

FIBRILÁCIA PREDSIENÍ V KONTEXTE AKTUÁLNYCH POZNATKOV – KATÉTROVÁ ABLÁCIA

Atrial fibrillation in the context of current knowledge – catheter ablation

Adrián BYSTRANSKY¹, Katarína GAZDÍKOVÁ², Marianna BYSTRANSKA³, Juraj DEGLOVIČ⁴, Peter MIKUS⁵, Andrea KALAVSKÁ⁶

¹Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, a. s., Oddelenie arytmií, II. klinika kardiológie a angiológie SZU, primár MUDr. A. Bystriansky, MSc., MPH, prednosta MUDr. G. Kaliská, CSc.

²Lekárska fakulta Slovenskej zdravotníckej univerzity v Bratislave, Katedra všeobecného lekárstva, prednosta Dr. h. c. prof. MUDr. Mgr. K. Gazdíková, PhD., MPH

³II. interná klinika Slovenskej zdravotníckej univerzity, FNŠP F.D.R. Banská Bystrica, prednosta doc. MUDr. Ľ. Skladaný, PhD.

⁴Lekárska fakulta Slovenskej zdravotníckej univerzity v Bratislave, Katedra zubného lekárstva, prednosta doc. MUDr. J. Deglovič, PhD., MPH

⁵Univerzitná nemocnica Bratislava, Klinika geriatrickej SZU a UNB, prednosta MUDr. P. Mikus, PhD.

⁶Univerzitná nemocnica Bratislava, I. interná klinika SZU a UNB, prednosta doc. MUDr. M. Žigrai, PhD.

Abstrakt

V posledných rokoch predstavuje katéetrová ablácia zlatý štandard v liečbe symptomatických pacientov s arytmiami, pričom fibrilácia predsiení (FP) je jej najčastejšou indikáciou. Pri katéetrovej ablácii FP sa využívajú rôzne typy energie. Každá z týchto energií má špecifický patofyziologický mechanizmus pôsobenia, klinické prednosti a bezpečnostný profil, resp. riziká. Po prihliadnutí na tieto faktory je pre dosiahnutie eliminácie cieľných arytmogénnych substrátov potrebný individualizovaný výber. Katéetrová ablácia preukázateľne vedie k zníženiu recidív arytmií, zlepšeniu kvality života pacientov, k predĺženiu prežívania a zníženiu mortality (tab. 1, obr. 6, lit. 28). Text v PDF www.lekarsky.herba.sk.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: fibrilácia predsiení, katéetrová ablácia, rádiovlnová ablácia, kryoablácia, laserová ablácia, ablácia pulzným poľom.

Lek Obz 2025, 74 (12): 442-451

Abstract

In recent years, catheter ablation has become the gold standard in the treatment of symptomatic patients with arrhythmias, with atrial fibrillation (AF) being its most common indication. Different types of energy are used in catheter ablation of AF. Each of these energies has a specific pathophysiological mechanism of action, clinical advantages, and safety profile, or risks. After considering these factors, individualized selection is necessary to achieve the elimination of targeted arrhythmogenic substrates. Catheter ablation has been shown to reduce arrhythmia recurrences, improve patients' quality of life, prolong survival, and reduce mortality.

KEY WORDS: atrial fibrillation, catheter ablation, radiofrequency ablation, cryoablation, laser ablation, pulsed field ablation (Tab. 1, Fig. 6, Ref. 28). Text in PDF www.lekarsky.herba.sk.

Lek Obz 2025, 74 (12): 442-451

Úvod

Fibrilácia predsiení (FP) je najčastejšou pretrvávajúcou arytmiou. Predstavuje jeden z najvýznamnejších problémov kardiológie (24).

Katéetrová ablácia je jednou z najpokrokovejších metód v liečbe srdcových arytmií a za posledné dekády sa stala jednou z najúspešnejších terapeutických intervencií v manažmente pacientov s arytmiami. V súčasnosti je najčastejšou indikáciou katéetrovej ablácie fibrilácia predsiení.

Moderná katéetrová ablácia prešla dynamickým vývojom od pôvodných jednoduchších metód po vysoko sofistikované metódy s použitím pokročilých postupov elektrofyziológie, vrátane 3D elektroanatomického ma-

povania a postupne aj rôznych zdrojov energie/ablácie. V súčasnosti sa kladie dôraz na zvyšovanie bezpečnosti a klinickej efektivity ablácie arytmií. Viaceré randomizované klinické štúdie potvrdzujú, že katéetrová ablácia preukázateľne vedie k:

- zníženiu recidív arytmií,
- zlepšeniu kvality života pacientov,
- predĺženiu prežívania,
- zníženiu mortality (24, 25).

História a vývoj katéetrovej ablácie

V roku 1981 bola vykonaná prvá katéetrová ablácia AV uzla pomocou jednosmerného prúdu, tzv. **DC ablácia** u pacienta s FP a nekontrolovaným prevodom na

komory, tento výkon bol samozrejme sprevádzaný implantáciou trvalého kardiostimulátora (20). Pretože preukazovala významné klinické riziká vyplývajúce z nekontrolovanej ablačnej lézie a často opakovaným šokom, začali sa hľadať alternatívne a bezpečnejšie modalitty.

V experimentálnom aj klinickom testovaní najlepšie obstála **rádiofrekvenčná** (RF) energia (1), pri ktorej vysokofrekvenčný striedavý prúd s frekvenciou 30 kHz až 300 MHz vytvára teplo a koagulačnú nekrózu tkaniva, teda cieleňú abláciu. Po úspešnom preukázaní klinickej efektivity a zároveň nízkom riziku komplikácií, bolo používanie RF katérovej ablácie rozšírené do klinickej praxe v celom spektre indikácií.

Okrem RF energie sa postupne vyvíjali aj **ďalšie zdroje energií** ako kryoablácia, laserová ablácia alebo vysokofrekvenčná ultrazvuková ablácia. Z nich sa reálne etablovala do klinickej praxe len kryoablácia, ktorá priniesla možnosť simplifikovanej balónikovej, „one-shot“ ablácie.

Prelomovým míľnikom, až technologickou revolúciou v katérovej abláci arytmií bolo objavenie a vývoj **3D elektroanatomického mapovania**. (4). Ide o non-fluoroskopickú metódu zobrazenia mapovanej jednej alebo viacerých dutín srdca, pri ktorej sa sumarizáciou bodov postupne vytvára 3D rekonštrukcia mapovanej dutiny srdca. Pomocou 3D elektroanatomického mapovania sa získavajú komplexné informácie:

- anatomické: veľkosť dutiny, jej morfológia, dilatácia alebo iné štruktúrne zmeny, fibrotizácia, lokalizuje sa arytmogénny substrát,
- elektrofyziologické: zdroj a mechanizmus arytmie, zóna pomalého vedenia, miesto blokády šírenia vzruchu, priebeh vodivého systému srdca.

Po objasnení zdroja a mechanizmu arytmie sa vykonáva cieleňá katérová ablácia. Jeho výnimočnosť je

v minimalizácii až úplnej eliminácii rtg žiarenia, pretože funguje na princípe elektromagnetickej alebo impedančnej navigácie, resp. ich kombinácií (obr. 1). Zdokonaľovanie mapovacích systémov umožnilo integráciu ďalších zobrazovacích modalít (CT alebo MRI) s fúziou 3D mapy srdcových dutín alebo štruktúr.

Ďalším technologickým pokrokom bolo vysoko-enznené (HD) mapovanie s vysokým rozlíšením pomocou multipolárnych katétrov, charakterizované väčšou presnosťou a relevantnosťou elektrofyziologických informácií, hlavne o arytmogénnom substráte a znakoch elektrickej remodelácie, ktoré si však vyžaduje vyššiu technickú náročnosť.

Zásadným prínosom bolo zavedenie **intrakardiálnej echokardiografie**, ktorá významne zvýšila procedurálnu bezpečnosť, hlavne pri komplexných výkonoch. Umožňuje „online“ echokardiografickú vizualizáciu katétra v dutine srdca, jeho polohu, kontakt s tkanivom, efektívitu ablácie a aj bezprostredné odhalenie prípadnej komplikácie.

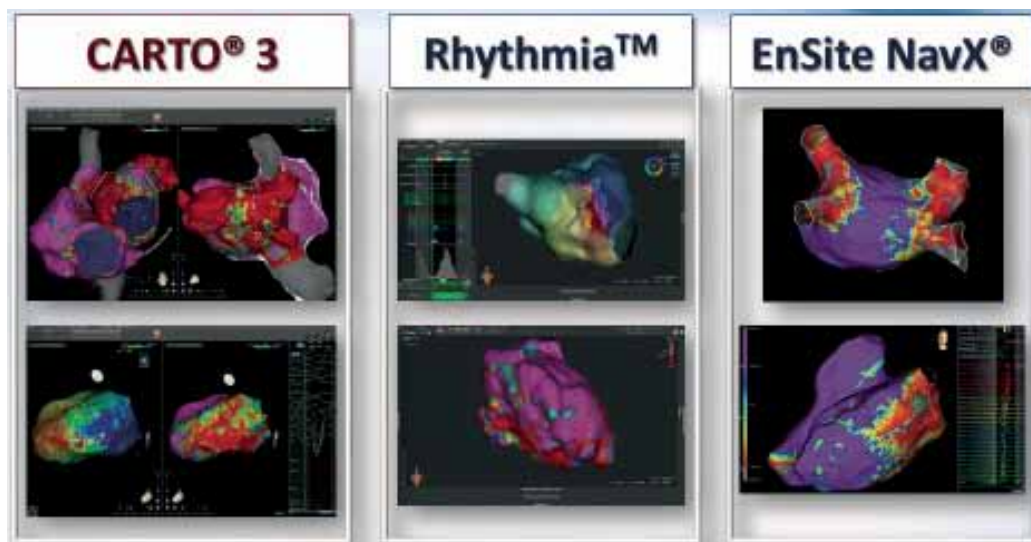
Za rozhodujúcu až revolučnú inováciu za posledné roky sa považuje ablácia **pulzným poľom**, ktorej dostupnosť a etablácia zásadne zmenila klinickú prax na elektrofyziologických pracoviskách.

Vývoj a stratégie katérovej ablácie fibrilácie predsiení

Základom pre katérovú abláciu FP je **elektrická izolácia pľúcnych vén (IPV)**. V súlade s poznaním patofyziológie FP je jej podstatou dosiahnutie elektrickej izolácie ektopických triggerov lokalizovaných v ústí pľúcnych žíl (obr. 2).

Kľúčový prelom nastal v roku 1998, keď Hadssaguerre a kol. publikovali prelomové štúdiu identifikujúcu trigger v pľúcnych vénach (PV) ako dominantné zdroje indukcie FP (5). Na základe toho zistenia

Obrázok 1. 3D elektroanatomické mapovacie systémy arytmií.
Figure 1. 3D electroanatomical mapping systems for arrhythmias.



Vysvetlivky. Sofistikované 3D elektroanatomické mapovacie systémy, ktoré sa používajú na Slovensku v diagnostike a liečbe arytmií pomocou katérovej ablácie. Znázornené sú mapovania aj s vizualizáciou arytmogénneho substrátu alebo mechanizmu arytmie v oblasti predsiení (horné obrázky) alebo komôr (spodné obrázky) pomocou 3D EAM systémov: CARTO®, EnSite NavX® a Rhythmia™.

Obrázok 2. Ilustrácia princípu katétrej ablácie fibrilácie predsiení.
Figure 2. Illustration of the principle of catheter ablation of atrial fibrillation.



Vysvetlivky. Na ilustrácii je 3D elektroanatomická mapa ľavej predsieni z posteriorneho pohľadu aj s vizualizáciou myokardiálnych „rukávov“ PV, kde vznikajú miesta ektopických triggerov FP (vľavo) a následne remapovanie ľavej predsieni po antrálnej RF ablácii PV s elimináciou elektrických potenciálov za RF ablačnou líniou (vpravo).

nasledoval intenzívny vývoj metód ablácie FP. Najskôr sa vykonávali fokálne bodové ablácie v miestach identifikovaných triggerov – ektopických ložísk, nasledovala technika ostiálnej IPV. Tieto metódy boli spojené s vysokou mierou recidív a aj relatívne vysokým rizikom komplikácií. Až vývoj 3D elektroanatomických mapovacích systémov umožnil rozvoj katétrej ablácie FP a vývoj metódy „širokej“ antrálnej izolácie PV (wide-area circumferential ablation – WACA) (16). Akútna úspešnosť dosahovala 95 % a viac, ale pri jednoročnom sledovaní bola klinická úspešnosť (definovaná ako absencia recidív fibrilácie predsiení alebo atriálnych tachykardií (FP/AT) v rozmedzí 20 – 70 % (2).

Najlepšie výsledky sa dosahovali pri paroxysmálnej FP, ale pri perzistujúcej FP boli podstatne horšie. Klinický výskum sa zameril na objasnenie možného prínosu ďalších ablačných stratégií nad rámec izolácie PV (obr. 3):

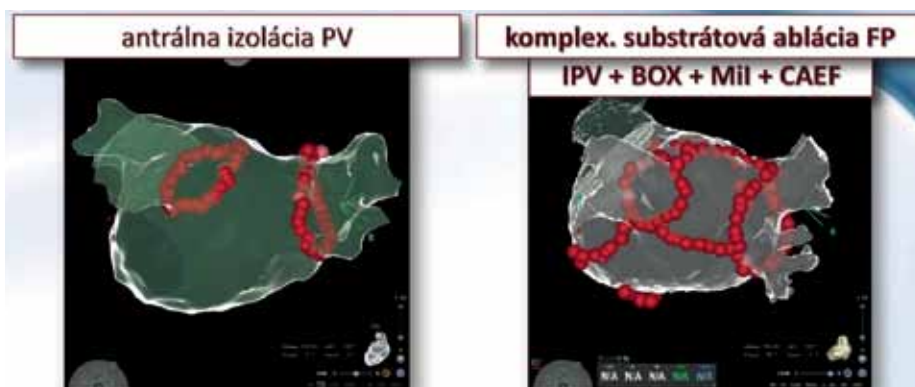
- elektrická izolácia zadnej steny (posterior wall isolation: PWI), nazývaná aj BOX izolácia,

- ablácia frakcionovaných elektrických potenciálov (CAEF),
- ablácia oblastí nízkych elektrických potenciálov (LVA)
- ablácia vegetatívnych gangliových plexov (GP),
- ablácia mitrálneho istmu,
- ablácia hornej dutej žily (SVC), resp. celkovo miesto ablácie v pravej predsieni,
- paušálna alebo selektovaná ablácia kavo-trikuspidálneho istmu.

Doterajšie klinické štúdie zatiaľ nepreukázali jednoznačný benefit aditívnych ablačných lézií.

V štúdií STAR-AF II trial, ktorá porovnávala 3 ablačné stratégie pri perzistujúcej FP: „solo“ IPV vs. IPV + CAEF vs. IPV + lineárne lézie nepotvrdili v 18-mesačnom sledovaní rozdiel jednotlivých ablačných stratégií v znížení výskytu recidívy FP (59 % vs. 49 % vs. 46 %) (26). Ani novšia 12-mesačná klinická štúdia CAPLA nepotvrdila prínos izolácie zadnej steny ľavej predsieni v porovnaní so „solo“ IPV. Pri 12 mesačnom sledovaní

Obrázok 3. Stratégie katétrej ablácie fibrilácie predsiení.
Figure 3. Strategies for catheter ablation of atrial fibrillation.



Vysvetlivky. Grafické znázornenie stratégií ablácie FP: RF antrálna IPV (vľavo) a komplexná substrátová RF ablácia FP s IPV + abláciou zadnej steny (BOX) + ablácia mitrálneho istmu (Mil) a frakcionovaných potenciálov (CAEF).

bolo bez FP 52,4 % (IPV + PWI) vs. 53,6 % (IPV) pacientov (9). Ani po 3-ročnom sledovaní sa nepotvrdil významný rozdiel medzi oboma skupinami (27). V kontraste s predchádzajúcimi zisteniami je však metaanalýza desiatich štúdií, z ktorých päť bolo randomizovaných. V skupine IPV + PWI bola zaznamenaná významne nižšia recidíva všetkých arytmií (OR 0,47, CI 0,32 – 0,70) a osobitne FP (OR 0,39, CI 0,23 – 0,69). Autori konštatujú, že aditívna ablácia zadnej steny zvyšuje klinickú úspešnosť ablácie FP približne 2-násobne (OR 2,22, CI 1,36 – 3,64) (21).

Ďalším vyhodnocovaným postupom je ablácia oblastí nízkych (< 0,5 mV) elektrických potenciálov („Low-Voltage Area“ – LVA), ktoré sú prejavom elektrickej remodelácie LP, anizotropie vedenia a korelujú aj s anatomicou remodeláciou, hlavne v zmysle fibrotickej prestavby myokardu predsiení. Randomizovaná klinická štúdia EREASE-AF potvrdila v jednoročnom sledovaní 38 % redukciu recidív predsieňových arytmií v ramene „substrátovej“ ablácie v porovnaní s IPV ramenom (6).

Reálnym rizikom všetkých aditívnych ablačných postupov, lézií a hlavne líní je, že relatívne často dochádza k vytvoreniu inkompletnej ablačnej lézie, resp. nastane jej včasná rekonexia, čo vytvára predpoklad pre

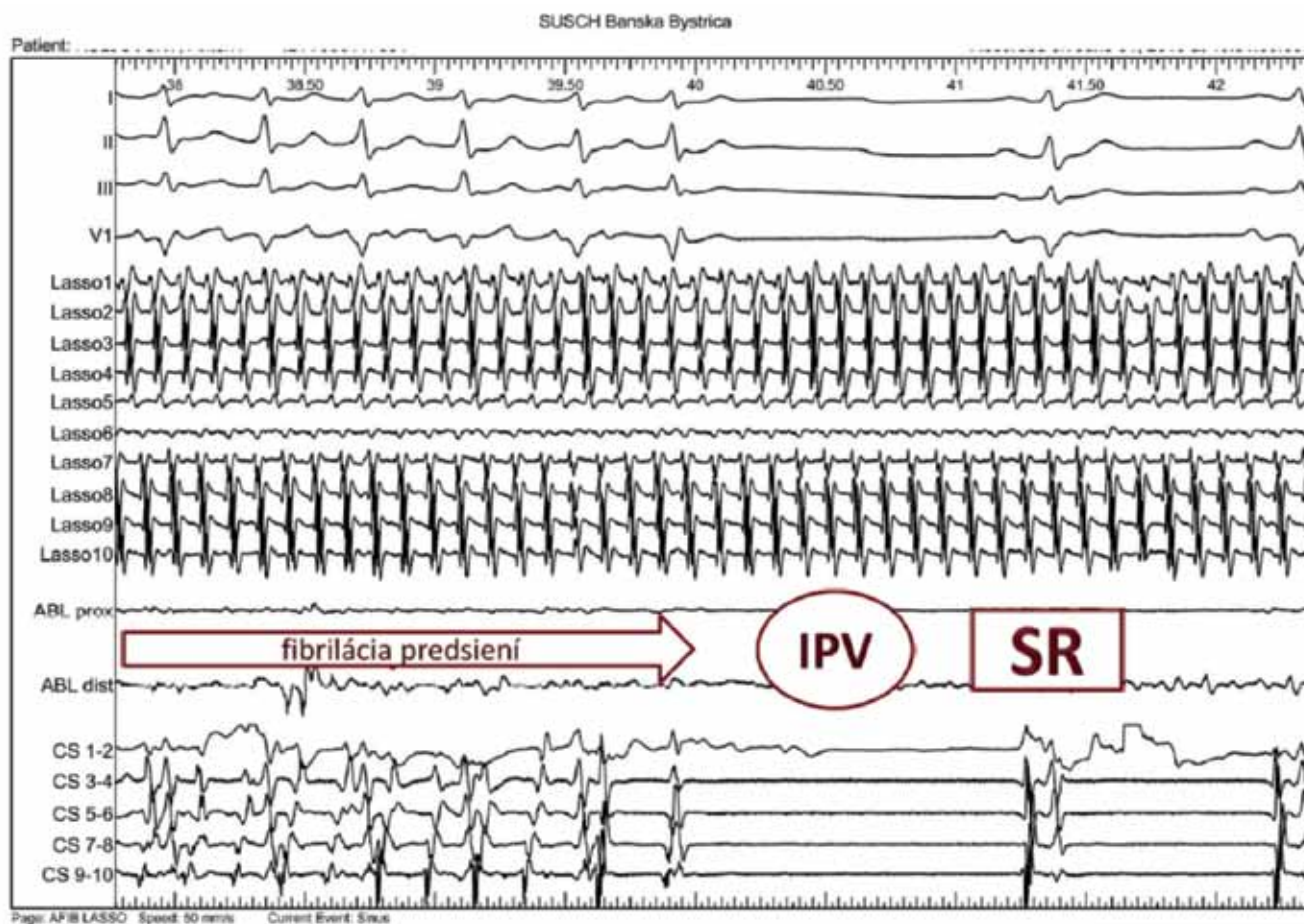
vznik „proarytmogénneho“ substrátu pre reentry predsieňovej arytmie.

Popri hľadaní ablačnej stratégie sa technologický vývoj sústredil aj na optimalizáciu kvality ablačných lézií, ich presnosť, efektívnu aplikáciu pri súčasnej minimalizácii vedľajších účinkov. Používanie ablačných katétrov s vizualizáciou kontaktu a meraním sily prítlaku, integrácia zobrazovacích metód ako CT a MRI do 3D elektroanatomických mapovacích systémov, technologické a softvérové inovácie umožnili významné zvýšenie efektivity procedúr, skrátenie trvania výkonov a zníženie výskytu komplikácií (2, 24).

Podľa aktuálne platných odporúčaní a konsenzov je stále **základným terapeutickým cieľom katérovej ablácie FP dosiahnutie elektrickej IPV**, nezávisle od typu FP, teda pri katérových abláciách všetkých typov FP. Hodnotí sa preukázaním tzv. bidirekčnej blokády IPV: „entrance“ a aj „exit“ blokádu vedenia (obr. 4). Všetky ostatné postupy sa môžu zväziť pri individualizovaní, resp. personalizácii ablačnej stratégie (24, 25).

Ekg záznam s posunom 50 mm/s; I, II, III, V1 sú zvody povrchového EKG, Lasso 1–10 intrakardiálny záznam z pľúcnej žily, CS 1–10 intrakardiálny záznam z koronárneho sínusu.

Obrázok 4. Katérová ablácia pri FP s dosiahnutím elektrickej IPV a verzie na SR.
Figure 4. Catheter ablation in AF with achievement of electrical PFO and SR version.



Vysvetlivky: Ekg a intrakardiálny záznam fibrilácie predsiení triggerovanej tachykardiou z pľúcnej žily (Lasso) počas RF katérovej ablácie. Po dosiahnutí elektrickej izolácie pľúcnej žily dochádza na predsieňach k terminácii FP a verzii na sínusový rytmus, pritom tachykardia v pľúcnej žile pokračuje. Nález býva typický pre paroxysmálne FP. IPV – izolácia pľúcnych vén, SR – sínusový rytmus.

Typy a zdroje katérovej ablácie fibrilácie predsiení

Pri katérovej ablácii FP sa využívajú rôzne typy energie, pričom každá z nich má špecifický patofyziologický mechanizmus pôsobenia, klinické prednosti a bezpečnostný profil, resp. riziká. Po prihliadnutí na tieto faktory je pre dosiahnutie eliminácie cieľených arytmogénnych substrátov potrebný individualizovaný výber.

A. Rádiofrekvencná ablácia (RF) je najdlhšie a najčastejšie používaným typom energie. Funguje na princípe vysokofrekvenčného striedavého elektrického prúdu (v rozsahu 150 kHz až 1 MHz, zvyčajne okolo 500 kHz), ktorý generovanou termickou energiou spôsobuje tepelné poškodenie cieľového tkaniva a výsledne koagulačnú nekrózu (22). RF prúd prechádza tkanivom medzi hrotom ablačného katétra a indiferentnou placou, čím dochádza v mieste kontaktu s katétrom k rezistívnemu ohrevu tkaniva. Teplota lézie dosahuje 50 – 60 °C s ireverzibilným poškodením buniek myokardu s následnou tvorbou jazvovitého tkaniva, ktoré stráca elektrické vlastnosti. Generovaný výkon je zvyčajne v rozmedzí 20 – 40 W s priemerným trvaním jednotlivej aplikácie potrebnej na vytvorenie adekvátnej lézie 20 – 40 sekúnd (2, 24). Abláčným katétrom sa postupne v cieľovej oblasti okolo ústia PV vytvárajú body lézií s cieľom dosiahnuť súvislú líniu blokujúcu vedenie (18). Výhodou je možnosť flexibilne vytvárať lézie na ľubovoľnom mieste predsieni, vrátane komplexných lineárnych lézií. Nevýhodou je dlhší čas zákroku pri bodovej ablácii a riziko poškodenia okolitých, kolaterálnych štruktúr teplom (pažerák alebo n. phrenicus...).

Štandardné RF ablačné katétre boli nahradené irigovanými – preplachom chladenými ablačnými katétrami, hlavne z dôvodu zníženia rizika vzniku trombov na hrote katétra intrakardiálne. Postupne sa vyvíjali katétre s predĺženým distálnym koncom (8 – 10 mm) alebo s modifikovaným zložením, vrátane vzácnych prvkov (zlúčeniny platiny, zlato alebo technický diamant). Ďalšou pokrokovou generáciou sú RF ablačné katétre so sensorom kontaktu s tkanivom (7) s možnosťou merania sily/intenzity prítlaku (**Contact Force**, CF) a aj jeho orientácie. Tieto katétre umožnili vývoj automatizovaných algoritmov ablácie pomocou indexov: Force Time Integral (FTI), Lesion Size Index (LSI) a **Ablation Index** (AI), ktoré sú súčiniteľom relevantných premenných pri ablácii: intenzity ablácie, času, stability katétra a dostatočného kontaktu katétra s tkanivom (11).

Jedným z kľúčových faktorov limitujúcich dlhodobú úspešnosť IPV je durabilita IPV a relatívne vysoká rekonexia ablačných línií, najčastejšie spôsobená nedostatočnou kontinuitou ablačnej línie, tzv. gapmi medzi aplikáciami. Preto bola snaha o zlepšenie precíznosti RF ablácie pomocou **CLOSE protokolu**, ktorý kombinuje „štandardizovanú“ abláciu sledovaním kvality jednotlivých aplikácií ablácie pomocou AI spolu s kľúčovým parametrom merania vzdialenosti medzi susediacich ablačných bodov, ktorá by nemala presiahnuť 6 mm (inter-lesion distance – ILD). Tento protokol bol navrhnutý na zabezpečenie maximálnej kontiguitu lézií

(17). Všetky uvedené funkcionality sú inkorporované v najnovších verziách 3D elektroanatomických mapevacích systémov. Ich používanie je predpokladom dosiahnutia kvalitatívne a systémovo štandardizovanej RF ablácie. Vyžaduje si precíznu manipuláciu s katétrom a dlhoročnú klinickú skúsenosť operátora.

Novou alternatívou „tradičnej“ RF ablácie je vysoko výkonná ablácia, tzv. **High Power Short Duration (HPSD) ablácia**, využívajúca signifikantne vyšší výkon ablácie: 50 – 90 W s výrazne kratším časom aplikácie: 4 – 10 sekúnd, čím sa zabezpečí dostatočne hlboká ale širšia (6,02 mm vs. 4,43 mm) ablačná lézia (12). Postupne boli vyvinuté aj sofistikované ablačné katétre dedikované priamo na použitie HPSD ablácie, resp. až **wHPSD** s ablačným výkonom až 90 W po dobu 4 sekúnd aplikácie (QDOT katéter). Sú vybavené viacerými termosenzormi na presné a reálne monitorovanie teploty tkaniva.

Niekoľko klinických štúdií definitívne potvrdilo, že precízne aplikovaná RF ablácia, aj s vysokou energiou pomocou pokročilých ablačných katérov s monitorovaním kontaktnej sily a optimalizovanými protokolmi vedie k výraznému zlepšeniu efektivity a bezpečnosti liečby FP.

B. Kryoblácia je ďalším typom energie používaným v klinickej praxi. Funguje na princípe termického efektu extrémneho chladu, ktorý spôsobuje intracelulárne kryštalizovanie vody, deštrukciu bunkových membrán a následnú apoptózu buniek myokardu. Využíva sa hlavne v kardiochirurgii. V elektrofyziológii zmena nastala príchodom balónikového ablačného katétra, ktorý vytvoril technický predpoklad pre zjednodušenie katérovej ablácie FP, tzv. „single-shot“ ablácia. Jej podstatou je zavedenie kryobalóna do ústia cieľovej pľúcnej žily, kde po nafúknutí obturuje jej ústie. Po dosiahnutí dostatočného kontaktu s tkanivom dochádza k náhlemu schladeniu balóna pomocou N₂O s dosiahnutím teplôt až do teoretického minima –89 °C. Extrémne nízka teplota indukuje intracelulárne zmeny vedúce k apoptóze a zániku buniek. Výhodou kryoblácie v porovnaní s RF abláciou je zjednodušenie výkonu, menšia náročnosť na zručnosť a precíznu manipuláciu s katétrom, skrátenie výkonu a menšia bolestivosť pre pacienta.

C. Laserová ablácia využíva abláciu tkaniva laserovým lúčom aplikovaným cez špeciálny balónikový katéter. Aktuálne sa používa vizuálne navigovaný laserový balón HeartLight, ktorý obsahuje endoskopickú kameru – operátor priamo vidí ostium žily a nasmeruje prstenec laseru kruhovo po obvodě (14). Laserový lúč (zvyčajne infračervený 980 nm) spôsobuje kontrolované zahrievanie tkaniva podobne ako RF. Výhodou je priama vizualizácia: možno hodnotiť kontinuitu ablačnej línie, identifikovať gapy v aplikáciách v reálnom čase a cielene ich eliminovať. Klinické výsledky potvrdzujú, že účinnosť laserovej IPV je porovnateľná s kryobalónikom. Akútna úspešnosť s dosiahnutím IPV je ~ 95 – 98 % a jednoročná je na úrovni ~ 75 – 80 %. Procedurálny čas je v porovnaní s kryobláciou dlhší (96 ± 20 min vs. 51 ± 21 min, p < 0,0001), čo súvisí s technickou podstatou

modalít. Bezpečnosť laserovej ablácie je porovnateľná s kryoabláciou. V metaanalýze KŠ boli celkové komplikácie identické (8,4 % vs 6,4 %, OR = 1,33, p = 0,37) (28, 3). Laserová ablácia ponúka jedinečnú priamu endoskopickú vizualizáciu ablácie, ale vyžaduje vyššiu zručnosť operátora a dlhší procedurálny čas. Na Slovensku nie je dostupná.

D. Ablácia pulzným poľom (angl. „Pulsed Field“ ablácia – PFA/) je najnovšou a revolučnou technológiou katérovej ablácie, ktorej podstatou je dosiahnutie ireverzibilnej elektroporácie. Ide o netermálnu formu ablácie myokardu s aplikáciou krátkych vysokonapäťových pulzov elektrického poľa, rôznej polarita a sekvencie v trvaní rádovo nanosekundy až mikrosekundy. Pri PFA dochádza k narušeniu a poškodeniu cytoplazmatickej membrány myocytu alebo intracelulárnych štruktúr formou indukcie nanopórov, následkom čoho sa spustí apoptóza a nekróza myocytu. Na rozdiel od termálnych metód PFA nepoškodzuje extracelulárnu matrix, čím minimalizuje aktivitu fibrocytov. Unikátnosťou je tkanivová špecifita PFA, teda selektívne cieleň zasah len senzitivného tkaniva na danú konfiguráciu PFA. Experimentálne aj klinické výskumy potvrdili odlišný prah citlivosti jednotlivých tkanív na pulzné pole, pričom najnižší má práve myocyt. Preto aktuálne používané systémy PFA využívajú selektívne pôsobenie na myokard, s minimálnym alebo žiadnym vplyvom na kolaterálne tkanivá, cievy štruktúry, nervové bunky alebo ezofág (10, 15, 19). Prednosti a benefity PFA potvrdzuje celý rad experimentálnych prác, klinických skúseností a už aj randomizovaných klinických štúdií (24, 25). Aktuálne sa PF ablácia právom považuje za tzv. Game-Changer inovatívnych metód katérovej ablácie.

Každý z uvedených zdrojov energie má špecifické výhody a limitácie a ich použitie by malo byť prispôbené individuálnemu pacientovi, anatómii srdca, typu FP a skúsenostiam operátora.

Indikácie katérovej ablácie fibrilácie predsiení

Indikácie katérovej ablácie FP a jej postavenie v rámci manažmentu pacienta s FP sa vyvíjali adekvátne klinickým skúsenostiam, pribúdajúcej medicíne dôkazov a technickému a technologickému pokroku. V úvode sa pozornosť venovala hlavne pacientom s **paroxyzmálnou** FP. Až postupne sa objavovali dôkazy o klinických benefitoch katérovej ablácie aj pri:

- pokročilejších formách FP: perzistujúcej a aj dlhodobo perzistujúcej FP,
- ako prvá línia liečby FP, teda ešte pred iniciáciou antiarytmickej medikácie v selektovanej populácii pacientov s FP,
- v poslednom čase máme presvedčivé dôkazy aj v populácii pacientov s chronickým srdcovým zlyhávaním (SZ), vrátane pokročilých foriem SZ so závažne redukovanou systolickou funkciou ľavej komory.

Pri rozhodovaní o indikácii katérovej ablácie FP sa odporúča prihliadať na niekoľko kľúčových faktorov: symptómy súvisiace s FP, typ a trvanie FP, vek a pridru-

žené komorbidity pacienta, efekt predchádzajúcej antiarytmickej liečby, z echokardiografických parametrov hlavne veľkosť ľavej predsene a aj jej štruktúrne alebo funkčné zmeny. V neposlednom rade majú zásadnú úlohu preferencie pacienta po adekvátnom kvalifikovanom poučení.

Pri asymptomatických pacientov je vhodné zrealizovať elektívnu kardioverziu s cieľom posúdenia potenciálneho zlepšenia symptómov, čo by zvýšilo vhodnosť pacienta na katérovú abláciu.

V skupine pacientov s FP a srdcovým zlyhaním sa preukázalo, že katérová ablácia FP má potenciál zlepšiť ejekčnú frakciu ľavej komory (EF LK), znižuje hospitalizácie a mortalitu.

Prehľad aktuálne platných indikácií katérovej ablácie podľa 2024 ESC Odporúčaní (25) je uvedený v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Indikácie katérovej ablácie fibrilácie predsiení (24, 25).
Table 1. Indications for catheter ablation of atrial fibrillation (24, 25).

Odporúčanie	Trieda odporúčania	Úroveň dôkazov
Pacienti s FP rezistentní alebo netolerujúci antiarytmickú liečbu		
Katérová ablácia sa odporúča u pacientov s paroxyzmálnou alebo perzistujúcou FP rezistentných alebo netolerujúcich antiarytmickú liečbu, s cieľom zmiernenia symptómov, zníženia recidívy a progresie FP.	I	A
Prvá voľba v liečbe FP pri kontrole rytmu		
Katérová ablácia sa odporúča ako možnosť prvej voľby v rámci stratégie kontroly rytmu na základe spoločného rozhodovania u pacientov s paroxyzmálnou FP, s cieľom zmiernenia symptómov, zníženia recidívy a progresie FP.	I	A
Katérová ablácia sa môže zväziť ako možnosť prvej voľby v rámci stratégie kontroly rytmu na základe spoločného rozhodovania u vybraných pacientov s perzistentnou FP, s cieľom zmiernenia symptómov, zníženia recidívy a progresie FP.	IIb	C
Pacienti s FP a srdcovým zlyhávaním (SZ)		
Katérová ablácia sa odporúča u pacientov s FP a SZ s redukovanou ejekčnou frakciou LK (SZrEF) a vysokým podozrením na tachykardiou (FP) indukovanú kardiomyopatiu, s cieľom odvrátenia dysfunkcie ľavej komory.	I	B
Katérová ablácia by sa mala zväziť u vybraných pacientov s FP a SZrEF, s cieľom zníženia hospitalizácií pre srdcové zlyhanie a predĺženie prežívania.	IIa	B
Pacienti s FP a dysfunkciou sino-atriálneho uzla (SSS)		
Katérová ablácia AF by sa mala zväziť u pacientov s bradykardiou súvisiacou s FP alebo so sínusovými pauzami pri ukončení FP, s cieľom zmiernenia symptómov a na zabránenie implantácie kardiostimulátora.	IIa	C
Pacienti s recidívou FP po katérovej ablácii		
Opakovaná katérová ablácia FP by sa mala zväziť u pacientov s recidívou FP po iniciálnej katérovej ablácii, za predpokladu, že sa pacientove príznaky zlepšili po iniciálnej ablácii, s cieľom zmiernenia symptómov, zníženia recidívy a progresie FP.	IIa	B

Postavenie katérovej ablácie FP v aktuálne odporúčanom manažmente pacientov s FP podľa EHRA (24) z roku 2024 je znázornené na obrázku 5.

Randomizované klinické štúdie a ich metaanalýzy jednoznačne potvrdzujú pozitívne klinické výsledky katérovej ablácie FP v porovnaní s farmakoterapiou (obr. 6) (23). Katérová ablácia FP významne znižuje nie len počet epizód FP a celkovú záťaž FP („AF burden“), ale z dlhodobého hľadiska vedie k zlepšeniu kvality života, redukcii hospitalizácií a finálne k zníženiu kardiovaskulárnej morbidita a mortality. Štúdia EAST-AFNET4 (8) demonštrovala, že včasná kontrola rytmu pomocou katérovej ablácie významne znižuje výskyt kardiovaskulárnych udalostí. Podobne štúdia CASTLE-AF preukázala redukcii mortality a hospitalizácií u pacientov so srdcovým zlyhávaním (13). Porovnanie klinických štúdií ako CABANA, EAST-AFNET4 a CASTLE-AF ukazuje konzistentný prínos katérovej ablácie FP najmä v prípade včasnej intervencie, obzvlášť vo vybraných rizikových skupinách pacientov, ako sú pacienti so SZ a systolicou dysfunkciou a symptomatických pacientov s FP. Dôležitým klinickým aspektom je, že skorá ablácia môže spomaliť progresiu štruktúrnej remodelácie predsiení progresiu do permanentných foriem FP. Zároveň však treba zdôrazniť, že dlhodobá efektivita je významne ovplyvnená adekvátnou selekciou pacientov, dôsledným sledovaním pacientov a v prípade potreby opakovanými výkonmi.

Na obrázku 6 je ilustračný sumárny abstrakt recentnej metaanalýzy porovnávajúcej efekt katérovej ablácie FP a antiarytmickej liečby v manažmente pacienta s FP s potvrdením priaznivého efektu katérovej ablácie FP v redukcii recidív FP, znížení kardiovaskulárneho rizika, hospitalizácií a aj celkovej mortality.

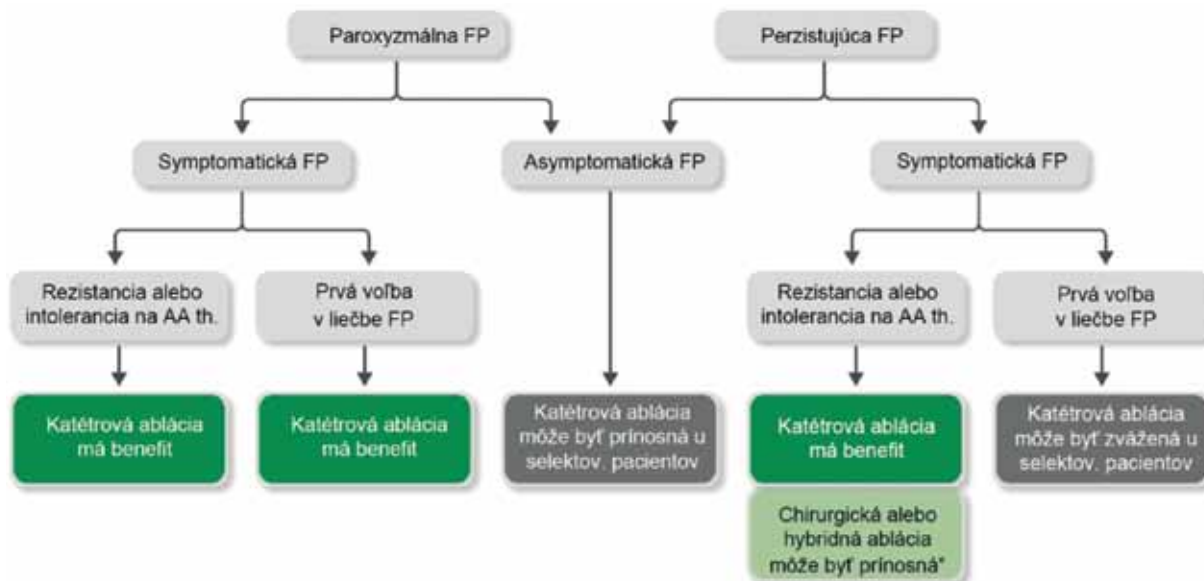
Metodika katérovej ablácie FP

Katérová ablácia FP je invazívny elektrofyziologický/arytmologický výkon, ktorý sa vykonáva na intervenčnej arytmiologickej sále školeným a špecializovaným tímom lekárov, sestier a biomedicínskych technikov. Predchádza mu adekvátna príprava a po výkone je nevyhnutný adekvátny manažment pacienta s cieľom minimalizácie možných komplikácií.

V rámci prípravy pacienta sa odporúča p.o. antikoagulačná liečba (OAK) v rovnakom režime ako pred elektívnou kardioverziou u všetkých pacientov. V prípade nízkeho tromboembolického (TE) rizika pacienta možno akceptovať absenciu OAK pred katérovou abláciou, ale po nej je nevyhnutná u všetkých pacientov v trvaní min. 2 mesiace od výkonu. Následne sa pokračuje podľa stratifikácie TE rizika. Štandardne u všetkých pacientov sa preprocedurálne cielene pátra a musí sa vylúčiť, príp. trombus v ľavej predsieni (ĽP), resp. ušku ĽP (LAA) pomocou zobrazovacích metód. Najčastejšie sa využíva transezofágové echokardiografické vyšetrenie (TEE), alternatívne CT alebo MR vyšetrenie srdca, ktoré má vysokú negatívnu prediktívnu hodnotu pre vylúčenie trombu LAA. Ďalšou možnosťou je priamo pred samotným výkonom realizovať intrakardiálne echokardiografické vyšetrenie (ICE) s priamou vizualizáciou ĽP a LAA. Potvrdenie prítomnosti trombu v ĽP/LAA je jednou z mála kontraindikácií pre katérovú abláciu FP. Periprocedurálny manažment antikoagulačnej liečby sa za posledných približne 10 rokov zásadne zmenil. Štandardne odporúčanou a akceptovanou stratégiou je neprerušená, resp. minimálne prerušená OAK:

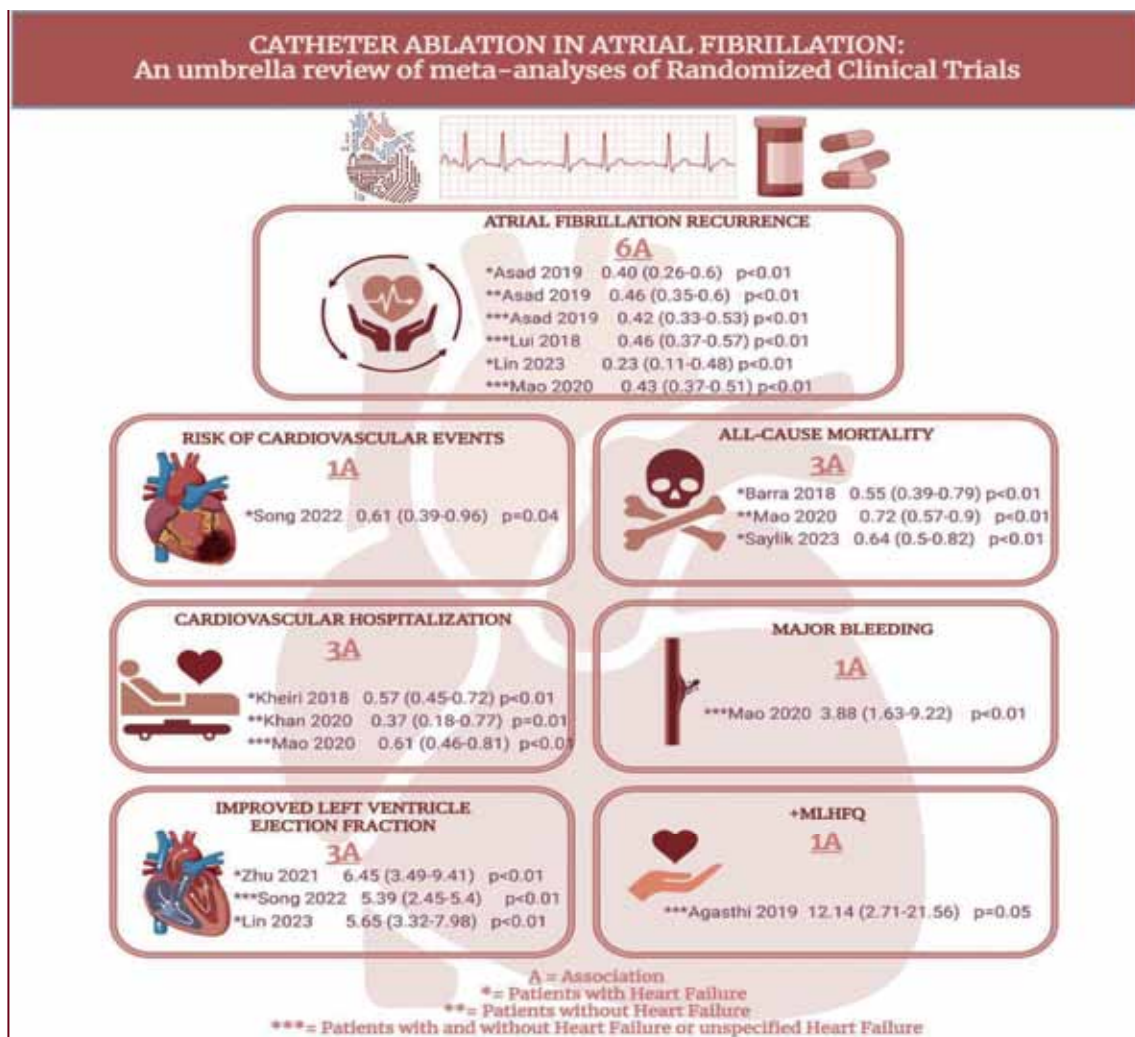
- v prípade DOAK sa vynechá (posúva) ranná dávka pred výkonom a je podaná 2 – 4 hodiny po výkone, ďalej sa pokračuje v pôvodnom dávkovaní,

Obrázok 5. Katérová ablácia v manažmente pacienta s fibriláciou predsiení (24).
Figure 5. Catheter ablation in the management of patients with atrial fibrillation (24).



* u pacientov, ktorí uprednostňujú chirurgický/hybridný prístup po dôkladnom zvážení bezpečnosti a účinnosti možností liečby

Obrázok 6. Metaanalýza porovnania katétrej ablácie FP a antiarytmickej terapie v manažmente fibrilácie predsiení (23).
 Figure 6. Meta-analysis comparing catheter ablation of AF and antiarrhythmic therapy in the management of atrial fibrillation (23).



- v prípade VKA (warfarín) sa výkon realizuje pri plnej antikoagulácii, odporúčané INR je 2,0 – 2,5.

Táto stratégia je simplifikovaná, praktická a bezpečná, potvrdená klinickými štúdiami: VENTURE-AF, RE-CIRCUIT, AXAFA-AFNET 5, ELIMINATE-AF a COMPARE.

Technická realizácia samotnej katétrej ablácie má niektoré základné spoločné postupy a potom špecifické, v závislosti od použitej modalitý a energie. V úvode sa kanylujú venózne vstupy, zvyčajne vena femoralis l. dx. a/alebo l. sin. Kanylácia sa realizuje Seldingerovou metódou. V súčasnosti sa punkcia VF rutinne vykonáva pod usg kontrolou, čím sa zásadne redukoval počet cievnych komplikácií (hematóm, pseudoaneuryzma...). O počte venózných vstupov rozhoduje plán a stratégia ablačného výkonu (IPV alebo komplexná substrátová ablácia LP), použitá technológia, anatomické pomery a skúsenosť operátora. U nás sa všetky výkony katétrej ablácie FP realizujú za ICE kontroly a navigácie. Od úvodu výkonu sa podáva bolus heparínu i.v. s kontinuálnym podávaním s cieľovým ACT > 300 – 350 sekúnd. Ďalším krokom je transeptálna punkcia v mieste fossa ovalis (FO) (1 – 2). V prípade RF ablácie sa iníciaľne

vykonáva 3D elektroanatomická mapa LP, prípadne aj pravej predsieni (PP) alebo aj koronárneho sinusu (CS). Kryoablácia a PF ablácia sa štandardne realizuje len za skioskopie. Špecifikom PFA je potreba intenzívnej analgosedácie a relaxácie, u nás preferenčne celková anestézia za asistencie OAIM aj s intubáciou a UPV pre nevyhnutnú myorelaxáciu.

Po dosiahnutí úspešnej IPV alebo komplexnej substrátovej ablácii sa v záverečnej fáze kontroluje echokardiografický nález s vylúčením prípadnej perikardiálnej efúzie (v krajnom prípade tamponády) a aj s vylúčením prípadnej intrakardiálnej trombózy alebo inej možnej komplikácie. Extrakcia katétrov sa robí priamo na intervenčnej sále, zavádzače sa extrahujú následne pri pokles ACT < 200. Lokálne sa nakladajú Z-stehy v mieste cievnych vstupov v slabínach.

Po výkone je pacient monitorovaný na intenzívnom lôžku so sledovaním ekg a vitálnych funkcií s cieľom prevencie a/alebo včasného odhalenia možných komplikácií asociovaných priamo s výkonom alebo s anestéziou. Pred prepustením sa vykonáva dôsledná klinická kontrola, vrátane kontroly cievnych vstupov a laboratórných odberov. Pacient je prepustený do ambulatnej

starostlivosti s odporúčaním adekvátneho ďalšieho postupu a mediácie. O všetkých skutočnostiach je opakovane a primerane poučený.*

Tento článok neobsahuje žiadne štúdie na ľudských či zvieracích objektoch.

Autori publikácie vyhlasujú, že nemajú žiaden konflikt záujmov.

Literatúra

1. BORGGREFE, M., HINDRICKS, G., HAVERKAMP, W., BREITHARDT, G. Catheter ablation using radiofrequency energy. *Clinical Cardiology*, 1990, 13(2), 127–131. <https://doi.org/10.1002/CLC.4960130212>
2. CALKINS, H., HINDRICKS, G., CAPPATO, R., et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace*, 2017, 20(1), e1. <https://doi.org/10.1093/EUROPACE/EUX274>
3. CHUN, J.K.R., BORDIGNON, S., LAST, J., et al. Cryoballoon Versus Laserballoon: Insights From the First Prospective Randomized Balloon Trial in Catheter Ablation of Atrial Fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2021, 14(2):e009294. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.120.009294>
4. GEPSTEIN, L., HAYAM, G., BEN-HAIM, S. A. A novel method for nonfluoroscopic catheter-based electroanatomical mapping of the heart. In vitro and in vivo accuracy results. *Circulation*, 1997, 95(6), 1611–1622. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.95.6.1611>
5. HAISSAGUERRE, M., JAIS, P., SHAH, D. C., et al. Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating in the Pulmonary Veins. *N Engl J Med*, 1998, 339(10), 659–666. <https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003>
6. HUO, Y., GASPAR, T., SCHÖNBAUER, R., et al. Low-Voltage Myocardium-Guided Ablation Trial of Persistent Atrial Fibrillation. *NEJM Evidence*, 2022, 1(11). <https://doi.org/10.1056/EVIDOA2200141>
7. KAUTZNER, J., NEUZIL, P., LAMBERT, H., et al. CLINICAL RESEARCH EFFICAS II: optimization of catheter contact force improves outcome of pulmonary vein isolation for paroxysmal atrial fibrillation. *Europace*, 2015, 17(8). <https://doi.org/10.1093/europace/euv057>
8. KIRCHHOF, P., CAMM, A.J., GOETTE, A., et al. Early Rhythm-Control Therapy in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*, 2020, 383, 1305–1316. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2019422>
9. KISTLER, P. M., CHIENG, D., SUGUMAR, H., et al. Effect of Catheter Ablation Using Pulmonary Vein Isolation With vs Without Posterior Left Atrial Wall Isolation on Atrial Arrhythmia Recurrence in Patients With Persistent Atrial Fibrillation: The CAPLA Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2023, 329(2), 127–135. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2022.23722>
10. KORUTH, J., KUROKI, K., IWASAWA, J., et al. Preclinical Evaluation of Pulsed Field Ablation: Electrophysiological and Histological Assessment of Thoracic Vein Isolation. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, 2019, 12(12). <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.119.007781>
11. KOTECHA, D., BREITHARDT, G., CAMM, A.J., et al. Integrating new approaches to atrial fibrillation management: the 6th AFNET/EHRA Consensus Conference. *Europace*, 2018, 1;20(3):395–407. <https://doi.org/10.1093/europace/eux318>
12. LESHEM, E., ZILBERMAN, I., TSCHABRUNN, C. M., et al. High-Power and Short-Duration Ablation for Pulmonary Vein Isolation: Biophysical Characterization. *JACC: Clinical Electrophysiology*, 2018, 4(4), 467–479. <https://doi.org/10.1016/J.JACEP.2017.11.018>
13. MARROUCHE, N.F., GREENE, T., DEAN, J.M., et al. Efficacy of LGE-MRI-guided fibrosis ablation versus conventional catheter ablation of atrial fibrillation: The DECAAF II trial: Study design. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2021, 32(4):916–924. <https://doi.org/10.1111/jce.14957>
14. MAURER, T., SCHLÜTER, M., KUCK, K. H. Keeping it Simple: Balloon Devices for Atrial Fibrillation Ablation Therapy. *Clinical Electrophysiology*, 2020, 6(12), 1577–1596. <https://doi.org/10.1016/J.JACEP.2020.08.041>
15. MAURHOFER, J., KUEFFER, T., MADAFFARI, A., et al. Pulsed-field vs. cryoballoon vs. radiofrequency ablation: a propensity score matched comparison of one-year outcomes after pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*, 2024, 67(2), 389–397. <https://doi.org/10.1007/S10840-023-01651-4>
16. PAPPONE, C., ORETO, G., LAMBERTI, F., et al. Catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation using a 3D mapping system. *Circulation*, 1999, 100(11), 1203–1208. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.100.11.1203>
17. PHLIPS, T., TAGHJI, P., EL HADDAD, M., et al. Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the 'CLOSE'-protocol. *Europace*, 2018, 20(FI_3), f419–f427. <https://doi.org/10.1093/EUROPACE/EUX376>
18. ROLF, S., HINDRICKS, G., SOMMER, P., et al. Electroanatomical mapping of atrial fibrillation: Review of the current techniques and advances. *Journal of Atrial Fibrillation*, 2014, 7(4), 1140. <https://doi.org/10.4022/JAFIB.1140>
19. RUBINSKY, B., ONIKK, G., MIKUS, P. Irreversible electroporation: A new ablation modality - Clinical implications. *Technology in Cancer Research and Treatment*, 2007, 6(1), 37–48. <https://doi.org/10.1177/153303460700600106>
20. SCHEINMAN, M. M., MORADY, F., HESS, D. S., GONZALEZ, R. Catheter-induced ablation of the atrioventricular junction to control refractory supraventricular arrhythmias. *JAMA*, 1982, 248(7), 851–855. <https://doi.org/10.1001/jama.1982.03330070039027>
21. SHRESTHA, D. B., PATHAK, B. D., THAPA, N., et al. Catheter ablation using pulmonary vein isolation with versus without left atrial posterior wall isolation for persistent atrial fibrillation: an updated systematic review and meta-analysis. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology: An International Journal of Arrhythmias and Pacing*, 2024, 67(7). <https://doi.org/10.1007/S10840-023-01656-Z>
22. STEPHEN HUANG, S. K. Radio-frequency catheter ablation of cardiac arrhythmias: appraisal of an evolving therapeutic modality. *American Heart Journal*, 1989, 118(6), 1317–1323. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(89\)90023-9](https://doi.org/10.1016/0002-8703(89)90023-9)
23. TITUS, A., SYEED, S., BABURAJ, A., et al. Catheter ablation versus medical therapy in atrial fibrillation: an umbrella review of meta-analyses of randomized clinical trials. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2024, 24(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03670-5>
24. TZEIS, GERSTENFELD, E. P., KALMAN, J., et al. European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace*, 2024, 26(4). <https://doi.org/10.1093/europace/eaue043>

-
25. VAN GELDER, I. C., RIENSTRA, M., BUNTIG, K. V., et al. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*, 2024, 45(36), 3314–3414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>
26. VERMA, A., JIANG, C., BETTS, T. R., et al. Approaches to Catheter Ablation for Persistent Atrial Fibrillation. *New England Journal of Medicine*, 2015, 372(19), 1812–1822. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA1408288>
27. WILLIAM, J., CHIENG, D., CURTIN, A. G., et al. Radiofrequency catheter ablation of persistent atrial fibrillation by pulmonary vein isolation with or without left atrial posterior wall isolation: long-term outcomes of the CAPLA trial. *European Heart Journal*. 2024, 46(2), 132-143. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae580>
28. YE, W., CHEN, Q., FAN, G., et al. Efficacy and safety of visually guided laser balloon versus cryoballoon ablation for paroxysmal atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2023, 10, 1229223. <https://doi.org/10.3389/FCVM.2023.1229223/FULL>

Do redakcie došlo: 30. 9. 2025.

Korešpondujúci autori

MUDr. Adrian Bystriansky, MSc., MPH

Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, a.s.,
Cesta k nemocnici 1
974 01 Banská Bystrica
E-mail: adrian.bystriansky@suscch.eu

Dr.h.c.prof. MUDr. Mgr. Katarína Gazdíková, PhD., MPH

Katedra všeobecného lekárstva
Lekárska fakulta Slovenskej zdravotníckej univerzity
Limbová 12
833 03 Bratislava
E-mail: katarina.gazdikova@szu.sk

doc. MUDr. Andrea Kalavská, PhD., MPH

I. interná klinika SZU a UNB
Limbová 5
833 05 Bratislava
E-mail: andrea.kalavska@szu.sk