

Komplikace katetrizační ablace srdečních arytmií

Bashar Aldhoon, Josef Kautzner

Klinika kardiologie, IKEM Praha

Katetrizační ablace se etablovala jako léčba první volby u většiny supraventrikulárních a řady komorových tachyarytmií. Dlouhodobá úspěšnost katetrizačních ablací je pro různé typy arytmií působivě vysoká a mnohdy převyšuje 95 %. Na druhou stranu mohou být katetrizační ablace provázeny řadou komplikací, které jsou dány invazivní povahou katetrizačního výkonu jako takového (např. cévní komplikace) nebo souvisí s typem provedeného výkonu (např. atrioventrikulární blokáda při modifikaci atrioventrikulárního uzlu). Vyšší výskyt komplikací u ablací komorových arytmií se strukturním postižením srdce často souvisí s přítomností srdečního selhání a dalších přidružených onemocnění. Článek shrnuje současné znalosti o možných komplikacích souvisejících s katetrizační ablací srdečních arytmií.

Klíčová slova: katetrizační ablace, komplikace, supraventrikulární arytmie, komorové arytmie.

Complications of catheter ablation for cardiac arrhythmias

Catheter ablation has established itself as a first-line therapy for the majority of supraventricular and many ventricular tachyarrhythmias. Long-term success of catheter ablation of different types of arrhythmias is impressively high and often exceeds 95 %. On the other hand, catheter ablation may be associated with complications, given by the invasive nature of catheterization procedure in general (eg. vascular complications) or related to the type of performed procedure (eg. atrioventricular block during atrioventricular node modification). In ventricular arrhythmias associated with structural heart disease, higher complication rate reflects clinical status of the patient, often with advanced heart failure and other accompanying diseases. This paper summarizes the current knowledge of the potential complications associated with catheter ablation of cardiac arrhythmias.

Key words: catheter ablation, complication, supraventricular arrhythmia, ventricular arrhythmia.

Interv Akut Kardiolog 2013; 12(3): 135–140

Úvod

Na přelomu tisíciletí se stala katetrizační ablace právem léčbou volby většiny supraventrikulárních tachykardií, paroxysmální fibrilace síní a některých komorových tachykardií. V medicíně má málokterá léčebná metoda prokazatelnou dlouhodobou úspěšnost nad 90 %. U katetrizačních ablací je tato hranice často překonávána. Dlouhodobá účinnost této metody v léčbě srdečních arytmií dosahuje až 70–98 %, a to v závislosti na druhu arytmie. Na druhou stranu, k hodnocení kteréhokoliv léčebného postupu je potřeba kromě úspěšnosti vzít v úvahu i potenciální riziko a závažnosti komplikace souvisejících s tímto postupem. Komplikace, které mohou nastat při katetrizační ablací, zahrnují obecné komplikace srdeční katetrizace (např. tromboembolické komplikace, infekce, cévní komplikace) nebo specifické komplikace pro výkon v elektrofyzilogii (srdeční perforace, atrioventrikulární (AV) blokáda). Tyto komplikace mohou nastat v důsledku (1) získání mnohočetných cévních přístupů, (2) intravaskulárního zavedení katétru, (3) sedace nebo celkové anestezie, (4) provádění transseptální punkce, (5) intravaskulární a intrakardiální manipulace katezé, (6) elektrické kardioverze a (7) aplikace radiofrekvenčního proudu či jiného druhu energie.

Většina publikovaných studií týkající se komplikací vychází z velkých specializovaných center (1–9). Z tohoto důvodu nemusí data uvedená v li-

teratuře odpovídat skutečnému výskytu těchto komplikací, který bývá v centrech s menšími zkušenostmi obvykle větší. Základní charakteristiky možných komplikací u jednotlivých srdečních arytmií jsou uvedeny v tabulce 1. Všeobecně lze konstatovat, že ablace v levostranných srdečních oddílech mají větší riziko komplikací v porovnání s výkony v oddílech pravostranných. Cílem tohoto přehledu je poskytnout souhrn aktuálních poznatků o komplikacích, které mohou nastat v průběhu nebo po katetrizační ablací různých srdečních arytmií.

Komplikace katetrizačních ablací supraventrikulárních arytmií

Termín supraventrikulární tachykardie (SVT) je souhrnný název, do kterého jsou běžně zahrnovány síňové tachykardie, atrioventrikulární nodální reentry tachykardie (AVNRT) a atrioventrikulární reentry tachykardie (AVRT). Typický flutter síní a fibrilace síní (FS) se považují za samostatné klinické jednotky.

SVT představovaly historicky první indikace ke katetrizačním ablacím. Není proto překvapující, že získávání prvních zkušeností bylo zatíženo i vyšším výskytem komplikací. S rozvojem metody se počet komplikací výrazně snížil. V první Multicentrické Evropské Studii (MERFS, The Multicentre European Radiofrequency Survey) provedené v letech 1987–1992 byl uve-

den celkový výskyt komplikací katetrizačních ablací SVT v rozmezí od 3,2 % při ablací AV uzlu do 8,0 % u ablací AVNRT. Incidence kompletní AV blokády byla 5,1 % (1). V retrospektivní analýze 37 000 výkonů z registru Severoamerické Asociace pro Kardiostimulaci a Elektrofyzilogii (NASPE, North American Society of Pacing and Electrophysiology) byl výskyt závažných komplikací podstatně nižší. Tvořil 1,82 % u ablací pro přídatnou dráhu, 0,6 % u ablací AVNRT a 0,5 % u ablací AV uzlu (2). Výsledky studie Calkinse, a spol. provedené v letech 1992–1995 prokázaly celkový výskyt komplikací kolem 3,0 %. AV blokáda se vyskytovala v 1 % a periprocedurální úmrtí bylo zaznamenáno v 0,3 % případů (10). Do dalšího registru NASPE z roku 1998 bylo prospektivně zařazeno celkem 3 357 pacientů, kteří podstoupili katetrizační ablace v 68 nemocnicích (3). Incidence závažných komplikací dosáhla 3,6 % u ablací pro přídatnou dráhu, 1,5 % u ablací pro AVNRT a 0,7 % u ablací AV uzlu. Následující text přiblíží specifické komplikace katetrizačních ablací jednotlivých typů SVT.

Fokální síňová tachykardie

Fokální síňová tachykardie je relativně méně častou arytmií, která se vyskytuje v 5–15 % případů indikovaných k ablací pro SVT (11). Jedná se arytmiie, které mohou vzniknout z libovolného místa v pravé nebo v levé síni. Úspěšnost

Tabulka 1. Základní charakteristiky potenciálních komplikací u jednotlivých srdečních arytmií

Srdeční arytmie	Místo ablace	Riziko komplikace	Typ potenciální komplikace
Supraventrikulární tachyarytmie			
Síňová tachykardie	Různě v levé nebo v pravé síni	1,0–2,7%	Srdeční perforace, poškození sinoatriálního nebo atrioventrikulárního uzlu
AVNRT	V pravé síni okolo atrioventrikulárního uzlu	0,5–1,0%	AV blokáda
AVRT	Různě vpravo a vlevo kolem atrioventrikulárního anulu	2,0–4,0%	AV blokáda, srdeční perforace
Typický flutter síní	V pravé síni - trikuspidokavální istmus	2,5–3,5%	Srdeční perforace, AV blokáda
Fibrilace síní	V levé síni, v pravé síni, v koronárním sinu	3,3–6,0%	Srdeční perforace, tromboembolické příhody, cévní komplikace, stenóza plicních žil, atrioezofageální píštěl, poškození bráničního nervu
Komorová tachykardie			
Idiopatická	Různě v pravé nebo v levé komoře	3,4%	Srdeční perforace, tromboembolické příhody, cévní komplikace
Neidiopatická	Různě v pravé nebo v levé komoře	6,0–10,8%	Srdeční perforace, tromboembolické příhody, akutní srdeční selhání, cévní komplikace, poškození mitrální chlopně U komorových arytmií při strukturním poškození srdce vyšší výskyt komplikací dán závažností klinického stavu pacienta (pokročilé srdeční selhání a další přidružené onemocnění)

ablace síňové tachykardie se pohybuje mezi 73 % a 100 %. Recidiva této arytmie se udává v 0–8 % případů (3, 12, 13).

V registru NASPE z roku 1998 byla katetrizační ablace pro síňovou tachykardii provedena u 216 pacientů (3). Celková incidence komplikací dosáhla 2,7 % (2 srdeční tamponády, 1 poškození elektrody kardiostimulátoru, 1 přechodný AV blok, 1 aspirační pneumonie a 1 fistula mezi aortou a pravou síní).

Atrioventrikulární nodální reentry tachykardie (AVNRT)

AVNRT je nejčastější SVT (14), která se vyskytuje častěji u žen než u mužů (poměr 2:1) (11). Katetrizační ablace AVNRT je úspěšná přibližně v 96 a více % případů (1–3, 10, 15, 16). Proto je dnes většinou indikována jako léčba první volby. Jejím principem je modifikace nebo přerušení funkčně definované dráhy pomalého vedení, která je v těsné blízkosti AV uzlu. Z toho také vyplývají možné specifické komplikace, jako je AV blokáda. V současnosti se její výskyt udává mezi 0,5–1,0 % (2, 16). Na pracovištích s velkými zkušenostmi se skutečný výskyt pohybuje na úrovni 1–2 promile.

Různí autoři uvádějí, že riziko AV blokády je vyšší, pokud se ablace provádí v blízkosti Hisova svazku. Nicméně AV blokáda byla popsána i při ablaci na úrovni ostia koronárního sinu. Zásadním preventivním opatřením je kontinuální monitorace AV vedení během ablace. Pokud se objeví přechodná AV blokáda, je nutno okamžitě zastavit aplikaci energie. Jelikož během ablace dráhy pomalého vedení často dochází ke spuštění akcelerovaného junkčního rytmu, soustřeďuje se monitorace při ablaci na retrográdní vedení vzruchu (tj. ventrikulo-atriální

vedení). Jeho prodloužení nebo přechodný výpadek jsou indikátory hrozícího poškození dráhy rychlého vedení.

Atrioventrikulární reentry tachykardie (AVRT)

Účinnost ablace přídatných drah dosahuje přibližně 95 % (10, 17, 18) s rizikem recidivy okolo 5 % (12). Celková incidence komplikací se pohybuje mezi 2–4 % (1, 3, 12). Popsanými komplikacemi spojenými s ablací přídatných drah jsou kompletní AV blokáda, chlopní poškození, perikardiální výpotek, srdeční tamponáda, cévní komplikace, cévní mozková příhoda, žilní trombóza nebo dokonce úmrtí. Mezi nejčastější komplikace ablace AVRT patří AV blokáda a srdeční perforace s tamponádou (1, 3, 12). Výskyt kompletní AV blokády se pohybuje od 0,17 % do 1,0 % (1–3, 10). Ve většině případů dochází ke kompletní AV blokádě při ablaci septální a posteroseptální přídatné dráhy, tj. v blízkosti AV uzlu. Frekvence srdeční tamponády v důsledku ablace přídatných drah se pohybuje v rozmezí od 0,13 % do 1,1 % (1–3, 10, 15).

Komplikace katetrizační ablace pro flutter síní

Typický flutter síní představuje přibližně 15 % všech supraventrikulárních arytmií a vyskytuje se u 25 %–35 % pacientů s FS (12). Tuto arytmiu lze označit za prototyp síňové tachykardie typu makro-reentry, která pochází z pravé síně. Okruh reentry je dobře anatomicky definován a ke kroužení vzruchu dochází v typické formě proti směru hodinových ručiček – tj. po septu nahoru a podél crista terminalis dolů do zóny pomalého vedení, která je v oblasti kavotriku-

spidálního istmu. Katetrizační přerušení tohoto můstku tkáně mezi trikuspidální chlopní a dolní dutou žílou s docílením obousměrného bloku představuje nejúčinnější léčbu této arytmie. Akutní úspěšnost se pohybuje mezi 95–100 % a pozdější recidivy se uvádějí do 7 % (19–21). Komplikace po ablaci typického flutteru síní se vyskytují v rozmezí 2,5 %–3,5 %. Podobně jako u SVT se mezi možné komplikace řadí AV blokáda, srdeční perforace s tamponádou, tromboembolické příhody a cévní komplikace (22–26). Jediným zajímavým rozdílem oproti skupině SVT je skutečnost, že dosud nebylo v souvislosti s katetrizační ablací pro flutter síní popsáno úmrtí (2, 3, 15, 25, 26).

Komplikace katetrizační ablace pro fibrilaci síní

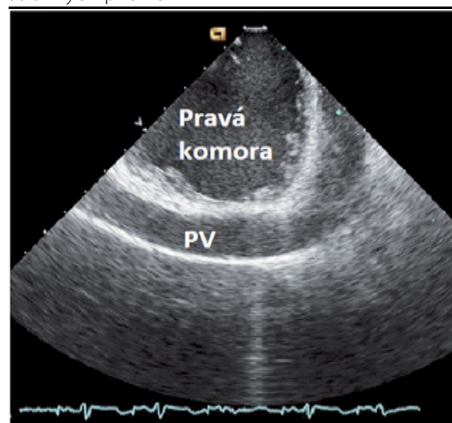
Katetrizační ablace FS je komplexní zákrok, který má celou řadu kroků a vyžaduje provedení transseptální punkce a mnohočetné manipulace v tenkostěnné levé síni. Proto nepřekvapuje, že výskyt komplikací katetrizační ablace FS převyšuje počet komplikací při katetrizačních ablacích SVT nebo flutteru síní. Tato skutečnost je dána určitými specifickými charakteristikami tohoto zákroku, mezi které patří: 1) potřeba několika cévních přístupů, 2) podání vysokých dávek heparinu během výkonu, 3) provedení transseptální punkce, 4) velké množství aplikací radiofrekvenčního proudu a 5) specifická anatomie v okolí levé síně, tj. blízkost dalších struktur, jako je jícen či brániční nerv.

Výskyt komplikací po ablaci pro FS se uvádí v různých registrech v rozmezí 3,9–6,0 % (27–29). Data z velkých center s velkým počtem výkonů

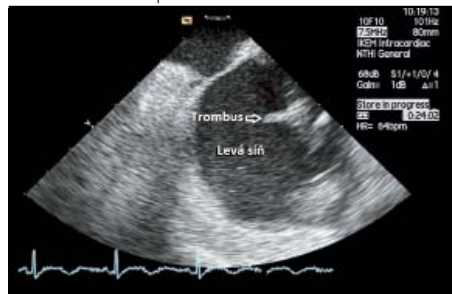
Obrázek 1. Exploze vodních par „pop“ v důsledku nadměrného přehřátí při ablací v levé komoře



Obrázek 2. Perikardiální výpotek (PV) zobrazený pomocí ICE, který vznikl během izolace pravostranných plicních žil



Obrázek 3. Trombus na konci katétru, který je zaveden transeptálně do levé síně



svědčí pro výskyt komplikací v rozmezí 3,3 %–5 % (4–6, 30, 31). Nejnovější analýza z pilotního evropského registru (EURObservational Research Programme – EORP) uvádí výskyt komplikací až 7,7 %, z toho 1,7 % představovaly závažné komplikace (32). Hlavními prediktory komplikací ablace FS jsou vyšší věk v době ablace, ženské pohlaví, srdeční selhání, užívání klopidoogrelu a skóre CHADS₂ ≥ 2 (4, 5, 29–31, 33). V nedávno publikované práci z našeho pracoviště jsme v souboru 1 192 výkonů identifikovali jako další prediktor komplikací nízkou tělesnou hmotnost (6). Týkalo se to především komplikací vaskulárních.

Nejčastějšími komplikacemi ablace pro FS jsou komplikace cévní (pseudoaneuryzma, arterio-venózní píštěl, hematoma), dále kardioembolické příhody (mozková mrtvice a přechodná ischemická ataka) a perforace srdeční stěny (výpotek či tamponáda). Vzácně může dojít ke vzniku píštěle

mezi levou síní a jícnem. Tato komplikace představuje spolu se srdeční tamponádou největší riziko pro možné úmrtí v souvislosti s výkonem. Úmrtí bylo popsáno v celosvětovém přehledu ablací FS v 0,15 % (28). Mezi méně časté komplikace patří stenóza plicních žil nebo poškození bráničního nervu, AV blokáda, poškození mitrální chlopně, perikarditida nebo poškození vagového nervu.

Cévní komplikace

Cévní komplikace jsou nejčastějšími komplikacemi ablace FS a jejich incidence dosahuje 1,3 %–2,3 % (4–6, 30, 31). Mezi hlavní faktory, které přispívají k vyššímu výskytu cévních komplikací, patří vícečetné cévní přístupy a vysoké dávky antikoagulačních látek během výkonu. Antikoagulační režim v období před, během a po ablací se zdá být důležitým faktorem ke snížení výskytu cévních komplikací. Řada studií prokázala, že provádění katetrizační ablace bez přerušení léčby warfarinem má lepší výsledky než vysazení warfarinu s periprocedurálním překlenutím nízkomolekulárním heparinem (34, 35). V naší studii hodnotící komplikace spojené s výkonem FS jsme zjistili, že méně robustní jedinci jsou náchylní k vyššímu výskytu cévních komplikací (6). Cévní komplikace jsou většinou léčeny konzervativně, nicméně v některých případech je nutná chirurgická intervence.

Perforace srdeční stěny

Perforace srdeční stěny s následnou tamponádou je nejčastější příčinou úmrtí v souvislosti s katetrizační ablací pro FS (36). Její incidence se pohybuje v různých registrech a studiích v rozmezí 0,3 %–2,9 % (6, 27, 29, 37). K perforaci srdeční stěny může dojít během transeptální punkce, při manipulaci s katétry nebo v důsledku extenzivní ablace, kdy může dojít k lokálnímu přehřátí tkáně s „explozí“ vodních par a možností roztržení tkáně (tzv. pop) (obrázek 1). Klinicky se srdeční perforace projeví jako postupně se rozvíjející či méně často náhlou hypotenzí. Diagnóza je pak potvrzena pomocí transtorakální či intrakardiální echokardiografie (obrázek 2). Akutní srdeční tamponáda je velmi dramatická situace, u které je třeba okamžitého zásahu v podobě perikardiální punkce, odsátí obsahu a zavedení drénu do perikardiálního vaku s přerušením efektu heparinu protaminem (38). Krvácení za těchto okolností většinou spontánně ustane. Méně často je potřeba chirurgické revize v případech, kdy přetrvává krvácení. Použití zobrazovacích metod, zejména intrakardiální echokardiografie, je opodstatněné v prevenci srdeční tamponády (39). Titrace dávky ablační energie a opatrné pohyby katétry jsou samo-

zřejmostí ke snížení rizika srdeční tamponády. Největším problémem je však možnost opožděné tamponády v průběhu několika dní od výkonu. Proto je důležitá echokardiografická kontrola pacienta před propuštěním z nemocnice.

Tromboembolické příhody

Tromboembolické příhody jsou další závažnou komplikací s relativně vyšším výskytem u ablace pro FS. Její incidence se pohybuje v rozmezí 0,4 %–7,0 % v závislosti na ablační strategii a antikoagulačnímu režimu během ablace (6, 28, 36). K vyššímu výskytu tromboembolických příhod při ablací FS přispívají, kromě skutečnosti, že ablace se provádí v levém srdci, i dlouhý ablační čas a velké množství ablačních lézí. Tato situace vede k nadměrné aktivaci koagulační kaskády a vyššímu riziku přechodné trombofilie. Nejvyšší riziko tromboembolismu je u nemocných se spontánním echokontremem v síních, zejména při snížené vyprazdňovací funkci ouška. Kromě ouška se tromby nejčastěji vyskytují na konci katétrů či zavaděčů (obrázek 3).

Tromboembolické příhody se mohou vyskytovat během ablace až do 2 týdnů po ablací. Klinické příznaky se liší v závislosti na lokalizaci postiženého tepenného řečiště. Nejobávanejší je intrakraniální embolie, vedoucí k cévní mozkové příhodě. Méně časté jsou ischemické periferní embolizace. Mozková embolizace je obvykle léčena trombolitiky nebo heparinem, zatímco u periferní embolizace je možno uvažovat o chirurgické embolektomii. Základní opatření k prevenci tromboembolických příhod je adekvátní antikoagulační režim před, během a po ablací.

Vzduchová embolie je méně častá příčina embolických příhod. Dochází k ní při zavádění či proplachování pouzder a katétrů v levé síní. Nejčastější manifestací je embolizace do pravé koronární tepny, jejíž odstup u ležícího pacienta ve vstupu do aorty je umístěn nejvýše. Klinicky se vzduchová embolie projeví jako akutní ischemie spodní stěny nebo jako AV blokáda. Symptomy jsou většinou přechodné a vymizí do několika minut. K prevenci této komplikace patří důsledné odstranění vzduchových bublin ze zavaděčů, zejména při jejich úvodním zavádění a trvalé proplachování heparinovaným roztokem v průběhu výkonu.

Atrieozofageální píštěl

Atrieozofageální píštěl je nejzávažnější komplikací ablace FS. Přestože je její incidence nízká (0,1–0,25 %) (38), mortalita související s touto komplikací přesahuje 80 %. Histologická studie ukázala, že v určitých místech je vzdálenost mezi jícnem

a zadní stěnou levé síně menší než 5 mm (40). Mechanismus vzniku atrioezofageální píštěle je pravděpodobně dán tepelným poškozením z důvodu aplikace radiofrekvenční energie na zadní stěnu levé síně. Píštěl však byla popsána i po použití fokusovaného ultrazvuku nebo kryoenergie. Mezi hlavními prediktory vzniku atrioezofageální píštěle patří nízký index tělesné hmotnosti a ablace perzistující FS, u které se obecně provádí větší množství lézí (41, 42). Klinicky se tato komplikace manifestuje obvykle v odstupu 2–4 týdnů po ablací. Nejčastějšími příznaky jsou dysfagie, sepse, krvácení do zažívacího traktu a opakované neurologické příhody z důvodů masivní vzduchové embolie. Jakmile existuje i sebemenší podezření na tuto komplikaci, je nutno provést CT nebo MR vyšetření k potvrzení nebo vyloučení diagnózy. V žádném případě nesmí být provedeno endoskopické či jícnové echokardiografické vyšetření, protože tato vyšetření mohou vést k insufiaci vzduchu a k dalším embolickým komplikacím. Vzhledem k závažnosti této komplikace je nutno vynaložit veškeré úsilí k její prevenci. Hlavním preventivním opatřením v tomto případě je snížení dávky aplikované energie při ablací na zadní stěnu levé síně.

Stenóza plicních žil

Bývala relativně častá komplikace ablace FS v dobách, kdy cílem ablace byly ektopické fokusy přímo v plicních žilách. V jedné studii z období 1998–2002 byl výskyt stenózy plicních žil popsán v 15,6 % případů (43). V současné době, kdy se ablace provádí v antrech plicních žil, se toto riziko pohybuje v rozmezí 0,3–3,4 % (28, 29). Nicméně podle ústního sdělení zástupců některých referenčních zahraničních center se tato komplikace začíná vyskytovat opět častěji, a to u nemocných, kteří měli ablací provedenou v centru s malou zkušeností a malým počtem případů. Ablace uvnitř plicních žil zřejmě vede k zánětlivé reakci, která má za následek fibrotizaci a vznik stenózy plicních žil (44, 45). Klinické projevy se obvykle objeví v odstupu několika týdnů až měsíců. Zpravidla se vyskytují nespecifické příznaky o různé intenzitě (námahová dušnost, kašel, hemoptýza, recidivující pneumonie) (43, 46). Diagnóza bývá stanovena na základě zobrazovacích metod (CT, MR a dopplerovská echokardiografie). V léčbě se doporučuje angioplastika s implantací stentu. Nicméně i přes zavádění stentů dochází často k restenózám (47–49). Dlouhodobě se doporučuje antikoagulační léčba. Základním preventivním opatřením je vyhnout se ablací uvnitř plicních žil. Velmi užitečná je v tomto směru intrakardiální echokardiografie, která mimo jiné zobrazí ústí plicních žil a polohu hrotu katétru při ablací.

Paréza bráničního nervu

Relativně vzácnou komplikací katetrizační ablace FS je paréza bráničního nervu, obvykle na pravé straně. Vyskytuje se téměř výhradně jako komplikace při použití balonkových katétrů (kryo-balonek nebo laserový balonek). Je to dáno tím, že balonek se snadno vtlačí dovnitř trychtýřovitě se zužujícího ostia plicní žíly, která probíhá v těsném kontaktu s bráničním nervem. K podobné situaci může dojít při použití cirkulárního katétru. Incidence kolísá od 0,32 % (50) po 2 % (51). Prevencí je stimulace bráničního nervu v oblasti horní duté žíly a zastavení aplikace energie v okamžiku oslabení kontrakcí bránice. Porucha je až na výjimky reverzibilní a klinicky se projevuje jako zhoršená dušnost.

Komplikace katetrizační ablace komorových tachykardií

Data o výskytu komplikací při ablací idiopatických komorových tachykardií prakticky chybí (52–54). Většina studií byla buď provedena na malém souboru pacientů, a tudíž z nich nelze vyvozovat spolehlivé závěry, nebo nebylo jejich hlavním cílem sledovat výskyt komplikací. Spektrum komorových tachykardií se také zásadně liší od SVT. Na jedné straně je skupina komorových tachykardií u nemocných bez strukturního onemocnění. Na druhé straně spektra jsou komorové arytmie provázející různě závažná strukturní onemocnění srdce. Ve druhém případě jde často o závažné klinické stavy, kde samotné onemocnění zvyšuje výrazně pravděpodobnost výskytu komplikací. Tito nemocní trpí často pokročilým srdečním selháním, mají další přidružená onemocnění a jsou obecně starší. Rovněž povaha komorových arytmií je jiná – v naprosté většině případů jde o arytmie typu reentry, které vycházejí z jizevnaté tkáně a vyžadují mnohem podstatnější modifikaci substrátu, a tím pádem mnohem složitější ablací s mnoha aplikacemi energie. V různě vysokém procentu případů je nutno použít epikardiálního přístupu. Katetrizační ablace je někdy prováděna i jako život zachraňující výkon, například při jinak nezvládnutelné elektrické bouři nebo u fokální spouštěné fibrilace komor.

Výskyt komplikací při ablací idiopatické komorové arytmie se v zásadě neliší od komplikací při ablací SVT. V nedávno publikované studii byl zaznamenán výskyt komplikací po ablací idiopatických komorových tachykardií 3,4 %, přičemž nebyl žádný rozdíl ve výskytu komplikací při ablací v pravém (3,2 %) a levém (3,5 %) srdci (9). Hlavními komplikacemi byly srdeční perforace (1,7 %), tromboembolické příhody (0,8 %) a cévní komplikace (0,8 %).

U komorových arytmií při strukturním postižení srdce existují údaje z několika prospektivních multicentrických klinických studií, které hodnotily bezpečnost a účinnost katetrizační ablace (7, 8, 55–57). Calkins, a spol. zařadili celkem 146 pacientů. Šestnáct pacientů (10,8 %) mělo významnou komplikaci, z toho bylo zaznamenáno 2,7 % úmrtí, 0,7 % infarktů myokardu, 2,7 % srdečních tamponád, 1,4 % kompletních AV bloků, 2,7 % cévních mozkových příhod, 2,7 % tranzitorních ischemických atak a 0,7 % chlopenních poškození (8). Ve studii Reddyho, a spol. byly popsány komplikace u 3 pacientů ze souboru 62 pacientů indikovaných k ablací (1 perikardiální výpotek, 1 dekompenzace srdečního selhání a 1 hluboká žilní trombóza) (55). Stevenson, a spol. referovali o komplikacích ablace komorových tachykardií u 231 pacientů (7). Incidence komplikací byla 7,3 %, včetně 3 % úmrtí a 4,7 % cévních komplikací. V ablační větvi multicentrické studie VTACH (Ventricular Tachycardia Ablation in Addition to Implantable Defibrillators in Coronary Heart Disease) z roku 2010 došlo ke dvěma komplikacím z celkového počtu 52 ablací (57). V další evropské studii Euro-VT měl závažnou komplikaci jeden pacient (1,5 %) z celkového počtu 63 (degenerace komorové tachykardie do fibrilace komor) (56). Monocentrická studie z poslední doby popsala významné komplikace u 6,0 % pacientů s relativně nízkým výskytem úmrtí (0,4 %) (9). Nedávná práce z našeho pracoviště referovala o katetrizační ablací komorových arytmií při strukturním postižení srdce a elektrické bouři v souboru 50 pacientů (58). V této práci nebyla zaznamenána žádná významná komplikace. Podobná práce na souboru 95 pacientů uvádí výskyt komplikací až 8,0 % (2 tranzitorní ischemické ataky, 2 pseudoaneuryzmatu femorální tepny a 4 perikardiální výpotky bez nutnosti perikardiální punkce) (59). Pro úplnost je nezbytné uvést výsledky historické studie MERFS z roku 1987, ve které nebyl rozdíl mezi idiopatickými a neidiopatickými komorovými tachykardiemi a kde dosáhl celkový výskyt komplikací 7,5 % (1). Tato data však mají nízkou relevanci, neboť ablace u strukturního postižení srdce se prováděly mnohem méně a pouze při mapovatelných arytmiích a strategie ablace idiopatických komorových tachykardií se teprve vyvíjely.

U některých pacientů je arytmogenní substrát uložen více epikardiálně, což vede v důsledku k selhání ablace z endokardiální strany. V takových případech je nutná ablace ze strany epikardu. Metoda epikardiální ablace byla vyvinuta skupinou Eduarda Sosy ze Sao Paula. Do perikardiálního prostoru se proniká ze subxifo-

idální oblastí mezi levou hranou subxifoidálního procesu a levým žebrem. Výkon se provádí v celkové anestezii, protože aplikace radiofrekvenční energie na povrchu epikardu je velmi bolestivá. V posledních deseti letech byla epikardiální ablace bezpečně prováděna v mnoha centrech (60, 61). V jedné multicentrické studii se uvádí celkový výskyt komplikací epikardiální ablace ve 2–5 % (62). Nejčastějšími komplikacemi jsou postprocedurální perikarditida a nechtěná punkce pravé komory (62–64). Méně často může dojít k poranění jater při úvodní perikardiální punkci či rozvoji hemoperikardu při laceraci epikardiálních žil (65).

Radiační poškození

Skioskopie je stále hlavní technikou k vizualizaci polohy katétru při elektrofyziologickém vyšetření nebo při katetrizační ablaci. Ionizující záření může přitom poškodit jak pacienta, tak zdravotnický personál. V této souvislosti hovoříme o dvou typech nežádoucího působení. Deterministické účinky jsou závislé na dávce záření a k jejich vyvolání existuje určitá prahová dávka záření. Příkladem může být radiační dermatitida po dlouhé skioskopické expozici nebo vznik katarakty. Stochastické účinky jsou potenciálně nebezpečnější, neboť k nim může dojít po jakékoliv expozici. Příkladem je vznik karcinomu nebo genetických defektů u potomků. Celkové riziko fatální malignity způsobené zářením při elektrofyziologickém vyšetření s ablací se odhaduje na 0,03 % po dobu 60 minut skioskopie a riziko teratogenity je 1–20 případů na 1 milion novorozenců na 60 minut skioskopie (66). Z těchto důvodů by mělo být snahou snížit radiační zátěž potřebnou k provedení katetrizační ablace na absolutní minimum (hovoří se často o konceptu ALARA – as low as reasonably achievable – tak nízká dávka, jaké lze rozumně dosáhnout).

Obecně lze říci, že doba trvání skioskopie souvisí do značné míry se stupněm ozáření a liší se v závislosti na typu výkonu a na zkušenosti personálu provádějící ablaci. V lékařství, včetně elektrofyziologie, se k měření dávky záření používá jednotka milisievert (mSv). Ke zjednodušení lze místo mSv použít jejich ekvivalent v podobě počtu rentgenových snímků hrudníku. Jeden rentgenový snímek hrudníku odpovídá ekvivalentní dávce 0,1 mSv. V různých studiích byla naměřena radiační dávka pro elektrofyziologické vyšetření 3,2 mSv (ekvivalentní dávka pro rentgen hrudníku = 32), pro ablaci 15,2 mSv (ekvivalentní dávka pro rentgen hrudníku = 152), a v rozmezí 1,4 mSv (ekvivalentní dávka pro rent-

gen hrudníku = 14) až 49,7 mSv (ekvivalentní dávka pro rentgen hrudníku = 497) pro kombinovaný výkon elektrofyziologie a ablaci (66–69).

Existuje celá řada cest, jak radiační riziko minimalizovat. Dávku záření lze výrazně ovlivnit kolimací, omezením šikmých projekcí nebo snížením frekvence snímků. Při katetrizačních ablacích lze využít i trojrozměrných mapovacích systémů nebo intrakardiální echokardiografie, které dovolují sledovat polohu katétru v srdci s minimální potřebou skioskopie. Byly popsány studie, kde byla provedena katetrizační ablace s nulovým využitím skioskopie. Další potenciální možnosti jsou systémy robotické navigace, které dovolují intuitivní navigaci katétru v trojrozměrné mapě a odstraňují riziko pro operátora, který výkon provádí z jiné místnosti.

Již zřejmé srovnání skioskopických časů nebo dávek záření potřebných k provedení určitého typu katetrizační ablaci v různých publikovaných studiích ukazuje, že existují dramatické rozdíly mezi jednotlivými pracovišti. Skioskopické časy i dávky se mohou lišit až desetinásobně při použití stejné technologie a pro stejný typ ablaci.

Závěr

Katetrizační ablaci je vysoce účinnou metodou léčby velké většiny srdečních arytmií. Vzhledem k invazivnímu charakteru této metody bývá spojena s výskytem některých méně či více závažných komplikací. Mezi nejčastější komplikace, které mohou nastat během výkonu nebo po něm, se řadí cévní komplikace. Srdeční tamponáda, tromboembolické příhody a atrioezofageální píštěle představují komplikace nejzávažnějšího charakteru. Nejvyšší počet komplikací je popisován při ablací komorových arytmií při strukturním postižení srdce, kdy se provádí složité výkony u nemocných s pokročilým srdečním selháním a často v průběhu elektrické bouře. Lze konstatovat, že větší zkušenosti s katetrizační ablací vedly k poklesu výskytu řady komplikací. Znalosti mechanismů vzniku, preventivních opatření, klinických projevů a léčebných postupů jsou nezbytné jak pro lékaře provádějící tyto výkony, tak i pro ambulantního kardiologa nebo internistu.

Literatura

1. Hindricks G. The Multicentre European Radiofrequency Survey (MERFS): complications of radiofrequency catheter ablation of arrhythmias. The Multicentre European Radiofrequency Survey (MERFS) investigators of the Working Group on Arrhythmias of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 1993; 14(12): 1644–1653.
2. Scheinman MM. NASPE Survey on Catheter Ablation. *Pacing Clin Electrophysiol* 1995; 18(8): 1474–1478.

3. Scheinman MM, Huang S. The 1998 NASPE prospective catheter ablation registry. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000; 23(6): 1020–1028.
4. Dagues N, Hindricks G, Kottkamp H, et al. Complications of atrial fibrillation ablation in a high-volume center in 1,000 procedures: still cause for concern? *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20(9): 1014–1019.
5. Spragg DD, Dalal D, Cheema A, et al. Complications of catheter ablation for atrial fibrillation: incidence and predictors. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2008; 19(6): 627–631.
6. Aldhooon B, Wichterle D, Peichl P, Cihak R, Kautzner J. Complications of catheter ablation for atrial fibrillation in a high-volume centre with the use of intracardiac echocardiography. *Europace* 2012 3 Jan; 15(1): 24–32.
7. Stevenson WG, Wilber DJ, Natale A, et al. Irrigated radiofrequency catheter ablation guided by electroanatomic mapping for recurrent ventricular tachycardia after myocardial infarction: the multicenter thermocool ventricular tachycardia ablation trial. *Circulation* 2008; 118(25): 2773–2782.
8. Calkins H, Epstein A, Packer D, et al. Catheter ablation of ventricular tachycardia in patients with structural heart disease using cooled radiofrequency energy: results of a prospective multicenter study. Cooled RF Multi Center Investigators Group. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35(7): 1905–1914.
9. Bohnen M, Stevenson WG, Tedrow UB, et al. Incidence and predictors of major complications from contemporary catheter ablation to treat cardiac arrhythmias. *Heart Rhythm* 2011; 8(11): 1661–1666.
10. Calkins H, Yong P, Miller JM, et al. Catheter ablation of accessory pathways, atrioventricular nodal reentrant tachycardia, and the atrioventricular junction: final results of a prospective, multicenter clinical trial. The Atrial Multicenter Investigators Group. *Circulation* 1999; 99(2): 262–270.
11. Porter MJ, Morton JB, Denman R, et al. Influence of age and gender on the mechanism of supraventricular tachycardia. *Heart Rhythm* 2004; 1(4): 393–396.
12. Blomstrom-Lundqvist C, Scheinman MM, et al. ACC/AHA/ESC guidelines for the management of patients with supraventricular arrhythmias—executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Supraventricular Arrhythmias). *Circulation* 2003; 108(15): 1871–1909.
13. Walsh EP, Saul JP, Hulse JE, et al. Transcatheter ablation of ectopic atrial tachycardia in young patients using radiofrequency current. *Circulation* 1992; 86(4): 1138–1146.
14. Wu D, Denes P, Amat-y-Leon F, et al. Clinical, electrocardiographic and electrophysiologic observations in patients with paroxysmal supraventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 1978; 41(6): 1045–1051.
15. Spector P, Reynolds MR, Calkins H, et al. Meta-analysis of ablation of atrial flutter and supraventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 2009; 104(5): 671–677.
16. Langberg JJ, Leon A, Borganelli M, et al. A randomized, prospective comparison of anterior and posterior approaches to radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reentry tachycardia. *Circulation* 1993; 87(5): 1551–1556.
17. Jackman WM, Wang XZ, Friday KJ, et al. Catheter ablation of accessory atrioventricular pathways (Wolff-Parkinson-White syndrome) by radiofrequency current. *N Engl J Med* 1991; 324(23): 1605–1611.
18. Kuck KH, Schluter M, Geiger M, Siebels J, Duckeck W. Radiofrequency current catheter ablation of accessory atrioventricular pathways. *Lancet* 1991; 337(8757): 1557–1561.
19. Poty H, Saoudi N, Nair M, Anselme F, Letac B. Radiofrequency catheter ablation of atrial flutter. Further insights into the various types of isthmus block: application to ablation during sinus rhythm. *Circulation* 1996; 94(12): 3204–3213.
20. Tai CT, Chen SA, Chiang CE, et al. Long-term outcome of radiofrequency catheter ablation for typical atrial flutter: risk

prediction of recurrent arrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998; 9(2): 115–121.

21. Tai CT, Chen SA, Chiang CE, et al. Electrophysiologic characteristics and radiofrequency catheter ablation in patients with clockwise atrial flutter. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1997; 8(1): 24–34.

22. Tsai CF, Tai CT, Yu WC, et al. Is 8-mm more effective than 4-mm tip electrode catheter for ablation of typical atrial flutter? *Circulation* 1999; 100(7): 768–771.

23. Paydak H, Kall JG, Burke MC, et al. Atrial fibrillation after radiofrequency ablation of type I atrial flutter: time to onset, determinants, and clinical course. *Circulation* 1998; 98(4): 315–322.

24. Ventura R, Klemm H, Lutomsy B, et al. Pattern of isthmus conduction recovery using open cooled and solid large-tip catheters for radiofrequency ablation of typical atrial flutter. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; 15(10): 1126–1130.

25. Feld G, Wharton M, Plumb V, Daoud E, Friehling T, Epstein L. Radiofrequency catheter ablation of type 1 atrial flutter using large-tip 8- or 10-mm electrode catheters and a high-output radiofrequency energy generator: results of a multicenter safety and efficacy study. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43(8): 1466–1472.

26. Calkins H, Canby R, Weiss R, et al. Results of catheter ablation of typical atrial flutter. *Am J Cardiol* 2004; 94(4): 437–442.

27. Cappato R, Calkins H, Chen SA, et al. Worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 111(9): 1100–1105.

28. Cappato R, Calkins H, Chen SA, et al. Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010; 3(1): 32–38.

29. Bertaglia E, Zoppo F, Tondo C, et al. Early complications of pulmonary vein catheter ablation for atrial fibrillation: a multicenter prospective registry on procedural safety. *Heart Rhythm* 2007; 4(10): 1265–1271.

30. Hoyt H, Bhonsale A, Chilukuri K, et al. Complications arising from catheter ablation of atrial fibrillation: temporal trends and predictors. *Heart Rhythm* 2011; 8(12): 1869–1874.

31. Baman TS, Jongnarangsin K, Chugh A, et al. Prevalence and predictors of complications of radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2011; 22(6): 626–631.

32. Arbelo E, Brugada J, Hindricks G, et al. ESC-EURObservational Research Programme: the Atrial Fibrillation Ablation Pilot Study, conducted by the European Heart Rhythm Association. *Europace* 2012; 14(8): 1094–1103.

33. Patel D, Mohanty P, Di Biase L, et al. Outcomes and complications of catheter ablation for atrial fibrillation in females. *Heart Rhythm* 2010; 7(2): 167–172.

34. Wazni OM, Beheiry S, Fahmy T, et al. Atrial fibrillation ablation in patients with therapeutic international normalized ratio: comparison of strategies of anticoagulation management in the periprocedural period. *Circulation* 2007; 116(22): 2531–2534.

35. Hussein AA, Martin DO, Saliba W, et al. Radiofrequency ablation of atrial fibrillation under therapeutic international normalized ratio: a safe and efficacious periprocedural anticoagulation strategy. *Heart Rhythm* 2009; 6(10): 1425–1429.

36. Cappato R, Calkins H, Chen SA, et al. Prevalence and causes of fatal outcome in catheter ablation of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53(19): 1798–1803.

37. Hsu LF, Jais P, Hocini M, et al. Incidence and prevention of cardiac tamponade complicating ablation for atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005; 28(Suppl 1): 106–109.

38. Aldhoon B, Kautzner J. Complications of catheter ablation for atrial fibrillation. *Cor et Vasa* 2012; 54(6): e414–e420.

39. Kautzner J, Peichl P. The role of imaging to support catheter ablation of atrial fibrillation. *Cor et Vasa* 2012; 54(6): e375–e385.

40. Sanchez-Quintana D, Cabrera JA, Climent V, Farre J, Mendonca MC, Ho SY. Anatomic relations between the esophagus and left atrium and relevance for ablation of atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 112(10): 1400–1405.

41. Martinek M, Bencsik G, Aichinger J, et al. Esophageal damage during radiofrequency ablation of atrial fibrillation: impact of energy settings, lesion sets, and esophageal visualization. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20(7): 726–733.

42. Gillinov AM, Pettersson G, Rice TW. Esophageal injury during radiofrequency ablation for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 122(6): 1239–1240.

43. Saad EB, Rossillo A, Saad CP, et al. Pulmonary vein stenosis after radiofrequency ablation of atrial fibrillation: functional characterization, evolution, and influence of the ablation strategy. *Circulation* 2003; 108(25): 3102–3107.

44. Yu WC, Hsu TL, Tai CT, et al. Acquired pulmonary vein stenosis after radiofrequency catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; 12(8): 887–892.

45. Taylor GW, Kay GN, Zheng X, Bishop S, Ideker RE. Pathological effects of extensive radiofrequency energy applications in the pulmonary veins in dogs. *Circulation* 2000; 101(14): 1736–1742.

46. Packer DL, Keelan P, Munger TM, et al. Clinical presentation, investigation, and management of pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 111(5): 546–554.

47. Arentz T, Jander N, von Rosenthal J, et al. Incidence of pulmonary vein stenosis 2 years after radiofrequency catheter ablation of refractory atrial fibrillation. *Eur Heart J* 2003; 24(10): 963–969.

48. Neumann T, Kuniss M, Conradi G, et al. Pulmonary vein stenting for the treatment of acquired severe pulmonary vein stenosis after pulmonary vein isolation: clinical implications after long-term follow-up of 4 years. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20(3): 251–257.

49. Di Biase L, Fahmy TS, Wazni OM, et al. Pulmonary vein total occlusion following catheter ablation for atrial fibrillation: clinical implications after long-term follow-up. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48(12): 2493–2499.

50. Bai R, Patel D, Di Biase L, et al. Phrenic nerve injury after catheter ablation: should we worry about this complication? *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006; 17(9): 944–948.

51. Dukkupati SR, Neuzil P, Kautzner J, et al. The durability of pulmonary vein isolation using the visually guided laser balloon catheter: multicenter results of pulmonary vein remapping studies. *Heart Rhythm* 2012; 9(6): 919–925.

52. Lin D, Hsia HH, Gerstenfeld EP, et al. Idiopathic fascicular left ventricular tachycardia: linear ablation lesion strategy for noninducible or nonsustained tachycardia. *Heart Rhythm* 2005; 2(9): 934–939.

53. Yamada T, McElderry HT, Doppalapudi H, et al. Idiopathic ventricular arrhythmias originating from the aortic root prevalence, electrocardiographic and electrophysiologic characteristics, and results of radiofrequency catheter ablation. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52(2): 139–147.

54. Tada H, Tadokoro K, Miyaji K, et al. Idiopathic ventricular arrhythmias arising from the pulmonary artery: prevalence, characteristics, and topography of the arrhythmia origin. *Heart Rhythm* 2008; 5(3): 419–426.

55. Reddy VY, Reynolds MR, Neuzil P, et al. Prophylactic catheter ablation for the prevention of defibrillator therapy. *N Engl J Med* 2007; 357(26): 2657–2665.

56. Tanner H, Hindricks G, Volkmer M, et al. Catheter ablation of recurrent scar-related ventricular tachycardia using electroanatomical mapping and irrigated ablation technology: results of the prospective multicenter Euro-VT-study. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2010; 21(1): 47–53.

57. Kuck KH, Schaumann A, Eckardt L, et al. Catheter ablation of stable ventricular tachycardia before defibrillator implantation in patients with coronary heart disease (VTACH): a multicenter randomised controlled trial. *Lancet* 2010; 375(9708): 31–40.

58. Kozeluhova M, Peichl P, Cihak R, Wichterle D, Vancura V, Bytesnik J, Kautzner J. Catheter ablation of electrical storm in patients with structural heart disease. *Europace* 2011; 13(1): 109–113.

59. Carbucicchio C, Santamaria M, Trevisi N, et al. Catheter Ablation for the Treatment of Electrical Storm in Patients With Implantable Cardioverter-Defibrillators: Short- and Long-Term Outcomes in a Prospective Single-Center Study. *Circulation* 2008; 117(4): 462–469.

60. Tschabrunn CM, Haqqani HM, Cooper JM, et al. Percutaneous epicardial ventricular tachycardia ablation after non-coronary cardiac surgery or pericarditis. *Heart rhythm* 2012 3 Feb; 10(2): 165–169.

61. Page SP, Duncan ER, Thomas G, et al. Epicardial catheter ablation for ventricular tachycardia in heparinized patients. *Europace* 2012 3 Feb; 15(2): 284–289.

62. Sacher F, Roberts-Thomson K, et al. Epicardial Ventricular Tachycardia Ablation: A Multicenter Safety Study. *Journal of the American College of Cardiology* 2010; 55(21): 2366–2372.

63. Sosa E, Scanavacca M. Epicardial mapping and ablation techniques to control ventricular tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005; 16(4): 449–452.

64. D'Avila A, Neuzil P, Thiagalingam A, et al. Experimental Efficacy of Pericardial Instillation of Anti-inflammatory Agents during Percutaneous Epicardial Catheter Ablation to Prevent Postprocedure Pericarditis. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology* 2007; 18(11): 1178–1183.

65. Koruth JS, Aryana A, Dukkupati SR, et al. Unusual Complications of Percutaneous Epicardial Access and Epicardial Mapping and Ablation of Cardiac Arrhythmias/Clinical Perspective. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology* 2011; 4(6): 882–888.

66. Kovoor P, Ricciardello M, Collins L, Uther JB, Ross DL. Risk to patients from radiation associated with radiofrequency ablation for supraventricular tachycardia. *Circulation* 1998; 98(15): 1534–1540.

67. Perinakis K, Damilakis J, Theocharopoulos N, Manios E, Vardas P, Gourtsoyiannis N. Accurate assessment of patient effective radiation dose and associated detriment risk from radiofrequency catheter ablation procedures. *Circulation* 2001; 104(1): 58–62.

68. Lickfett L, Mahesh M, Vasamreddy C, et al. Radiation exposure during catheter ablation of atrial fibrillation. *Circulation* 2004; 110(19): 3003–3010.

69. Efsthopoulos EP, Katritsis DG, Kottou S, et al. Patient and staff radiation dosimetry during cardiac electrophysiology studies and catheter ablation procedures: a comprehensive analysis. *Europace* 2006; 8(6): 443–448.

Článek přijat redakcí: 26. 1. 2013

Článek přijat k publikaci: 13. 3. 2013

MUDr. Bashar Aldhoon, Ph.D.

Klinika kardiologie IKEM

Vítěnská 1958/9, 140 21 Praha 4

bashar.alldhoon@ikem.cz