

# Robotická navigace katetrizační ablace fibrilace síní

Josef Kautzner<sup>1</sup>, Petr Peichl<sup>1,2</sup>, Peter Hlivák<sup>1</sup>, Robert Čihák<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika kardiologie, Institut klinické a experimentální medicíny, Praha, <sup>2</sup>Lékařská fakulta v Plzni Univerzity Karlovy v Praze, Česká republika

Kautzner J, Peichl P, Hlivák P, Čihák R. **Robotická navigace katetrizační ablace fibrilace síní.** *Cor Vasa* 2010;52:25–29.

Katetrizační ablace fibrilace síní (FS) přináší celou řadu technických problémů, jako jsou obtížná orientace v levé síni při výrazné variabilitě uspořádání plicních žil, problémy s kontaktem hrotu katetru s tkání a zvýšená zátěž rentgenovým zářením. K jejich překonání byly uvedeny do klinické praxe dva systémy dálkového ovládání katetru. Jeden z nich – systém elektromechanické navigace – se již v řadě center používá jako standardní metoda katetrizační ablace fibrilace síní. Stávající zkušenosti naznačují, že tato metoda má celou řadu výhod. Umožňuje provedení katetrizační ablace standardizovaným způsobem, omezuje únavu operátora a celkovou radiační zátěž. Robotická navigace dovoluje účinnější aplikaci radiofrekvenčního proudu, a má tedy potenciál i pro dosažení lepší dlouhodobé účinnosti.

**Klíčová slova:** Fibrilace síní – Katetrizační ablace – Robotická navigace – Elektroanatomické mapování

Kautzner J, Peichl P, Hlivák P, Čihák R. **Robotic navigation for catheter ablation of atrial fibrillation.** *Cor Vasa* 2010;52:25–29.

Catheter ablation of atrial fibrillation (AF) is associated with many technical challenges such as difficult orientation in the left atrium due to significant variability in the arrangement of pulmonary veins, problems with contact between the tip of the ablation catheter and tissue, and increased radiation dose. Two remote control systems have been introduced into clinical practice to overcome these challenges. One of them – an electromechanical navigation system – has already been used in many centres as a standard method. Current experience suggests that this method has many advantages. It allows a standardized ablation procedure, limits fatigue of the operator and radiation dose. Robotic navigation enables also a more effective application of radiofrequency current and has a potential to achieve a better long-term clinical efficacy.

**Key words:** Atrial fibrillation – Catheter ablation – Robotic navigation – Electroanatomical mapping

**Adresa:** prof. MUDr. Josef Kautzner, CSc., Klinika kardiologie, IKEM, Vídeňská 1958/9, 140 21 Praha 4, Česká republika, e-mail: joka@medicon.cz

Katetrizační ablace se stala v posledním desetiletí terapií volby širokého spektra supraventrikulárních tachyarytmií i komorových arytmií. Jednou z nejčastějších ablací v nejvyspělejších centrech se stala v posledních letech fibrilace síní (FS).<sup>1,2</sup> Přes velmi rychlý vývoj v této oblasti a zvyšující se úspěšnost této katetrizační ablace existují stále určité technické limity. Jelikož je FS v naprosté většině případů spouštěna z ložisek nacházejících se ve svalovině obklopující plicní žíly, základem výkonu se v posledních letech stala tzv. elektrická izolace všech plicních žil. Dosažení tohoto cíle je často velmi obtížné, především kvůli různorodé anatomii levé síně a plicních žil. Ta nutí k tomu, aby byly použity speciální zobrazovací metody (například CT angiografie nebo intrakardiální echokardiografie) a aby byl výkon přizpůsoben na míru konkrétní situaci. Kromě toho

existují v levé síni lokalizace, kde je obtížné dosáhnout stability katetru. Provedení takové katetrizační ablace vyžaduje značné praktické zkušenosti a poměrně dlouhou učební křivku.<sup>3</sup> Nedostatečný nebo přerušovaný kontakt hrotu katetru s tkání má za následek vytvoření lézí, které nejsou trvalé a u kterých dojde k zotavení buněk myokardu a k recidivám arytmií.<sup>4,5</sup> V neposlední řadě je nutno zmínit poměrně vysokou radiační zátěž pro pacienta i operátora v průběhu komplexních ablací, jako je ablace pro fibrilaci síní. Studie ukazují, že dávka rentgenového záření je minimálně jednou tak vysoká v porovnání s katetrizačními ablacemi pro běžné arytmiie, jako je flutter síní.<sup>6,7</sup> K omezení výše popsaných problémů jsou zkoušeny nové postupy. Jedním z nich je navigace ablačního katetru na dálku.<sup>8</sup> V současnosti existují dva systémy, které pracu-

*Tato práce je zčásti podporována výzkumným grantem Ministerstva zdravotnictví ČR MZO 00023001 (Výzkum kardiovaskulárních chorob, diabetes mellitus a transplantací životně důležitých orgánů).*

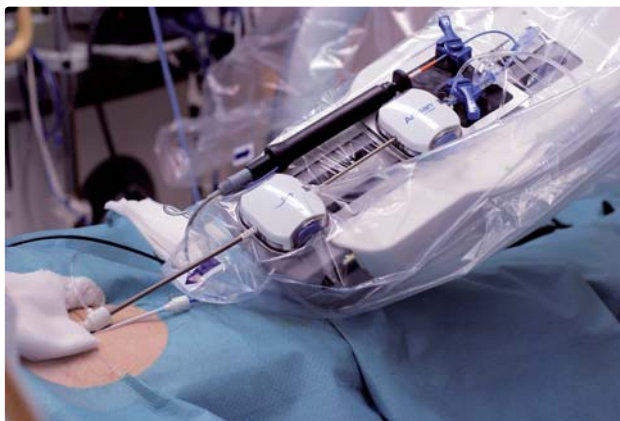
jí na rozdílném principu. Jedním z nich je magnetická navigace, která používá k řízení směru pohybu katetru změny vektoru magnetických polí umístěných okolo pacienta. Druhý systém je založen na principu elektromechanické navigace, kdy je pohyb katetru roboticky ovládán soustavou dvou do sebe zasunutých ohebných metalických zavaděčů. Zevní z nich poskytuje potřebnou stabilitu pro ablační katetr a vnitřní zajišťuje pohyb ve všech směrech. Cílem tohoto přehledu je přiblížit současné zkušenosti s použitím elektromechanického systému při katetrizační ablací FS.

## Koncept elektromechanického robotického systému

Elektromechanický robotický systém (Sensei X Robotic Catheter System, Hansen Medical, Inc., Mountain View, CA, USA) tvoří tři komponenty<sup>9</sup> (viz obrázky 1, 2). První součástí je pracovní stanice, která je mobilní a kterou lze nainstalovat i do ovládací místnosti elektrofyziologického sálu. Pracovní stanice obsahuje celkem tři obrazovky, jež dovolují zobrazení elektrokardiogramů a parametrů ablace ze záznamového zařízení, záznam skiaskopie nebo intrakardiálního ultrazvuku a také trojrozměrné mapy příslušné mapované srdeční dutiny spolu s možností importu trojrozměrné rekonstrukce získané pomocí CT nebo MR angiografie. Pracovní stanice je vybavena speciálním pákovým ovladačem, který dovoluje intuitivní ovládání pohybu hrotu katetru na dálku. Druhou hlavní součástí



Obrázek 1 Pracovní stanice robotického systému Sensei, která je umístěna v ovládací místnosti sálu a dovoluje ovládání pohybu katetru na dálku prostřednictvím pákového ovladače, jehož kulička se pohybuje ve všech směrech v prostoru; tři obrazovky přinášejí potřebné informace jako EKG a intrakardiální signály, skiaskopický obraz, trojrozměrné mapy systému NavX spolu s CT angiogramem levé síně a displej intrakardiální echokardiografie



Obrázek 2 Manipulátor systému Sensei, který zajišťuje pohyb robotického katetru Artisan v srdci pacienta, je namontován na katetrizačním stole a vlastní katetr je zaveden do femorální žíly přes 14F zavaděč; obě komponenty katetru Artisan jsou permanentně proplachovány fyziologickým roztokem s heparinem, v místě ukotvení katetru je také hardware pro měření odhadů kontaktní síly (IntelliSense)

systému, jež je umístěna na katetrizačním stole, je manipulátor, který kontroluje pohyb katetru podle pohybu pákového ovladače. Konvenční katetr je přitom zasunut do systému dvou, teleskopicky do sebe zapadajících ohebných zavaděčů (Artisan Catheter). Průměr zevního zavaděče je 14 F, zatímco vnitřní zavaděč dosahuje průměru 11,5 F. Pohyb zavaděčů, zejména vnitřního, je ovládán pomocí tahových strun. Díky teleskopickému systému je zajištěna stabilita hrotu katetru a současně i velmi precizní pohyb. Třetí součástí systému je řídicí počítač, který je umístěn ve speciální skříni v přilehlých prostorách sálu.

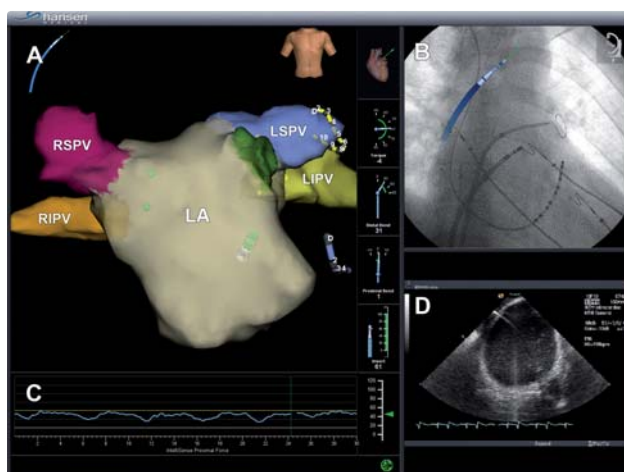
Vzhledem k tomu, že při ovládání katetru na dálku odpadá taktilní vjem informující o odporu katetru při tlaku na tkáň, byl zkonstruován systém detekce míry kontaktu hrotu katetru s tkání. Systém se nazývá IntelliSense a pracuje na principu nepřímého měření tak, že speciální zařízení pohybuje ablačním katetrem v malém rozsahu dopředu a dozadu (cca 1 mm) a dva senzory umístěné na proximální straně robotického katetru měří odpor při tomto pohybu. Vyšší tlak hrotu katetru na tkáň vede ke zvýšenému tření a odporu. Extrapolací je stupeň odporu převeden na hodnotu tlaku v gramech a zobrazen na hlavní obrazovce pracovní stanice v podobě grafu (viz obrázek 2). Tak je operátor informován kontinuálně o míře kontaktu hrotu katetru se srdeční tkání.

## Kompatibilita s trojrozměrnými mapovacími systémy

Elektromechanický systém může pracovat s oběma dostupnými trojrozměrnými mapovacími systémy. Jedním je systém pro elektromagnetické mapování CARTO (Biosense Webster, Diamond Canyon Road, CA, USA), který používá speciální katetr vybavený senzorem, jehož poloha je detekována v prostoru ve vztahu ke třem elektromagnetickým

polím generovaným ze zdrojů pod katetrizačním stolem. Druhým je systém pracující na principu hodnocení změn nitrohrudní impedance (EnSite NavX, v. 7.0 nebo 8.0, St. Jude Medical, Minneapolis, MN, USA), který dovoluje kromě zhotovení trojrozměrné mapy i zobrazení různých katetrů v srdci. Oba systémy umožňují importovat trojrozměrný angiogram levé síně a plicních žil, získaný pomocí CT nebo MR angiografie. Volbou korespondujících bodů na mapě a angiogramu lze dosáhnout fúze obou trojrozměrných obrazů a použití anatomicky věrného angiogramu k navigaci při vlastní katetrizační ablací. V poslední době se začínají používat moderní angiografy, které dovolují rychlou rotaci rentgenky okolo pacienta, a tedy zkonstruování trojrozměrného obrazu srdečních oddílů *in situ* (tj. rotační angiografii bez nutnosti importu dat z CT nebo MR angiografie).

Nicméně pouze systém NavX disponuje novým softwarem, který dovoluje vzájemnou spolupráci mezi oběma technologiemi (CoHesion, St. Jude Medical). Tak je zajištěno intuitivní ovládání hrotu katetru v trojrozměrné mapě nebo v integrovaném obrazu mapy a CT angiogramu. Operátor přitom může pohybovat mapou libovolně v prostoru pomocí myši na pultu pracovní stanice. To umožňuje nastavit optimální zobrazení polohy hrotu katetru ve vztahu k srdečním strukturám. Poté intuitivně posunuje kuličku pákového ovladače žadaným směrem a sleduje na obrazovce pohyb ikony hrotu katetru (viz *obrázek 3*). Je to podobné, jako by držel v ruce hrot katetru a sunul jej do žadaného místa. Pomocí tohoto softwaru a za využití údajů z kontinuálního monitorování tlaku katetru na tkáň (IntelliSense) lze ovládat pohyb katetru v průběhu katetrizační ablace prakticky bez potřeby skioskopie.



**Obrázek 3** Detail hlavní obrazovky systému Sensei, kterou má operátor před sebou; (A) obraz trojrozměrné mapy levé síně získaný pomocí elektroanatomického systému NavX, který lze pomocí myši libovolně otáčet a sledovat ikonu označující hrot katetru v dané mapě; (B) korespondující skioskopický obraz katetru pro případ, kdy je potřeba zkontrolovat pozici katetru skioskopicky; (C) graf funkce IntelliSense, který ukazuje kontinuální záznam kontaktní síly katetru s tkání v gramech; (D) obrazovka s intrakardiálním echokardiogramem, která slouží k ověření pozice a kontaktu katetru

## Klinické zkušenosti s ablací fibrilace síní

Recentně byla publikována data shrnující první zkušenosti z několika center při ablací FS pomocí robotické navigace.<sup>10</sup> Těto studie se účastnilo i naše pracoviště. První generace systému (bez prvků IntelliSense a softwaru CoHesion) byla použita u 40 pacientů o průměrném věku 57 let. Více než polovina z nich měla kromě toho dokumentovaný flutter síní. K zobrazení mapované dutiny bylo použito buď systému CARTO, nebo NavX. Pro ablací FS bylo použito dvojité transseptální punkce, kdy jedna byla provedena pomocí robotického zaváděče. Izolace vestibulů plicních žil bylo dosaženo u všech 40 nemocných a u 23 pacientů s dokumentovaným flutterem síní byla ještě doplněna ablace kavotrikuspidálního isthmu v pravé síni. Celková doba výkonu dosáhla  $160 \pm 88$  min a samotný čas ablace  $89,6 \pm 43$  min. Skioskopický čas činil  $64 \pm 33$  min. U dvou nemocných došlo během výkonu ke vzniku tamponády – jednou v souvislosti s transseptální punkcí a podruhé v průběhu aplikace radiofrekvenčního proudu. Po roce od úspěšné ablace mělo 86 % nemocných sinusový rytmus.

Po dokončení první klinické studie byl systém Sensei schválen k použití v klinické praxi. Naše další zkušenosti s použitím robotické navigace pokračovaly malou sérií ablací pro flutter síní. Od října 2007 jsme začali provádět pomocí robotického systému katetrizační ablace FS jako rutinní metodu. První zkušenosti s ablací paroxysmální FS u 22 pacientů (16 mužů, průměrný věk  $55 \pm 9$  let, skupina 1) byly srovnány nerandomizovaným způsobem s konvenčně provedenou katetrizační ablací u 16 pacientů (13 mužů, průměrný věk  $55 \pm 9$  let, skupina 2).<sup>11</sup> V obou případech bylo použito katetru s proplachovaným hrotem (ThermoCool, Biosense Webster), trojrozměrného mapovacího systému NavX a intrakardiální echokardiografie. Robotická navigace byla spojena se signifikantně kratším časem aplikace radiofrekvenčního proudu (skupina 1 vs. 2:  $1641 \pm 609$  vs.  $2188 \pm 865$  s,  $p < 0,01$ ). Celkový čas výkonu byl kratší ve skupině 1 v porovnání se skupinou 2 ( $207 \pm 29$  vs.  $250 \pm 62$  min,  $p = 0,007$ ) a podobně skioskopický čas ( $15 \pm 5$  vs.  $27 \pm 9$  min,  $p < 0,001$ ). Nebyla zaznamenána žádná komplikace. Během průměrné doby sledování  $5 \pm 1$  měsíců ve skupině 1 a  $9 \pm 3$  měsíců ve skupině 2 bylo bez FS 91 % pacientů ve skupině 1 a 81 % nemocných ve skupině 2. Tato časná zkušenost naznačila, že izolace vestibulů plicních žil pomocí robotické navigace je účinnou a bezpečnou metodou. Předběžné výsledky naznačují, že popsaná metoda může mít dokonce větší účinnost v odstranění fibrilace síní.

Dosud nejrozsáhlejší soubor pacientů s katetrizační ablací FS za použití robotické navigace prezentovala skupina z Austinu v USA.<sup>12</sup> Randomizovali celkem 390 pacientů s FS k ablací pomocí robotické navigace ( $n = 197$ ) nebo konvenční metodou ( $n = 193$ ). Úspěšnost v odstranění FS v průběhu  $14,1 \pm 1,3$  měsíce dosáhla při užívání dosud neúčinných antiarytmik 85 % v první skupině a 81 % ve skupině druhé (nesignifikantní rozdíl). Důležité je, že skioskopický čas byl signifikantně kratší ve skupině s robo-



tickou navigací ( $48,9 \pm 24,6$  vs.  $58,4 \pm 20,1$  min,  $p < 0,001$ ). Skiaskopický čas byl podstatně kratší po 50 provedených výkonech v porovnání s prvními 50 výkony ( $44,5 \pm 23,6$  vs.  $51,8 \pm 23,2$  min,  $p < 0,0001$ ).

Další data o použití elektromechanické navigace při ablaci FS publikovala skupina z nemocnice Asklepios v Hamburku.<sup>13</sup> Zhodnotili provedení ablace u 65 pacientů s FS refrakterní na antiarytmika (43 paroxysmálních, 22 perzistujících fibrilací síní). Úplné izolace plicních žil bylo dosaženo v 95 % případů, čas výkonu dosáhl  $195 \pm 40$  min a čas skiaskopie  $17 \pm 7$  minut. Během průměrné doby sledování 239 dní bylo 73 % pacientů bez rekurence jakékoli síníové tachyarytmie. Bylo zaznamenáno několik komplikací, z nichž nejzávažnější byla tamponáda – údajně po perforaci pravé síně a ezofageální ulcerace u dalšího pacienta. Podle ústní informace došlo později k rozvoji atrioezofageální píštěle.

O nejnovějších zkušenostech s použitím robotické navigace při ablaci FS referovala skupina z Fakultní nemocnice Eppendorf v Hamburku.<sup>14</sup> Analyzovali data od skupiny 60 nemocných, kteří byli randomizováni k provedení katetrizační ablace pomocí robotické navigace nebo konvenční metodou. Obě skupiny pacientů ( $n = 30$ ) byly srovnatelné z hlediska klinických parametrů. Hlavním výsledkem bylo zjištění signifikantně nižšího skiaskopického času ve skupině s robotickou navigací ( $9,0 \pm 3,4$  min vs.  $22 \pm 6,5$  min,  $p < 0,001$ ). Největšího rozdílu v skiaskopických časech bylo dosaženo při vlastní ablaci ( $3 \pm 2,4$  vs.  $17 \pm 6,3$  min,  $p < 0,001$ ). Celková doba výkonu se významně nelišila mezi oběma skupinami. Během sledování nemocných (v průměru  $185 \pm 90$  dní) bylo celkem 75 % pacientů bez rekurence jakékoli síníové arytmie delší než 30 sekund. Nebyl zjištěn rozdíl mezi skupinou s robotickou navigací a konvenční (73 vs. 77 %).

## Výhody ablace „na dálku“

Hlavní výhodou použití robotického systému je podle našeho názoru preciznost při ovládání katetru a jeho vysoká stabilita. To činí ablační výkon standardizovanou procedurou, která je méně závislá na manuální zručnosti individuálního operátora. Zejména v některých lokalizacích je udržení katetru jednoznačně lepší a výkon může provádět operátor s menší zkušeností. Učební křivka tak je poměrně krátká. Kromě toho je provedení ablace pro operátora mnohem příjemnější a pohodlnější. Je tak omezena jeho únava.

Druhou výhodou je možnost udržení kontinuálního kontaktu hrotu katetru s tkání v průběhu celého srdečního cyklu. To dovoluje vytvoření transmuralních ablačních lézí v kratším čase a s nižší energií radiofrekvenčního proudu. Míru tlaku katetru lze dokonce aktivně modifikovat podle aktuálních hodnot poskytovaných systémem IntelliSense. Naše dosavadní zkušenosti naznačují, že takto lze dosáhnout mnohem účinnějších ablačních lézí. Ty mají zřejmě i lepší dlouhodobé trvání. Povzbudivé je to, že pokud je nutno výkon opakovat pro recidivy arytmie, je více než 50 %

plicních žil izolováno a v případech obnoveného vedení jde pouze o izolovaná místa, která lze snadno ablací ošetřit a dosáhnout izolace plicní žíly. Data z probíhajících studií nebo registrů ukáží, jaká je dlouhodobá účinnost robotické navigace při ablaci FS.

Třetí hlavní výhodou robotického systému je redukce skiaskopického času pro lékaře i pacienta. Evropské zkušenosti s robotickou navigací ukazují, že po zavedení katetrů lze provést vlastní ablační výkon prakticky bez použití rentgenového záření. Není výjimečné dosáhnout při ablaci FS celkového skiaskopického času okolo pěti minut. To znamená významnou redukci dávky rentgenového záření pro pacienta i operátora. V USA jsou skiaskopické časy na provedení výkonu mnohem delší. Je to způsobeno jednak tím, že katetry obvykle zavádějí lékaři, kteří se zaučují a mají malé zkušenosti, a dále odlišným využitím skiaskopie. Lékaři v USA používají mnohem častěji dvouramenné angiografy a sledují pohyb katetru preferenčně na rtg místo jeho navigace v trojrozměrných mapách. Kromě toho neměla řada z nich možnost pracovat se softwarem CoHesion, který dovoluje intuitivní ovládání pohybu katetru bez nutnosti skiaskopie. Přesto i data z amerického Austinu ukázala signifikantní redukci skiaskopického času a dávky záření ve skupině pacientů, kde byla použita robotická navigace.

Dosavadní zkušenosti také dokumentují, že použití elektromechanického systému je bezpečné. Přestože operátor nemá dotykovou zpětnou vazbu při pohybu katetrem, přesnost navigace a kontrola kontaktu hrotu katetru s tkání umožňují bezpečnou navigaci v levé síni. Míra kontaktu si vyžádala snížení energie, která je při ablaci aplikována do tkáně. Několik popsanych perforací stěny síně při ablaci pomocí robotického systému je přičítáno na vrub aplikaci větší energie radiofrekvenčního proudu, která vede k náhlému přehřátí tkáně s rozepnutím plynů a slyšitelným prasknutím (fenomén „pop“). V takových případech je zvýšené riziko roztržení stěny síně se vznikem tamponády. Omezení doby ablace na jednom místě a snížení energie radiofrekvenčního proudu jsou podle našeho názoru hlavními opatřeními pro zvýšení bezpečnosti výkonu.

Zatím existují data především o robotické navigaci při ablaci FS. To je i hlavní indikace pro použití tohoto systému. Běžné konvenční ablace nevyžadují použití robotického systému. Uvažuje se ještě o možném využití při ablaci komorových tachykardií, ale současný systém nedovoluje mapování celé dutiny levé komory pro omezený akční radius pohyblivého distálního konce katetru Artisan.

## Závěr

Systém elektromechanické navigace ablačního katetru na dálku si našel v poslední době cestu do klinické praxe. Stávající zkušenosti z několika center naznačují, že tato metoda má celou řadu výhod. Umožňuje provedení katetrizační ablace standardizovaným způsobem, omezuje únavu operátora a celkovou radiační zátěž. To platí především pro katetrizační ablaci FS. Robotická navigace dovoluje účinnější aplikaci radiofrekvenčního proudu, a má tedy potenciál i pro dosažení

lepší dlouhodobé účinnosti. Tyto výhody je nyní potřeba prokázat v dalších klinických studiích a v každodenní praxi. Naše pracoviště patří mezi přední světová centra, která používají elektromechanickou navigaci v běžné klinické praxi. V současné době se snažíme zjednodušit provedení výkonu, a dosáhnout tak úspory času a snížení finanční náročnosti katetrizační ablace pro FS.

## Literatura

1. ACC/AHA/ESC guidelines for the management of patients with supraventricular arrhythmias – executive summary. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1493–1531.
2. Calkins H, Brugada J, Packer DL, et al. HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. *Europace* 2007;9:335–379.
3. Cappato R, Calkins H, Chen S-A, et al. Worldwide survey on methods, efficacy and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circulation* 2005;111:1100–1105.
4. Cappato R, Negroni S, Pecora D, et al. Prospective assessment of late conduction recurrence across radiofrequency lesions producing electrical disconnection of pulmonary vein ostium in patients with atrial fibrillation. *Circulation* 2003;108:1599–1604.
5. Cheema A, Dong J, Dalal D, et al. Long-term safety and efficacy of circumferential ablation with pulmonary vein isolation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006;17:1080–1085.
6. Macle L, Weerasooriya R, Jais P, et al. Radiation exposure during radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003;26(Pt 2):288–291.
7. Lickfett L, Mahesh M, Vasamreddy C, et al. Radiation exposure during catheter ablation of atrial fibrillation. *Circulation* 2004;110:3003–3010.
8. Ernst S. Robotic approach to catheter ablation. *Curr Opin Cardiol* 2008;23:28–31. <http://www.hansenmedical.com/products/sensei-x.aspx>.
9. Saliba W, Reddy V, Wazni O, et al. Atrial fibrillation ablation using a robotic catheter remote control system: Initial human experience and long-term follow-up results. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:2407–2411.
10. Kautzner J, Peichl P, Cihák R, et al. Early experience with robotic navigation for catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2009;32(Suppl 1):S163–S166.
11. Di Biase L, Wang Y, Horton R, et al. Ablation of atrial fibrillation utilizing robotic catheter navigation in comparison to manual navigation and ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009;20:1328–1335.
12. Schmidt B, Tilz RR, Neven K, et al. Remote robotic navigation and electroanatomical mapping for ablation of atrial fibrillation: considerations for navigation and impact on procedural outcome. *Circ Arrhythmia Electrophysiol* 2009;2:120–128.
13. Steven D, Servatius H, Rostock T, et al. Reduced fluoroscopy during atrial fibrillation ablation: benefits of robotic guided navigation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009. [Epub ahead of print.]

---

*Došlo do redakce 10. 12. 2009*

*Přijato 3. 1. 2010*