



## Původní sdělení | Original research article

# Elektrofyzilogické nálezy po chirurgické RF ablaci fibrilace síní systémem AtriCure

(Electrophysiological findings after surgical ablation of atrial fibrillation using AtriCure system)

Alan Bulava<sup>a,b,c</sup>, Aleš Mokráček<sup>c,d</sup>, Martin Eisenberger<sup>a,c</sup>, Vojtěch Kurfirst<sup>d</sup>, Ladislav Dušek<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Kardiologické oddělení, Kardiocentrum, Nemocnice České Budějovice, a.s., České Budějovice, Česká republika

<sup>b</sup> Lékařská fakulta Univerzity Palackého, Olomouc, Česká republika

<sup>c</sup> Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, Česká republika

<sup>d</sup> Kardiokirurgické oddělení, Kardiocentrum, Nemocnice České Budějovice, a.s., České Budějovice, Česká republika

<sup>e</sup> Institut biostatistiky a analýz Lékařské a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Brno, Česká republika

## INFORMACE O ČLÁNKU

## Historie článku:

Došel do redakce: 14. 3. 2017

Přepřacován: 22. 4. 2017

Přijat: 24. 4. 2017

Dostupný online: 23. 5. 2017

## Klíčová slova:

Ablace fibrilace síní

Elektrofyzilogické mapování

Hybridní postupy

Rekondukce

## SOUHRN

**Úvod:** Léčba perzistující a dlouhodobě perzistující fibrilace síní (FS) katetrizační ablací (KA) v dlouhodobém horizontu selhává. Jednou z možností, jak překonat limitace KA, je hybridní přístup.

**Cíl:** Systematicky demonstrovat elektrofyzilogické nálezy u pacientů podstupujících hybridní chirurgický zákrok pro FS.

**Metody:** Pacienti s perzistující či dlouhodobě perzistující FS podstoupili epikardiální thorakoskopickou radiofrekvenční (RF) izolaci plicních žil (PŽ) pomocí klešťového instrumentária AtriCure, která byla doplněna vytvořením lineárních lézí v levé síni (LS) pomocí lineárního pera, discízií Marshallova ligamenta a exkluzí ouška LS pomocí speciálního klipu (AtriClip). S odstupem dvou až tří měsíců po výkonu podstoupili všichni pacienti elektrofyzilogické vyšetření (EFV) a RF KA s cílem endokardiálně eliminovat případné recidivy elektrického vedení do/z PŽ nebo napříč lineárními lézemi.

**Výsledky:** Do studie bylo zařazeno celkem 70 pacientů (49 mužů), medián 63,5 roku. EFV bylo provedeno za 87 dnů (medián) od primárního thorakoskopického výkonu. 76 % pacientů mělo v době EFV normální sinusový rytmus (SR), 7 % typický flutter síní, 11 % síniovou tachykardii a 6 % FS. Levostranné PŽ byly nalezeny izolované u významně menší části pacientů ve srovnání s pravostrannými PŽ (75,7 % vs. 91,4 %,  $p < 0,001$ ). Všechny PŽ byly izolovány u 68,6 % pacientů. Dokončená izolace zadní stěny LS byla nalezena jen u 22,9 % pacientů. Izolace PŽ byla endokardiální KA dokončena ve všech případech. Izolaci zadní stěny LS se KA v druhém kroku hybridního výkonu podařilo dosáhnout u 91,4 % pacientů. Místa nejčastější rekondukce levostranných PŽ se nacházela na stropě LS a na hraně mezi levou horní PŽ a ouškem LS, u pravostranných PŽ byla nejčastější rekondukce na stropě a zadní stěně LS. Typické místo recidivy elektrického vedení stropní linkou nebylo možné určit – u většiny pacientů musela být endokardiální ablační linie vedena v celé její délce. U dolní spojující léze byla typickým místem rekondukce oblast jedné třetiny linie přilehlé k pravé dolní PŽ.

**Závěr:** Izolace pravostranných PŽ prováděná epikardiálně je významně častěji úspěšnější než izolace levostranných PŽ. Epikardiální lineární aplikace RF energie pod přímou kontrolou zraku nevede ve velké většině případů k vytvoření permanentních lézí. Kardiokirurgové mohou díky našim závěrům zaměřit svou pozornost na typická místa rekondukce a dalšími „bonusovými“ RF aplikacemi v těchto oblastech dosáhnout vyšší úspěšnosti výkonu.

© 2017, ČKS. Published by Elsevier sp. z o.o. All rights reserved.

**Adresa:** Doc. MUDr. Mgr. Alan Bulava, Ph.D., Kardiologické oddělení, Kardiocentrum, Nemocnice České Budějovice, a.s., B. Němcové 585/34, 370 01 České Budějovice, e-mail: [alanbulava@seznam.cz](mailto:alanbulava@seznam.cz)

**DOI:** 10.1016/j.crvasa.2017.04.002

## ABSTRACT

**Introduction:** Long-term results of catheter ablation (CA) of persistent and long-standing persistent atrial fibrillation (AF) have been disappointing. The hybrid approach is one method of overcoming the limitations of CA.

**Aim:** To present electrophysiological (EP) findings in patients undergoing hybrid surgical ablation to treat atrial fibrillation.

**Methods:** Patients with persistent and long-standing persistent AF underwent thoracoscopic epicardial radiofrequency (RF) isolation of the pulmonary veins (PV) using AtriCure clamps followed by linear ablations in the left atrium (LA) using a linear pen and complemented by Marshall ligament disruption and left atrial appendage exclusion using an AtriClip device. As part of the study protocol, all patients underwent an EP study and RF ablation to eliminate any and all residual epicardial conduction gaps.

**Results:** Seventy patients (49 male, median 63.5 years) were recruited for the study. The EP-phase of the study was performed 87 days (median) after the thoracoscopic ablation. At the time of the EP study, 76% of patients presented with sinus rhythm (SR), 7% with typical atrial flutter, 11% with atrial tachycardia, and 6% with AF. Left sided PVs were found to be isolated less often than right PVs (75.7% vs. 91.4%,  $p < 0.001$ ). Complete isolation of all PVs was seen in 68.6% of patients. Complete isolation of the LA posterior wall was found in 22.9% of patients only. Conduction gaps in the left PVs were mostly found on the superior portion and on the ridge between the superior vein and LA appendage. In the right PVs, gaps were most often on the superior and posterior walls of the vessels. It was impossible to find typical gap locations on the LA roof connecting line since most patients required re-ablation of the whole line. The most common re-conduction site on the inferior line was found on the third of the line adjacent to the right inferior PV.

**Conclusion:** Surgical epicardial ablation of the right sided PVs is significantly more successful compared to ablation of left-sided PVs. Linear epicardial ablations, completed under direct visual control are often unsuccessful. Our results may help cardiac surgeons focus on the typical sites of re-conduction and improve their results through additional RF applications.

## Keywords:

Atrial fibrillation ablation  
Electrophysiological mapping  
Hybrid approaches  
Reconduction

## Úvod

Katetrizační ablace pro fibrilaci síní (FS) se stala základem invazivní léčby této arytmie zejména v situacích, kdy léčba antiarytmiky selhává [1]. Zatímco léčba paroxysmální formy arytmie se opírá o izolaci plicních žil (PŽ), dnes prováděnou pomocí široké antrální obkružující léze, léčba perzistujících forem FS není sjednocená a různí autoři a centra uplatňují různé přístupy: ablace frakcionovaných potenciálů, lineární léze v levé síni, ablace autonomních gangliových plexů, ablace fokálních impulsů či repetitivních zdrojů aktivace, popř. kombinaci výše uvedeného [2–8]. Nedávná multicentrická randomizovaná studie STAR AF II ukázala, jak svízelná je ablační léčba této perzistující formy arytmie, protože úspěšnost léčby po přidání těchto dalších cílových momentů byla nakonec srovnatelná s prostou izolací PŽ [9].

Paralelně s různými technikami katetrizační ablace se vyvíjela i chirurgická léčba FS, která díky použití bipolární energie dodávané specializovaným instrumentáři zavedeným thorakoskopicky do perikardiálního prostoru dosáhla tak nízkého stupně invazivity, že může být nabídnuta i pacientům, u nichž není indikována jiná kardiokirurgická operace [1,10]. Postupně se množí data o vysoké úspěšnosti v léčbě perzistující FS u pacientů, kteří podstoupili tzv. hybridní zákrok, tj. kdy epikardiální chirurgická ablace byla doplněna endokardiálním mapováním a ablací [11,12]. Tyto výkony lze provádět buď simultánně, nebo s časovým odstupem od primárního chirurgického výkonu, tedy sekvenčně. Nedávná metaanalýza všech studií ukázala, že úspěšnost léčby těchto pacientů může dosáhnout až 94 % podle typu přístupu a použité energie [13], což je významně vyšší procento ve srovnání jak s pouhým chirurgickým miniinvazivním přístupem, tak i se samotnou katetrizační ablací. Hybridní zákroky mají proto velký potenciál překonat potenciální limitace samotné endo- či epikardiální ablace.

V literatuře je dosud nemnoho publikovaných prací, jež by detailně studovaly elektrofyziologické nálezy u pacientů, kteří podstoupili sekvenční hybridní zákroky. Cílem naší studie bylo podrobně popsat lokalizaci míst rekondukce vedení jak v cirkumferenčních lézích kolem PŽ, tak i v lineárních lézích vytvořených epikardiálním chirurgickým instrumentáři AtriCure. Dalším cílem bylo popsat spektra arytmí, které se spontánně objevují u pacientů po chirurgické epikardiální ablací, a dále arytmí, jež jsou vyvolatelné při elektrofyziologickém vyšetření (EFV) po dokončení všech standardních lézí.

## Metody

Do studie byli zahrnuti pacienti s perzistující a dlouhodobě perzistující FS nereagující na léčbu antiarytmiky. Definice paroxysmální, perzistující a dlouhodobě perzistující FS vycházely ze současných doporučení [1]. Vylučovací kritéria zahrnovala závažnou ischemickou chorobu srdeční (> 60% stenózu jedné z hlavních věnčitých tepen), středně závažnou nebo závažnou chlopenní vadu, cévní mozkovou příhodu v posledních třech měsících před výkonem, předchozí katetrizační ablací, srdeční nebo plicní operaci, nemožnost užívat antikoagulační léčbu anebo přítomnost trombu v oušku levé síně (LS). Všichni pacienti podstoupili chirurgickou část hybridní ablační léčby dle standardizovaného protokolu. Za dva až tři měsíce byli tito pacienti přijati k druhé části výkonu – transvenózní katetrizační ablací.

Všichni pacienti měli provedenu jícnovou echokardiografii (TEE), vyšetření výpočetním tomografem (CT) po podání kontrastní látky a funkční vyšetření plic. Pacienti starší 50 let anebo se symptomy odpovídajícími angině pectoris měli navíc provedenou koronarografii. Vyšetření TEE a CT byla znovu zopakována u všech pacientů před

katetrizační částí hybridního výkonu. Perorální antikoagulancia byla vysazena 7 dní před chirurgickou i katetrizační ablací a nahrazena nízkomolekulárním heparinem v účinné dávce až do posledního dne před výkonem. Studie byla schválena lokální etickou komisí a všichni pacienti podepsali informovaný souhlas. Veškerá data byla prospektivně zadána do zajištěné internetové databáze.

### **Chirurgická technika**

Chirurgický výkon byl prováděn v celkové anestezii za použití biluminální intubace, která umožňuje selektivní plicní ventilaci. Výkon byl zahájen z pravostranné thorakoskopie za použití tří pracovních portů – 10 mm pro endoskopickou kameru a 10 mm a 5 mm pro zavedení endoskopických nástrojů. Po vyřazení pravé plíce z ventilace byla otevřena perikardiální dutina incizí perikardu anteriorně nad nervus phrenicus v rozsahu od horní duté žíly po dolní dutou žílu. Perikard byl poté vyvěšen třemi pomocnými stehy, což značně zlepšilo přehlednost operačního pole. Standardně byla prováděna disekce epikardiálního tuku směrem k mezisíňovému septu a uvolnění přístupu do sinus obliquus mezi dolní dutou žílou a pravou dolní plicní žílou. Za použití ohebného světelného disektoru (LumiTip Dissector, AtriCure, OH, USA) byly obejity pravostranné PŽ a naloženy ablační kleště (Isolator Synergy, AtriCure, OH, USA). Poté byla provedena série pěti až deseti ablací. Izolace PŽ byla následně ověřována (buď entry a exit blok při konverzi na SR, nebo jen entry blok při pokračující FS) pomocí multifunkčního pera (Multifunctional Linear Pen, AtriCure, OH, USA). Pokud nebyla po úvodní sérii pěti pálení zjištěna kompletní blokáda vedení, bylo v aplikacích RF energie pokračováno. Mezi jednotlivými ablacemi byly vždy kleště uvolněny a další ablace byla vedena na alespoň o trochu jiném místě v antru PŽ. Pokud byl pozorován průškvár, kleště byly extrahovány a vyčištěny. Následně bylo přistoupeno k vytvoření tzv. horní a dolní box-léze (spojující kontralaterální horní a dolní PŽ) pomocí lineárního pera. Tzv. trigonální léze byla vytvořena na stropě LS tak, aby probíhala od pravé horní PŽ směrem k fibróznímu anulu. Tato léze tvořila základ budoucí linky k mitrálnímu anulu, která pak byla dokončena ve druhé fázi hybridního výkonu, proto nebyla kompletnost této linie během chirurgického zákroku nijak ověřována. Poté bylo přistoupeno k ablací pravostranných a levostranných gangliových plexů, jejíž kompletnost byla ověřena vysokofrekvenční stimulací v místě očekávaného výskytu ganglií s vagovou odpovědí v případě neúspěšné ablace. Zárok byl na pravé straně zakončen sblížením perikardu jedním stehem, inzercí pleurálního drénu a uzavěrem operačních ran.

Výkon na levé straně byl zahájen podobně jako na pravé, ale pracovní porty byly zaváděny více posteriorně a perikardiální dutina byla otevřena incizí posteriorně pod probíhající n. phrenicus. Nejprve byla prováděna discize Marshallova ligamenta, přičemž oba konce byly ošetřeny bipolární ablací. Poté byly pomocí světelného disektoru obejity levostranné PŽ, po gumovém turniketu nasazeny bipolární kleště a zahájena izolace opět sérií pěti až deseti ablací. Pokud měl v této fázi pacient pokračující FS, byla provedena elektrická kardioverze a ověřena bidirekční blokáda vedení do PŽ a na zadní stěnu

LS (do box-léze). V případě potřeby byly dalšími ablacemi tyto linie doplněny. Výkon na levé straně byl ukončen epikardiální okluzí ouška levé síně pomocí AtriClip (AtriCure, OH, USA) pod kontrolou jícnové echokardiografie. Do levé pleurální dutiny byl pak zaveden drén a pacient přeložen na pooperační oddělení. Přibližně za šest hodin po výkonu byla zahájena antikoagulační léčba podáním nízkomolekulárního heparinu v účinné dávce a po odstranění hrudních drénů byla podána první dávka warfarinu a jeho dávkování pak následně upraveno s cílem dosáhnout INR 2–3.

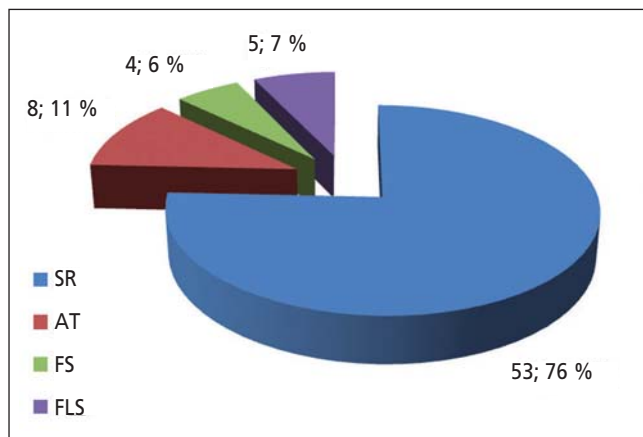
### **Katetrizační ablace**

Katetrizační část výkonu byla provedena dva až tři měsíce po části chirurgické tak, aby se mohla zahojit chirurgy ablovaná tkáň, ustoupit edém a mohly se zkonsolidovat všechny ablační léze. Pokud byl na začátku výkonu přítomný SR, byla prvním krokem, ještě před transeptální punkcí, ablace kavotrikuspidálního můstku. Bidirekční blokáda vedení přes tento můstek byla ověřena standardními technikami. U pacientů, kteří na začátku výkonu neměli SR ani typický flutter síní, byla ablace kavotrikuspidálního můstku provedena na konci výkonu po dosažení SR. S pomocí dvou říditelných transeptálních sheathů (8F, Channel, Boston Scientific, USA) byla provedena dvojité transeptální punkce. S podporou trojrozměrného mapovacího systému CARTO3 byla zrekonstruována anatomie LS a doplněna bipolární voltážová mapa z alespoň 300 bodů. Voltážová mapa poskytla obvykle první představu o celistvosti chirurgicky vytvořených epikardiálních lézí. Oblasti s voltáží < 0,05 mV byly pokládány za elektricky neaktivní tkáň. Izolace či rekondukce vedení do plicních žil byla hodnocena přítomností entry a exit bloku s pomocí cirkulárního katétru (LASSO, Biosense Webster Inc.).

K dodání RF energie byl použit ablační katétr s proplachovaným 3,5mm hrotem ThermoCool® Smart Touch™ (Biosense Webster Inc., Diamond Bar, CA, USA) využívající softwarový modul k měření přítlaku a umožňující dodání RF energie do 35 W s teplotním omezením do 44 °C. V případě podezření na rekondukci vedení do příslušné PŽ bylo přistoupeno k detailnímu mapování v antru této žíly tak, aby byly nalezeny nejčasnější potenciály PŽ na úrovni předpokládané epikardiální linie. Lokalizace tohoto místa (označovaného dále jako „gap“) byla zaznamenána jako číslo na ciferníku hodin při pohledu ze srdeční dutiny a na závěr přiřazena jednomu z kvadrantů – hornímu, přednímu, dolnímu a zadnímu. Všechna místa rekondukce byla dále ablačně cílena tak, aby bylo na závěr dosaženo kompletní izolace PŽ.

Po dosažení izolace všech PŽ bylo přistoupeno k mapování zadní stěny. Lasso katétr byl pro účely tohoto mapování položen kolmo na zadní stěnu. Pokud nebyly zaznamenány žádné potenciály, byla izolace zadní stěny LS (tj. box-léze) prohlášena za kompletní. V případě dokumentovaných potenciálů na zadní stěně LS jsme zahájili pečlivé mapování horní i dolní spojující linie a hledali jsme místa rekondukce pomocí stimulačních manévrů. Celá linie byla pomyslně rozdělena na třetiny a místo aplikace RF energie bylo zaznamenáno do příslušné třetiny. V ablacích bylo pokračováno do dosažení izolace zadní stěny LS anebo do okamžiku, kdy operátor konstatoval technický neúspěch.

V dalším kroku byla dokončena tzv. přední mitrální linie. Tato linie byla zahájena na předním mitrálním anulu a vedena směrem k pravé horní plicní žíle tak, aby spojovala anulus s předpokládanou epikardiální lézí vytvořenou v průběhu chirurgické části výkonu. Celistvost přední mitrální linie (tzv. trigonální léze) byla ověřena standardními kritérii, a to průkazem aktivace po směru hodinových ručiček při stimulaci laterálně od ablační linie a aktivací



Obr. 1 – Spektrum srdečních rytmů u pacientů po epikardiální RF chirurgické ablací před dokončením hybridního přístupu RF katetrizační ablací.

AT – síňová tachykardie; FLS – typický flutter síní; FS – fibrilace síní; SR – normální sinusový rytmus.

Tabulka 1 – Základní klinické charakteristiky studovaného souboru pacientů podstupujících hybridní ablací

Parametr	N (%) nebo průměr ± SD	Medián (minimum–maximum)
Počet pacientů	70 (100 %)	
Muži	49 (70 %)	
Ženy	21 (30 %)	
Věk, roky	62,4 ± 7,9	63,5 (42–75)
BMI, kg/m <sup>2</sup>	30,8 ± 4,6	30,6 (22,5–41,5)
LAD (PLAX), mm	49,1 ± 4,9	49 (40–59)
LAV, ml	150 ± 34	148 (89–257)
EFLK, %	64 ± 8	65 (36–77)
Délka trvání FS, měsíce	41,8 ± 35	32 (9–200)
Dlouhodobá perzistující FS	61 (87,1 %)	
Pacienti s neúspěšnou EKV	48 (68,6 %)	
Počet neúspěšných AA	1,7 ± 0,6	2 (1–3)
Arteriální hypertenze	55 (78,6 %)	
DM	20 (28,6 %)	
Předchozí CMP/TIA	9 (12,8 %)	
HLP	18 (25,7 %)	

AA – antiarytmika; BMI – index tělesné hmotnosti; CMP – cévní mozková příhoda; DM – diabetes mellitus, EF – ejekční frakce levé komory; EKV – zevní elektrická kardioverze; FS – fibrilace síní; HLP – hyperlipoproteinémie; LAD – rozměr levé síně v parasternální projekci na dlouhou osu; LAV – objem levé síně; TIA – transitorní ischemická ataka.

proti směru hodinových ručiček při stimulaci mediálně od této linie.

Po dokončení všech zamýšlených linií jsme na konci výkonu provedli vzestupnou stimulaci síní do frekvence 300/min. V případě vyvolatelnosti jakékoliv setrvalé síňové tachykardie (AT) jsme přistoupili k mapování této arytmie v LS či pravé síní (PS) a snažili jsme se určit její mechanismus. Následně byla tato arytmie cílena buď katetrizační ablací fokálního zdroje, nebo ablací místa pomalého vedení v případě reentry mechanismu. Pokud byla běžící tachykardie dokumentována již na samotném začátku vyšetření, bylo prvním krokem mapování a ablace této AT.

### Statistické hodnocení

Spojité proměnné byly vyjádřeny jako průměrná hodnota ± standardní odchylka. Kategorické proměnné pak byly prezentovány jako absolutní čísla a četnost výskytu. Porovnání kategorických proměnných bylo provedeno pomocí Fisherova exaktního testu. Porovnání spojitých proměnných bylo provedeno Studentovým *t*-testem po předchozím ověření normality dat. Hodnota  $p < 0,05$  byla považována za statisticky významnou.

### Výsledky

Do studie bylo zařazeno celkem 70 pacientů (49 mužů, 21 žen) průměrného věku  $62,4 \pm 7,9$  roku. Základní klinické charakteristiky souboru jsou shrnuty v tabulce 1.

Elektrofyzikologické vyšetření (EFV) a následná katetrizační ablace navázala na chirurgický zákrok v průměru po  $94 \pm 30$  dnech (medián 87 dnů). Padesát tři (75,7 %) pacientů mělo při přijetí normální SR, ostatní pacienti měli dokumentovanou běžící síňovou tachykardii, typický flutter síní nebo fibrilaci síní (obr. 1). Běžící síňové tachykardie ( $n = 8$ ) zahrnovaly perimitrální flutter ( $n = 4$ ), tachykardii závislou na stropě levé síně ( $n = 1$ ), fokální tachykardii z koronárního sinu ( $n = 1$ ) a pravosíňové tachykardie ( $n = 2$ ). Všechny spontánně běžící arytmie byly úspěšně ukončeny RF katetrizační ablací.

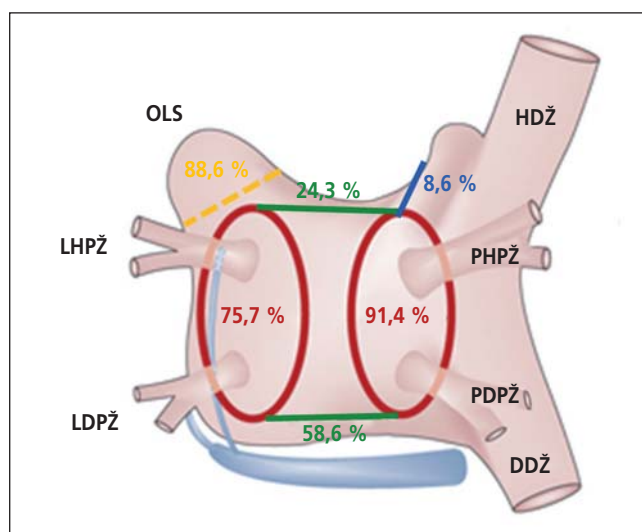
### Výsledky mapování po epikardiální RF ablací

Pravostranné PŽ byly nalezeny elektricky izolované u významně vyššího počtu pacientů ve srovnání s levostrannými (64 [91,4 %] pacientů vs. 53 [75,7 %] pacientů,  $p = 0,012$ ). Všechny PŽ (tj. jak pravostranné, tak i levostranné) byly nalezeny elektricky izolované u 48 (68,6 %) pacientů.

Kompletní izolace zadní stěny LS bylo chirurgickou epikardiální ablací dosaženo pouze u 16 pacientů (22,9 %). Vyšší úspěšnost mělo epikardiální vytvoření kompletní blokady vedení lézí spojující obě dolní PŽ než lézí spojující na stropě LS obě horní PŽ (41 [58,6 %] vs. 11 [24,3 %] pacientů,  $p < 0,001$ ). Trigonální léze, která vedla k vytvoření kompletní blokady vedení přední mitrální linkou (spojující pravou horní PŽ s mitrálním anulem), byla zaznamenána pouze u 6 (8,6 %) pacientů. AtriClip byl úspěšně nasazen na ouško LS u 62 (88,6 %) pacientů (obr. 2). Přítomnost či absence arytmie na počátku EFV nekorelovaly s přítomností či absencí izolace PŽ anebo dokončených lineárních lézí v LS (tabulka 2).

Všechny nekompletní izolace PŽ byly endokardiální RF katetrizační ablací úspěšně dokončeny. U tří pacientů





Obr. 2 – Úspěšnost epikardiálně vytvořených RF ablačních lézí hodnocených při následném elektrofyziologickém vyšetření s odstupem dvou až tří měsíců. AtriClip se zdařilo úspěšně aplikovat u 88,6 % pacientů.

DDŽ – dolní dutá žíla; HDŽ – horní dutá žíla; LDPŽ – levá dolní plicní žíla; LHPŽ – levá horní plicní žíla; OLS – ouško levé síně; PDPŽ – pravá dolní plicní žíla; PHPŽ – pravá horní plicní žíla.

musely být izolace PŽ dokončeny vytvořením kompletní obkružující ablační léze (dvakrát kolem levostranných a jednou kolem pravostranných PŽ). Ve všech ostatních případech měly místa rekondukce prostorově limitovaný charakter tak, že fokální aplikací RF energie bylo docíle-

no terminace elektrického vedení do PŽ. Pro levostranné PŽ byla většina míst rekondukce lokalizována kolem levé horní PŽ, a to v oblasti stropního a předního kvadrantu. Kolem levé dolní PŽ bylo nalezeno jen minimum rekondukcí (obr. 3). Rekondukce kolem pravostranných plicních žil byly nalezeny především na zadní stěně a na stropě pravé horní plicní žíly.

Stropní linii spojující levou horní a pravou horní PŽ se nepodařilo dokončit endokardiální ablací pouze u 5 (9,8 %) z 51 pacientů, u nichž samotná epikardiální ablace nevedla ke kompletní blokádě vedení touto linií. Dolní linie spojující pravou dolní a levou dolní PŽ nebyla endokardiální ablací dokončena pouze u 1 (3,4 %) z 29 pacientů, u nichž samotná epikardiální ablace nevedla ke kompletní blokádě vedení touto linií. Celkově byly obě linie dokončeny tak, že na konci výkonu přetrvávala elektrická izolace celé zadní stěny LS u 64 ze 70 pacientů v naší studii (91,4 %). Přední mitrální linku (spojující pravou horní PŽ a mitrální anulus) nebylo možné dokončit endokardiální ablací pouze u 2 (5,7 %) z 64 pacientů, u nichž samotná epikardiální ablace nevedla ke kompletní blokádě vedení touto linií. Po dokončení obou fází hybridního zákroku tak byl kompletní zamýšlený set lézí (izolace PŽ, izolace zadní stěny LS, přední linie mitrálního můstku a linie na kavotrikuspidálním můstku) dokončen u 62 ze 70 pacientů (88,6 %).

Nejčastější lokalizací rekondukce na linii spojující dolní PŽ byla jedna třetina linie přilehlá k pravé dolní PŽ (62,1 % případů). U stropní linky spojující horní PŽ bylo nejčastěji nutné provést endokardiální ablací v celém rozsahu linie (58,5 % případů). Detailní rozsah potřebné endokardiální

Tabulka 2 – Nález po epikardiální thorakoskopické ablací u pacientů se sinusovým rytmem a se supraventrikulárními arytmiemi na počátku elektrofyziologického vyšetření

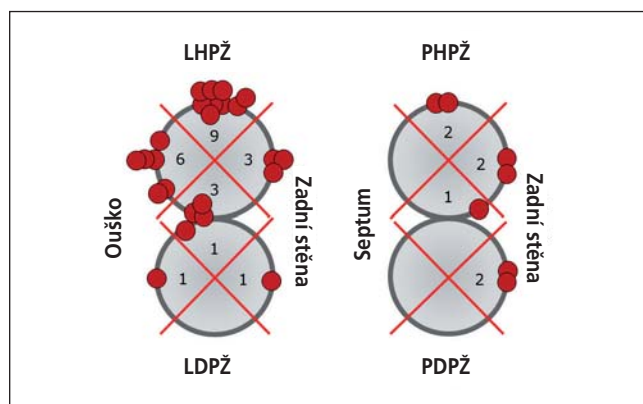
	Levé PŽ izolovány	Pravé PŽ izolovány	Všechny PŽ izolovány	Stropní linie dokončena	Dolní linie dokončena	Box-léze dokončena	AtriClip aplikován
SR (n = 53)	42 79,2 %	48 90,6 %	37 69,8 %	11 20,8 %	29 54,7 %	11 20,8 %	48 90,6 %
SV arytmie (n = 17)	11 64,7 %	16 94,1 %	11 64,7 %	6 35,3 %	12 70,6 %	5 29,4 %	14 82,3 %
p	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Box léze – izolace zadní stěny levé síně; PŽ – plicní žíly; SR – sinusový rytmus; SV – supraventrikulární.

Tabulka 3 – Spektrum síňových tachykardií vyvolatelných po dokončení všech standardních lézí

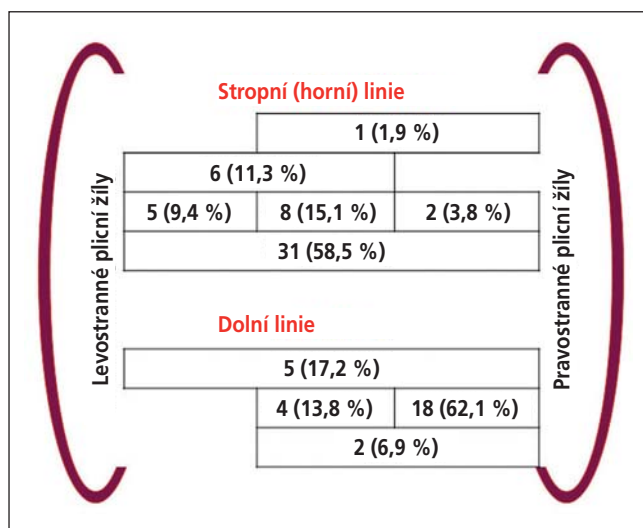
Pacient	N-AT	Lokalizace	Úspěšná ablace	Jiný způsob ukončení
č. 1	3	PS: pod HDŽ (reentry AT) a v ústí KS (fokální nebo mikroreentry AT) PS: další multireentry AT	ANO pro AT z HDŽ a pro AT z KS NE pro multireentry	Elektrická kardioverze
č. 2	2	PS: baze ouška (fokální AT) LS: mezisíňové septum (reentry)	ANO pro PS NE pro LS	Elektrická kardioverze
č. 3	1	LS: reentry závislá na stropě	NE	Elektrická kardioverze
č. 4	1	LS: reentry závislá na stropě	ANO	
č. 5	1	PS: mezisíňové septum (reentry)	ANO	
č. 6	1	LS: mezisíňové septum (reentry)	NE	Elektrická kardioverze
č. 7	1	LS: mezisíňové septum (reentry)	ANO	
č. 8	1	LS: multireentry tachykardie	NE	Overdrive stimulace

HDŽ – horní dutá žíla; KS – koronární sinus; LS – levá síň; N-AT – počet vyvolatelných síňových tachykardií; PS – pravá síň.



Obr. 3 – Místa rekondukce kolem cirkumference plicních žil. Každá plicní žíla byla schematicky rozdělena na čtyři kvadranty. Každý červený bod odpovídá jednomu gapu – v tomto místě aplikace RF energie buď změnila elektrickou aktivaci v mapovacím dekapolárním Lasso katétu zavedeném do plicní žíly, nebo vedla k její úplné elektrické izolaci. Kolem levostranných plicních žil byla místa rekondukce soustředěna především na stropě levé síně (9x) a pak na přední hraně směrem k oušku levé síně a na hraně mezi oběma žilami (celkem 11x). Naopak u pravostranných plicních žil dominovala přítomnost gapů na zadní stěně (celkem 4x) a pak na stropě levé síně (2x).

LDPŽ – levá dolní plicní žíla; LHPŽ – levá horní plicní žíla; PDPŽ – pravá dolní plicní žíla; PHPŽ – pravá horní plicní žíla.



Obr. 4 – Místa potřebné endokardiální ablace na liniích spojujících horní a dolní plicní žíly. Rámce udávají rozsah potřebné léze (jedna třetina, dvě třetiny nebo celá linie), čísla pak udávají absolutní a relativní počty případů, kdy byla takto nutná aplikace RF energie k dosažení blokády elektrického vedení celou linkou.

ablace k dosažení blokády vedení přes horní a dolní spojující linii ukazuje obrázek 4.

### Výsledky vzestupné stimulace síní

Po dokončení izolací PŽ a všech linií v pravé (linie na kavotrikuspidálním můstku) a levé (přední mitrální linka a box-léze) síní bylo prováděno testování vzestupnou stimulací síní. Při tomto elektrofyziologickém manévru nebyla u 58 (82,9 %) pacientů vyvolána žádná setrvalá (tj. trvající > 30 s) supraventrikulární arytmie. U 5 (7,1 %) pacientů byla

vyvolána setrvalá FS, která u dvou pacientů terminovala spontánně do SR (jednou po 40 s běhu a jednou po 5 min běhu) a u tří pacientů musela být FS běžící více než 5 min ukončena zevní elektrickou kardioverzí. U osmi (11,4 %) pacientů byly vyvolány setrvalé síňové tachykardie, které byly následně zkoumány za pomoci 3D aktivačního mapování a cíleny RF ablací. Lokalizaci těchto tachykardií a úspěšnost ablace ukazuje tabulka 3. Všichni pacienti odešli z nemocnice s normálním SR.

### Diskuse

Hybridní ablační způsoby se v posledních letech stále více uplatňují zejména v léčbě pacientů s perzistující a dlouhodobě perzistující FS, protože výsledky pilotních studií ukázaly významně vyšší úspěšnost této léčby v udržení stabilního SR ve srovnání se samotnou katetrizační ablací [11,12]. Ačkoliv počet miniinvasivních chirurgických výkonů pro FS v současné době stoupá, nebyla tato technologie dosud komplexně validována a v dostupné literatuře najdeme jen málo systematicky prováděných studií, které by prokázaly úspěšnost epikardiálních ablací bipolární RF energií. Už vůbec nejsou dokumentována typická místa rekondukce po izolaci plicních žil či po vytvoření lineárních lézí systémem AtriCure v době zhojení a konsolidace těchto lézí, tj. za dva až tři měsíce od vlastního chirurgického výkonu. Dostupná jsou data Pisona a spol. [12], kteří ukázali, že po epikardiálně vytvořené box-lézi byla izolace celé zadní stěny nalezena pouze u 50 ze 78 pacientů (64 %). Tyto výkony však byly prováděny simultánně, a proto autoři nemohli odlišit trvalou blokádu elektrického vedení vytvořenými liniemi od přechodné blokády způsobené pouhým omráčením tkáně, ischemií či edémem. Na skutečnost, že ve velké části případů „akutně“ dosažené blokády vedení nepůjde o případ blokády trvalého vedení, ukazuje i naše původní práce z roku 2015 [11]. Zatímco během chirurgického výkonu byla prokázána vstupní („entry“) blokáda vedení na zadní stěnu LS u 98 % pacientů, elektrofyziologické vyšetření provedené po dvou až třech měsících od epikardiální ablace prokázalo kompletní izolaci zadní stěny jen u 28 % pacientů. Také studie Osmančíka a spol. [14] potvrdila, že jen asi polovina pacientů s akutně prokázanou blokádou vedení vytvořenou linií má v odstupu času prokázanou trvalou blokádu vedení. V této práci však byla linie kolem PŽ a zadní stěny LS prováděna jiným instrumentáři (Cobra). Tato fakta shodně poukazují na nutnost provádět hybridní zákroky pro FS ve dvou dobách, tj. po úplném zhojení chirurgem vytvořených epikardiálních lézí. Dalšími výhodami sekvenčního postupu je maturace substrátu a možnost mapovat a odstranit jen klinicky významné síňové tachykardie, menší riziko krvácení a kratší celková doba výkonu, a tím i kratší doba celkové anestezie.

Naše práce přináší dle našich informací první systematickou analýzu míst s recidivou elektrického vedení u všech pacientů podstupujících epikardiální ablací. Prezентujeme typická místa rekondukce: v oblasti levostranných PŽ je to strop a přední hrana mezi levou horní PŽ a ouškem a pak hrana mezi levou horní a dolní PŽ. V oblasti pravostranných PŽ je to strop pravé horní plicní žíly a zadní stěna, ačkoliv vzhledem k velmi nízkému počtu pravostranných

PŽ s přítomností elektrického vedení po epikardiální ablacii je možné, že nalezené rozmístění gapů je zde pouze náhodné. Vzhledem k tomu, že naše data jsou unikátní, není možné je porovnat s ostatními literárními prameny. V jedné studii sice bylo v částečném souladu s našimi zjištěními ukázáno, že většina gapů na cirkumferenci PŽ se vyskytuje v oblasti jejich stropu nebo dna (71 %), avšak data byla k dispozici jen u 15 z celkových 79 pacientů podstupujících hybridní zákrok, kteří měli signifikantní výskyt FS po chirurgickém zákroku při 48hodinovém holterovském monitorování [15]. Lineární léze ovšem nebyly v této práci hodnoceny vůbec.

Existuje celá řada důvodů pro selhání epikardiální ablace a nedosažení kompletní blokady či pro recidivu vedení. Především kolem horních plicních žil bylo již dříve pozorováno vyšší množství tukové tkáně [16], která je dobrým tepelným izolantem. V kraniální oblasti, tj. na stropě levé horní a pravé horní PŽ, který je nejvzdálenější od místa ohybu kleští instrumentária AtriCure, je pravděpodobně po sevření tkáně do branží kleští vyvíjen nejmenší tlak na tkáň, zvláště pokud jsou kaudálnější zahrnuté části antra PŽ anatomicky mohutnější. Dalším teoretickým důvodem může být nedosažení distální části branže kleští přes obě PŽ na strop příslušné levé nebo pravé horní PŽ. Tuto situaci však můžeme v naší studii téměř vyloučit, protože operátor si byl této možnosti vědom a pečlivě dbal, aby i kraniální část PŽ byla do kleští při ablacii uchopena.

Z anatomického hlediska je pochopitelné, že trigonální lézi nelze epikardiálně téměř nikdy dokončit, protože v „dotažení“ linky směrem dopředu k mitrálnímu anulu brání kardiokirurgům kořen aorty. Tato linka však byla při kombinaci epi- a endokardiálního přístupu dokončena u téměř 95 % pacientů. Absence blokady vedení přes stropní spojující lézi byla vůbec nejčastějším nálezem – u více než poloviny pacientů bylo nutné provést endokardiální aplikaci RF energie po celé délce této linky. Dalších více než 35 % pacientů mělo recidivu vedení v oblasti dvou třetin délky celé stropní linky přilehlé k levé horní PŽ. Elektrické blokady vedení touto linií se po kombinaci epi- a endokardiálního přístupu podařilo docílit u 90 % pacientů. Typickým místem rekondukce na dolní spojující linií byla jedna třetina délky linky přilehlá k pravé dolní PŽ – téměř dvě třetiny pacientů měly recidivu vedení v těchto místech. Blokadu vedení touto linií se podařilo finálně dokončit u více než 98 % pacientů.

Příčin selhání lineární epikardiální ablace může být také řada. Především může nadměrná tloušťka svaloviny LS v některých místech znemožnit dosažení permanentní transmuralní léze při ablacii „bod-za-bodem“ prováděné pomocí lineárního pera. Epikardiální aplikaci také znesnadňuje přítomnost epikardiálního tuku. Experimentální práce prokázaly, že v přítomnosti tukové vrstvy o tloušťce > 3 mm nelze prakticky epikardiálně transmuralní lézi vytvořit [17]. Ve studii Osmančika a spol. [14] bylo ukázáno, že vrstva tuku nad stropem levé síně je významně silnější ve srovnání s místem, kde se provádí dolní linka spojující obě dolní PŽ ( $3,9 \pm 2,3$  mm vs.  $2,3 \pm 2,0$  mm).

Výsledná úspěšnost dokončení blokady vedení lineárními lézemi v LS byla v naší studii mnohem vyšší než při pouhé endokardiální ablacii: v nedávno publikovaném registru EORP, který odráží poměrně přesně každodenní praxi, bylo dosaženo blokady vedení přes stropní linku

pouze v 54 % případů a přes mitrální linku (tj. linii od levé dolní PŽ k mitrálnímu anulu) v 65 % případů [18]. Jedno z nejzkušenějších světových pracovišť pak udávalo úspěšnost endokardiálního vytvoření kompletní blokady mitrální linkou ve výši 69 % [19], což je ve shodě s našimi daty z předchozích studií, kdy s narůstající mírou agresivity ablačního protokolu narůstal počet úspěšných blokad vedení linkou: 58 % u méně agresivního protokolu vs. 73 % při použití vyšší RF energie včetně epikardiální ablace v koronárním sinu [20]. V naší prezentované práci se po kombinaci epi- a endokardiálního přístupu podařilo dosáhnout blokady vedení lineárními lézemi v LS u 90–98 % pacientů.

Přítomnost SR či arytmií na počátku EFV nekorelovala s přítomností či absencí izolace PŽ či dokončené blokady vedení některou z vytvořených linií v levé síni. Celkovou arytmiickou zátěž pacientů v této studii před provedením endokardiální ablace však nelze hodnotit, protože z důvodu uspořádání studie nemáme k dispozici data z dlouhodobého monitorování, pouze 12svodové EKG pořízené při příjmu pacienta. Je tak možné, že nekompletnost epikardiálních ablací vedla ve skutečnosti k vyššímu počtu recidiv arytmií, které byly asymptomatické nebo nediangnostikované.

Přítomnost typického flutteru síní je u pacientů po epikardiální ablacii nejen dle našich zkušeností očekávatelným jevem [11,15], proto by u všech těchto pacientů měla být v druhé fázi hybridního výkonu provedena ablace kavotrikuspidálního můstku. Podobně lze očekávat i přítomnost perimitrálního flutteru, protože trigonální lézi nelze ve velké většině případů dosáhnout bidirekční blokady vedení okolo mitrálního anulu. Spontánní výskyt ostatních tachykardií podobně jako inducibilita FS nebo dalších síňových tachykardií odráží patrně komplexnost arytmogenního substrátu u pacientů s dlouhodobou perzistující FS a dilatovanou LS a nemusí nutně znamenat následný klinický neúspěch v dlouhodobém udržení sinusového rytmu.

---

## Závěr

Hybridní chirurgické přístupy budou tvořit nezanedbatelnou část operačních výkonů u pacientů se symptomatickou perzistující nebo dlouhodobě perzistující FS, u nichž katetrizační léčba v dlouhodobém horizontu selhává. Avšak ani epikardiální lineární aplikace RF energie pod přímou kontrolou zraku nevedou k vytvoření permanentních lézí ve velké většině případů. Izolace pravostranných PŽ prováděná epikardiálně je úspěšná u drtivé většiny pacientů, ale významně nižší je úspěšnost v izolaci levostranných PŽ. Tato pozorování podtrhují důležitou úlohu sekvenční endokardiální ablace v rámci hybridních přístupů a ospravedlňují existenci komplexních týmů zabývajících se FS v souladu s doporučenými postupy.

Naše pozorování jsou také důležitá nejen pro elektrofyziology, kteří participují na hybridních léčebných programech, ale i pro kardiokirurgy, kteří díky těmto datům mohou zaměřit svou pozornost na typická místa rekondukce a dalšími „bonusovými“ RF aplikacemi v těchto oblastech dosáhnout vyšší úspěšnosti první části hybridního výkonu.

**Prohlášení autorů o možném střetu zájmů**

Autoři prohlašují, že nemají žádný střet zájmů.

**Financování**

Práce nebyla financována z cizích zdrojů.

**Prohlášení autorů o etických aspektech publikace**

Práce byla prováděna v souladu s Helsinskou deklarací.

**Informovaný souhlas**

Všichni pacienti podepsali informovaný souhlas se vstupem do studie a souhlasili s anonymním vyhodnocením dat. Osobnostní práva byla respektována v maximální možné míře.

**Literatura**

- [1] P. Kirchhof, S. Benussi, D. Kotecha, et al., 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS, *European Heart Journal* 37 (2016) 2893–2962.
- [2] K. Nademanee, N. Oketani, The role of complex fractionated atrial electrograms in atrial fibrillation ablation moving to the beat of a different drum, *Journal of the American College of Cardiology* 53 (2009) 790–791.
- [3] S.M. Narayan, T. Baykaner, P. Clopton, et al., Ablation of rotor and focal sources reduces late recurrence of atrial fibrillation compared with trigger ablation alone: extended follow-up of the CONFIRM trial (Conventional Ablation for Atrial Fibrillation With or Without Focal Impulse and Rotor Modulation), *Journal of the American College of Cardiology* 63 (2014) 1761–1768.
- [4] N. Dagres, M.G. Bongiorni, T.B. Larsen, et al., Current ablation techniques for persistent atrial fibrillation: results of the European Heart Rhythm Association Survey, *Europace* 17 (2015) 1596–1600.
- [5] H. Oral, A. Chugh, K. Yoshida, et al., A randomized assessment of the incremental role of ablation of complex fractionated atrial electrograms after antral pulmonary vein isolation for long-lasting persistent atrial fibrillation, *Journal of the American College of Cardiology* 53 (2009) 782–789.
- [6] S. Rolf, S. Kircher, A. Arya, et al., Tailored atrial substrate modification based on low-voltage areas in catheter ablation of atrial fibrillation, *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology* 7 (2014) 825–833.
- [7] D. Schreiber, T. Rostock, M. Frohlich, et al., Five-year follow-up after catheter ablation of persistent atrial fibrillation using the stepwise approach and prognostic factors for success, *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology* 8 (2015) 308–317.
- [8] E. Pokushalov, A. Romanov, D.G. Katritsis, et al., Ganglionated plexus ablation vs linear ablation in patients undergoing pulmonary vein isolation for persistent/long-standing persistent atrial fibrillation: a randomized comparison, *Heart Rhythm* 10 (2013) 1280–1286.
- [9] A. Verma, C.Y. Jiang, T.R. Betts, et al., Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation, *New England Journal of Medicine* 372 (2015) 1812–1822.
- [10] F.F. Syed, H. Oral, Electrophysiological perspectives on hybrid ablation of atrial fibrillation, *Journal of Atrial Fibrillation* 8 (2015) 1290.
- [11] A. Bulava, A. Mokracek, J. Hanis, et al., Sequential hybrid procedure for persistent atrial fibrillation, *Journal of the American Heart Association* 4 (2015) e001754.
- [12] L. Pison, S. Gelsomino, F. Luca, et al., Effectiveness and safety of simultaneous hybrid thoracoscopic and endocardial catheter ablation of lone atrial fibrillation, *Annals of Cardiothoracic Surgery* 3 (2014) 38–44.
- [13] M. Vroomen, L. Pison, Hybrid ablation for atrial fibrillation: a systematic review, *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 47 (2016) 265–274.
- [14] P. Osmancik, P. Budera, J. Zdarska, et al., Electrophysiological findings after surgical thoracoscopic atrial fibrillation ablation, *Heart Rhythm* 13 (2016) 1246–1252.
- [15] Y.K. On, K.M. Park, D.S. Jeong, et al., Electrophysiologic results after thoracoscopic ablation for chronic atrial fibrillation, *Annals of Thoracic Surgery* 100 (2015) 1595–1602 [discussion 1602–1603].
- [16] S.W. Jang, B.J. Kwon, M.S. Choi, et al., Computed tomographic analysis of the esophagus, left atrium, and pulmonary veins: implications for catheter ablation of atrial fibrillation, *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 32 (2011) 1–6.
- [17] K.N. Hong, M.J. Russo, E.A. Liberman, et al., Effect of epicardial fat on ablation performance: a three-energy source comparison, *Journal of Cardiac Surgery* 22 (6) (2007) 521–524.
- [18] E. Arbelo, J. Brugada, G. Hindricks, et al., ESC-EURObservational Research Programme: the Atrial Fibrillation Ablation Pilot Study, conducted by the European Heart Rhythm Association, *Europace* 14 (2012) 1094–1103.
- [19] A.J. Shah, P. Pascale, S. Miyazaki, et al., Prevalence and types of pitfall in the assessment of mitral isthmus linear conduction block, *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology* 5 (2012) 957–967.
- [20] A. Bulava, Atrial fibrillation: challenging cases, WSA, Tirana, 2013, 23–26 May 2013 (lecture).

*Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.*