.
35. Macle L, Jais P, Scavee P et al. Pulmonary vein disconnection using the LocaLisa three-dimensional nonfluoroscopic catheter imaging system. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003; 14: 693–697.
36. Jenkins KJ, Walsh EP, Colan SD et al. Multipolar endocardial mapping of the right atrium during cardiac catheterization: description of a new technique. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22(4): 1105–1110.
37. Ndrepepa G, Zrenner B, Deisenhofer I et al. Relationship between surface electrogram characteristics and endocardial activation sequence in patients with typical atrial flutter. *Z Kardiol* 2000; 89: 527–537.
38. Eldar M, Ohad DG, Goldberger JJ et al. Transcutaneous multielectrode basket catheter for endocardial mapping and ablation of ventricular tachycardia in the pig. *Circulation* 1997; 96: 2430–2437.
39. Greenspon AJ, Hsu SS, Datorre S. Successful radiofrequency catheter ablation of sustained ventricular tachycardia post myocardial infarction in man guided by a multielectrode „basket“ catheter. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1997; 8: 565–570.
40. Schalij MJ, van Ruyge FP, Siezena M et al. Endocardial activation mapping of ventricular tachycardia in patients: first application of a 32-site bipolar mapping electrode catheter. *Circulation* 1998; 98: 2168–2179.
41. Aiba T, Shimizu W, Taguchi A et al. Clinical usefulness of a multielectrode basket catheter for idiopathic ventricular tachycardia originating from right ventricular outflow tract. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; 12: 511–551.
42. De Groot N, Bootsma M, van der Velde ET et al. Three-dimensional catheter positioning during radiofrequency ablation in patients: First application of the real-time position management system. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11: 1183–1192.
43. Spitzer SG, Karolyi L, Rammler C et al. Ablation of typical atrial flutter using a three-dimensional ultrasound mapping system. *J Interv Card Electrophysiol* 2003; 8: 181–185.
44. Schreieck J, Ndrepepa G, Zrenner B et al. Radiofrequency ablation of cardiac arrhythmias using a three-dimensional real-time position management and mapping system. *Pacing Clin Electro Physiol* 2002; 25: 1699–1707.
45. Ernst S, Ouyang F, Linder Ch et al. Initial experience with remote catheter ablation using a novel magnetic navigation system. *Circulation* 2004; 109: 1472–1475.
46. Tomassoni G. Magnetic Navigation in the EP Lab is now a reality. *EP Lab Digest* May 2003; 3: 1–4.
47. Faddis MN, Blume W, Finney B et al. Novel, magnetically guided catheter for endocardial mapping and radiofrequency catheter ablation. *Circulation* 2002; 106: 2980–2985.

MUDr. Peter Olexa, Ph.D.

www.vusck.sk

e-mail: polexa@post.sk

Doručeno do redakce: 12. 2. 2005

Přijato po recenzi: 12. 10. 2005