

Ablacja migotania przedsionków — nowe możliwości współpracy kardiologa i kardiochirurga

Novel approaches for treatment of atrial fibrillation
— a cooperation between cardiologist and cardiac surgeon

Oskar Kowalski¹, Michał Zembala², Piotr Buchta³, Krzysztof Filipiak², Adam Sokal¹,
Jerzy Foremny², Joanna Boidol¹, Lech Poloński³, Zbigniew Kalarus¹, Marian Zembala²

¹Oddział Kliniczny Kardiologii, Katedra Kardiologii, Wrodzonych Wad Serca i Elektroterapii, Śląski Uniwersytet Medyczny, Śląskie Centrum Chorób Serca, Zabrze

²Katedra i Oddział Kliniczny Kardiologii i Transplantologii, Śląski Uniwersytet Medyczny, Śląskie Centrum Chorób Serca, Zabrze

³III Katedra i Oddział Kliniczny Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny, Śląskie Centrum Chorób Serca, Zabrze

Migotanie przedsionków (AF, *atrial fibrillation*) jest obecnie najpowszechniej występującą arytmia. Częstość jej występowania określa się na około 2% ogółu ludności, co w polskiej populacji daje szacunkowo grupę ponad 700 000 pacjentów. Biorąc pod uwagę związane z występowaniem arytmii zagrożenie — 2-krotnie większe ryzyko zgonu niezależnie od innych czynników ryzyka, 5-krotny wzrost ryzyka udaru mózgu, zagrożenie istotnym pogorszeniem funkcji skurczowej lewej komory przy szybkiej akcji komór (tachykardiomiopatia) oraz spadek wydolności fizycznej z istotnym pogorszeniem jakości życia — coraz większego znaczenia nabierają niefarmakologiczne metody leczenia tej arytmii. Ich powstanie wiąże się z coraz trafniejszym określeniem elektrofizjologicznego patomechanizmu leżącego u jej podstaw. Wydaje się bowiem, że przyczyną indukcji AF jest aktywność ognisk ektopowych ulokowanych najczęściej w obrębie żył płucnych lub ich ujęć do lewego przedsionka, prowadząca początkowo do powstawania mnogich pętli reentry, a następnie całkowitej destrukcji elektrycznej w obrębie przedsionków [1]. Obecność tego rodzaju bodźca, może prowadzić do występowania AF nawet u chorych z całkowicie anatomicznie prawidłowym sercem. Wśród najczęstszych czynników predysponujących do wtórnego wystąpienia arytmii wymienia się nadciśnienie tętnicze, wady zastawkowe lub inne wady serca, chorobę wieńcową, zaburzenia funkcji tarczycy czy cukrzycę [2, 3].

Migotanie przedsionków jest także obserwowaną przejściowo i krótkotrwale występującą tachyarytmia związaną z zabiegiem kardiochirurgicznym, mechanizmu, którego upa-

tuje się w urazie operacyjnym, dyselektrolitemii czy następstwach krążenia pozaustrojowego [4]. W takich sytuacjach początek arytmii stwierdza się zwykle we wczesnym okresie pooperacyjnym, a jej obecność prowadzi do wzrostu ryzyka powikłań z udarem mózgu włącznie i wiąże się z przedłużeniem hospitalizacji i wzrostem jej kosztów. Należy podkreślić, że obecnie zaleca się profilaktyczne stosowanie leków blokujących receptory beta-adrenergiczne przed zabiegiem i po nim przy braku przeciwwskazań (klasa zaleceń IA) w celu uniknięcia wystąpienia arytmii po zabiegu. Można rozważyć także profilaktyczne zastosowanie amiodaronu przed zabiegiem (klasa IIA) lub sotalolu po zabiegu (klasa IIB). Niski poziom zaleceń do stosowania tego ostatniego leku wiąże się niewątpliwie z większym ryzykiem działania proarytmicznego. Na podobnie niskim poziomie zaleceń znalazło się profilaktyczne zastosowanie kortykosteroidów. Interesujący jest fakt, że na podstawie analiz stwierdzano korzystne działanie prewencyjne zastosowania statyn na wystąpienie pozabiegowego AF, jednak obecnie taki rodzaj terapii nie został jeszcze ujęty w zaleceniach postępowania profilaktycznego u chorych przed planowanym leczeniem operacyjnym [5].

Z powodu wciąż za małych efektów farmakoterapii inwazyjne leczenie staje się obecnie jedną z podstawowych metod stosowanych u chorych z AF. Wprowadzona do praktyki klinicznej pod koniec lat 90. ablacja przezskórna (AP) ma już obecnie bardzo szeroko udokumentowane znaczenie w leczeniu AF. W metaanalizach wykazano skuteczność tego rodzaju leczenia u chorych z oporną na farmakoterapię

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. n. med. Marian Zembala, Katedra i Oddział Kliniczny Kardiologii i Transplantologii, Śląski Uniwersytet Medyczny, Śląskie Centrum Chorób Serca, ul. Szpitalna 2, 41–800 Zabrze, tel: +48 32 373 36 89, faks: +48 32 272 26 79, e-mail: m.zembala@sccs.pl; sek.kch@sccs.pl

napadową postacią tej arytmii [6, 7]. Istnieją także doniesienia dokumentujące wyższą skuteczność zastosowania AP jako pierwszej linii leczenia u chorych z napadowym AF w porównaniu z farmakoterapią [8]. Duże, prospektywne i międzynarodowe badanie poświęcone porównaniu wpływu zabiegu ablacji na śmiertelność w stosunku do leczenia zachowawczego właśnie trwa (CABANA, *Catheter Ablation versus Antiarrhythmic Drug Therapy for Atrial Fibrillation*). Wykazano także, że skuteczna ablacja arytmii u chorych z uszkodzoną funkcją skurczową lewej komory może prowadzić do istotnej poprawy frakcji wyrzutowej [9]. Ponadto ablacja AF u chorych po implantacji układów resynchronizujących daje większą korzyść kliniczną w porównaniu z ablacją łącza przedsionkowo-komorowego [10].

W aktualnych wytycznych dotyczących leczenia AF ablację przezskórną zaleca się u chorych z zarówno napadową, jak i przetrwałą postacią arytmii objawowej i odpornej na farmakoterapię (IIa), chociaż jej skuteczność w leczeniu postaci przetrwałej jest mocno ograniczona i w niemal co drugim przypadku wymaga przeprowadzenia ponownego zabiegu [11].

Przezskórna ablacja może być proponowana jako pierwsze postępowanie lecznicze u chorych z napadowym, objawowym AF, u chorych z niewydolnością serca, u których farmakoterapia z zastosowaniem amiodaronu nie daje korzystnych wyników, oraz u pacjentów z utrwaloną, długo trwającą arytmia również oporną na farmakoterapię (IIb).

Podstawową ideą ablacji jest uzyskanie izolacji elektrycznej żył płucnych, co prowadzi do wyeliminowania działania ogniska ektopowego, czyli tzw. triggera, na układ mięśniowy przedsionków. Ze względu na ryzyko powstania zwężeń żył płucnych obecnie przezskórne techniki zabiegowe koncentrują się na wykonaniu aplikacji prądem o wysokiej częstotliwości radiowej (RF) wokół ujść żył płucnych, co zapewnia wysoką skuteczność i bezpieczeństwo procedury. U chorych z przewlekłym AF wykonuje się także liniowe aplikacje w obrębie lewego przedsionka, mające pozwolić na modyfikację substratu arytmii, a przez to zwiększenie skuteczności zabiegu i ograniczenie liczby nawrotów arytmii [12]. Mnogość pojedynczych aplikacji, trudność w nawigowaniu i uzyskaniu powtarzalnej aplikacji sprawiają, że wytworzenie ciągłej, pełnościennej linii izolującej elektrycznie struktury lewego przedsionka jest trudna do uzyskania. Dodatkowym utrudnieniem jest duża zmienność anatomiczna lewego przedsionka, z różnym położeniem ujść żył płucnych i grubością mięśniówki. Często w celu uzyskania pełnej izolacji żył konieczne jest zastosowanie aplikacji wysokich mocy przekładających się na zmniejszenie poziomu bezpieczeństwa zabiegu. Niewątpliwie przydatnym narzędziem wspierającym operatora w orientacji przestrzennej i nawigacji w trakcie zabiegu ablacji są systemy elektroanatomiczne 3D typu Carto czy NavX. Pozwalają nie tylko uzyskać większą precyzję w pozycjonowaniu elektrody, dzięki dobrej rozdzielczości przestrzennej, lecz

również zredukować dawkę stosowanego promieniowania rentgenowskiego. Zintegrowanie w trakcie zabiegu trójwymiarowej rekonstrukcji przedsionka uzyskanej z obrazu tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego z mapą elektroanatomiczną systemu 3D potęguje te korzyści. Jednocześnie umożliwia wcześniejsze zapoznanie się z anatomią przedsionka konkretnego chorego. Dodatkowym atutem jest możliwość mapowania przebiegu pobudzenia arytmii w mechanizmie makroentry, niejednokrotnie indukowanego w trakcie zabiegu, co zwiększa szanse powodzenia ablacji [13]. W ostatnich latach rutynowo stosuje się elektrody ablacyjne RF z chłodzoną końcówką, zmniejszającą ryzyko powstania zakrzepu na elektrodzie, przy możliwości wytworzenia głębszej zmiany ablacyjnej. Elektrody te są z powodzeniem stosowane również w ablacji chirurgicznej i nie zwiększają ryzyka powikłań [14].

Coraz istotniejsze znaczenie mają też zabiegi ablacji wykonywane przy użyciu innych rodzajów energii, takich jak krioablacja [15]. Jednak mimo doskonalenia systemów i elektrod do zabiegów elektrofizjologicznych, wprowadzania nowych technik ablacyjnych, takich jak ablacja zwojów zakończeń autonomicznego układu nerwowego ulokowanych w ścianie lewego przedsionka, u części chorych nie udaje się uzyskać satysfakcjonującego wyniku zabiegów przezskórnych. Może się to wiązać z brakiem możliwości uzyskania kompletnej, pełnościennej linii aplikacyjnej, zwłaszcza w regionie cieśni lewego przedsionka, a więc obszarze między lewą dolną żyłą płucną a pierścieniem mitralnym, nawet przy zastosowaniu ablacji epikardialnej z dostępu przez zatokę wieńcową. Dotyczy to głównie chorych z długo trwającym, utrwalonym AF, często na podłożu wad zastawkowych. Ponadto zaobserwowano, że częstość groźnych powikłań, takich jak tamponada serca, zwężenie żył płucnych czy przetoka przedsionkowo-przetykowa, występuje częściej w tej trudnej grupie chorych, nieznacznie przekraczając 5% (4,5% dla wszystkich zabiegów przezskórnej ablacji AF) [16].

Historia zabiegowego leczenia AF ma swój początek w latach 80., gdy wybitny kardiochirurg, ale i elektrofizjolog amerykański dr James Cox opisał kardiochirurgiczną technikę MAZE, polegającą na nacięciach i zszyciu ścian lewego przedsionka, tworzącą przez to bariery uniemożliwiające krążenie licznych fal mikroentry [17].

Mimo bardzo dobrych wyników, ze względu na wysoki stopień trudności samego zabiegu, nie jest to obecnie metoda rutynowo stosowana, także ze względu na zbyt duże obciążenie chorych, wynikające ze sternotomii i konieczności zastosowania krążenia pozaustrojowego. Współczesne techniki ablacji kardiochirurgicznej, wywodzące się z metody MAZE, obejmują zastosowanie zarówno ablacyjnej energii prądu RF, krioablacji, jak i energii ultradźwiękowej [18]. Techniki te pozwalają na łatwiejsze i bezpieczne uzyskanie szczelnej, pełnościennej linii aplikacyjnej, skracając jednocześnie kilkukrotnie czas zabiegu [19]. Celem jest, analogicznie jak

w przypadku zabiegów przezskórnych, uzyskanie izolacji elektrycznej ujęć żył płucnych i wytworzenie dodatkowych linii aplikacyjnych (np. w stropie lewego przedsionka czy w obrębie cieśni mitralnej), powodujących zablokowanie możliwości powstawania mnogich pętli reentry, inicjujących AF (modyfikacja substratu arytmii). Jednym z czynników istotnie hamujących przez wiele lat szersze zastosowanie tej metody było występowanie, nawet u kilku procent chorych, groźnego powikłania pod postacią oparzenia przełyku i wytworzenia przetoki przedsionkowo-przełykowej. Ryzyko jego powstania można istotnie zredukować poprzez stały pomiar temperatury w przełyku w trakcie zabiegu i objęciu szczególnym nadzorem gastroenterologicznym chorych, u których przekroczyła ona 41°C. Stwierdzono, że powyżej tej wartości ryzyko powikłań znacznie rośnie [20, 21]. Szczególnie obiecująca w ablacji chirurgicznej wydaje się wspomniana krioblacja. Nie stwierdzano w trakcie jej stosowania uszkodzeń przełyku, a położenie elektrody w trakcie aplikacji jest stabilniejsze. Powstała z dostępu epikardialnego zmiana części penetruje całą grubość ściany przedsionka w porównaniu z ablacją RF, w której przepływ krwi poprzez efekt chłodzenia ogranicza powstawanie zmiany od strony endokardialnej; nie uszkadza jednocześnie endotelium [19, 22].

Bardzo dobre wyniki tego rodzaju zabiegów pozwalających na przywrócenie rytmu zatokowego nawet u 85% chorych powodowały, że zabiegi te znalazły swoje miejsce w rekomendacjach Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Określono, że wykonanie ablacji kardiologicznej należy rozważyć głównie u chorych z objawowym AF poddawanych zabiegowi kardiologicznemu z innych przyczyn (klasa rekomendacji IIa), a zwłaszcza chirurgicznej naprawie czy wymianie wady zastawki mitralnej [23].

Wykonanie ablacji pozwala na utrzymanie rytmu zatokowego w obserwacji rocznej u blisko 3/4 spośród tych chorych, nawet przy utrwalonym AF z wieloletnim wywiadem chorobowym i rozpoczętą przebudową strukturalną przedsionka.

Biorąc pod uwagę, że AF jest niezależnym czynnikiem ryzyka zwiększonej śmiertelności około- i pozabiegowej, w tym zwłaszcza u osób z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory [24], przeprowadzenie zabiegu ablacji usuwającej arytmie może się wiązać nie tylko z poprawą stanu klinicznego chorego na oddziale pooperacyjnym, ale także z poprawą rokowania [25].

Ablację można także rozważać w przypadku pacjentów z bezobjawowym AF, jeżeli planowana jest operacja kardiologiczna (IIb). Należy podkreślić, że przeprowadzenie ablacji u chorych poddawanych zabiegowi kardiologicznemu istotnie podnosi szansę powrotu rytmu zatokowego bez znamienego zwiększenia ryzyka okołozabiegowego [26], co wydaje się ważnym argumentem przemawiającym za przeprowadzaniem takiej procedury możliwie rutynowo. Szybki rozwój technik małoinwazyjnych, w tym wspomnianych ro-

botem, spowodował rozwój urządzeń i technik umożliwiających ablację całkowicie endoskopową, otwierając nową przestrzeń i możliwości leczenia AF.

Wykorzystanie technik wideo i warsztatu endoskopowego umożliwiło natomiast wprowadzenie nowego standardu w leczeniu chirurgicznym, w którym dostęp do serca uzyskiwano poprzez porty wprowadzone do lewej i/lub prawej jamy opłucnowej. U pacjentów z *lone atrial fibrillation*, a więc z AF u chorych ze zdrowym strukturalnie sercem, podawana jest skuteczność sięgająca 87% przy zachowaniu wysokiego bezpieczeństwa [27].

Kottkamp i wsp. [28] oraz Mohr i wsp. [24] podają, że przy wykonaniu techniką małoinwazyjną, prądem RF, tylko zmian liniowych ograniczonych do lewego przedsionka — izolacji żył płucnych i cieśni mitralnej — skuteczność zabiegu (zachowanie rytmu zatokowego) w doświadczonym ośrodku może wynosić w obserwacji rocznej nawet 93–95% u chorych z utrwalonym i 97% z napadowym AF.

Zabieg taki może być uzupełniony również o ablację zwojów przywspółczulnych oraz zamknięcie uszka lewego przedsionka, co powinno się wiązać potencjalnie ze zwiększeniem skuteczności antyarytmicznej i zmniejszeniem ryzyka powikłań zakrzepowo-zatorowych w przyszłości [29]. Podkreśla się również możliwość przeprowadzenia bezpiecznego i skutecznego zabiegu u chorych leczonych wcześniej nieskutecznie technikami przezskórnymi [30].

W ciągu ostatniej dekady dzięki współpracy kardiologów i elektrofizjologów powstały nowe skuteczne techniki ablacji AF, szczególnie silnie skupiające się na leczeniu przetrwałego, silnie objawowego i opornego na terapię AF. Wykorzystanie nowoczesnych technik endoskopowych pozwala zminimalizować uraz operacji, a technologie umożliwiające efektywną koagulację tkanki serca gwarantują ciągłe linie ablacji. Wciąż jednak, ze względu na struktury anatomiczne łączące serce z workiem osierdziowym, kardiolog nie jest w stanie całkowicie odizolować struktur serca uważanych za arytmogenne [31]. Idealnym rozwiązaniem wydaje się połączenie zalet 2 metod: elektrofizjologicznej i chirurgicznej (ablacja hybrydowa), pozwalające wyodrębnić procedurę, która będzie cechować się małym urazem, bardzo dobrym efektem kosmetycznym i krótkim, zaledwie 3–5-dniowym pobytem w szpitalu. Miarą skuteczności metody jest dobry wczesny i odległy wynik leczenia, tj. powrót i utrzymanie rytmu zatokowego, odstawienie leków antyarytmicznych i przeciwzakrzepowych.

Wprowadzenie przez Kisera i wsp. [32, 33] perikardioskopii, zupełnie odmiennego sposobu wizualizacji serca i wielkich naczyń, a także dostęp do nowych technologii (elektrody irygowane, z podciśnieniem, RF oraz hybrydowe, czyli łączone, nie kompetycyjne, a raczej uzupełniające leczenie chirurgiczne i elektrofizjologiczne), pozwoliły uzyskać niezwykle obiecujące wyniki w leczeniu najtrudniejszej grupy chorych z opornym na leczenie przetrwałym AF, nierzadko z mocno zaawansowaną dysfunkcją lewej komory ze względu

na wieloletnią tachyarytmię. Istotą nowej metody jest powtórzenie schematu ablacji według metody Cox-Maze, stosujące energię RF epikardialnie. Zabieg małoinwazyjnej, hybrydowej ablacji AF (MICA, *Minimally Invasive Convergent Ablation*) obejmuje 2 procedury: endoskopową przezbrzuszną epikardialną ablację chirurgiczną oraz przeskórną endokardialną ablację uzupełniającą, wspomaganą systemem mapowania elektrofizjologicznego CARTO czy NavX. Ablacja endokardialna w tym przypadku może koncentrować się na strukturach prawego przedsionka; izolacji żyły głównej górnej, o ile okaże to się klinicznie wskazane [19]. Jednocześnie umożliwia kontrolę dwukierunkowego bloku zmian izolujących żyły płucne i ewentualne zamknięcie przerw w linii ablacyjnej. Interesującą metodą ułatwiającą znajdowanie takich przerw i celowane, precyzyjne aplikacje zamykające jest technika jednoczesnej stymulacji i ablacji (*pace-and-ablate*) [34]. Istotną zaletą zabiegu hybrydowego jest możliwość jego wykonania w całości małoinwazyjnie. Dodatkowo zastosowanie systemu elektroanatomicznego 3D pozwala na mapowanie ewentualnej arytmii powstałej w mechanizmie makroreentry.

Program małoinwazyjnej, hybrydowej ablacji przetrwałego, opornego na leczenie AF prowadzony w Śląskim Centrum Chorób Serca w Zabrzu jest dobrym przykładem skuteczności i bezpieczeństwa nowej metody [35]. Programy małoinwazyjnej ablacji u chorych z objawowym AF są także z powodzeniem realizowane w Warszawie [36] i Krakowie [37].

Wciąż jednak mało jest badań przeprowadzonych na większych grupach chorych, a zwłaszcza wieloośrodkowych badań randomizowanych, których wyniki pozwoliłyby na obiektywną ocenę tych technik oraz porównanie ich skuteczności i bezpieczeństwa z innymi dostępnymi metodami. Uważa się, że małoinwazyjna chirurgiczna ablacja bez skojarzenia z innym zabiegiem kardiologicznym może być rozważana u chorych z objawowym AF po nieskutecznej ablacji przeskórnej (klasa zaleceń IIb). Szczególnym atutem wydaje się tu jej wysoka skuteczność w obserwacji odległej.

Biorąc pod uwagę, że powtórnej ablacji wymaga co drugi chory z przetrwałą formą AF leczony przeskórną, celowe wydaje się wcześniejsze rozważenie leczenia chirurgicznego w tej trudnej grupie osób, eliminujące konieczność powtórnego zabiegu przeskórnego, zmniejszające tym samym nie tylko narażenie pacjenta i personelu na promieniowanie RTG, ale także zmniejszające wydatki związane z ponowną hospitalizacją, procedurą elektrofizjologiczną i farmakoterapią. Prowadzone systematycznie rejestry chorych po zabiegach elektrofizjologicznych w poszczególnych ośrodkach wykonujących zabiegi elektrofizjologiczne wzorem Ogólnopolskiego Rejestru Ostkich Zespołów Wieńcowych (PL-ACS) i Krajowego Rejestru Operacji Kardiologicznych (KROK) byłyby ważnym i obiektywnym źródłem analizy skuteczności medyczo-ekonomicznej leczenia i świadectwem nowych możliwości uzyskiwanej dzięki bliskiej współpracy kardi chirurga i elektrofizjologa.

Piśmiennictwo

- Haissaguerre M, Jais P, Shah DC et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med*, 1998; 339: 659–666.
- Nieuwlaat R, Capucci A, Camm AJ et al. Atrial fibrillation management: a prospective survey in ESC member countries: the EuroHeart Survey on Atrial Fibrillation. *Eur Heart J*, 2005; 26: 2422–2434.
- Nabauer M, Gerth A, Limbourg T et al. The Registry of the German Competence NETwork on Atrial Fibrillation: patient characteristics and initial management. *Europace*, 2009; 11: 423–434.
- Crystal E, Garfinkle MS, Connolly SS, Ginger TT, Sleik K, Yusuf SS. Interventions for preventing post-operative atrial fibrillation in patients undergoing heart surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, 2004; 4: CD003611.
- ESC Clinical Practice Guidelines. Guidelines for the management of atrial fibrillation. *Eur Heart J*, 2010; 31: 2369–2429.
- Calkins H, Reynolds MR, Spector P et al. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2009; 2: 349–361.
- Noheria A, Kumar A, Wylie JV Jr, Josephson ME. Catheter ablation vs antiarrhythmic drug therapy for atrial fibrillation: a systematic review. *Arch Intern Med*, 2008; 168: 581–586.
- Wazni OM, Marrouche NF, Martin DO et al. Radiofrequency ablation vs antiarrhythmic drugs as first-line treatment of symptomatic atrial fibrillation: a randomized trial. *JAMA*, 2005; 293: 2634–2640.
- Hsu LF, Jais P, Sanders P et al. Catheter ablation for atrial fibrillation in congestive heart failure. *N Engl J Med*, 2004; 351: 2373–2383.
- Khan MN, Jais P, Cummings J et al.; PABA-CHF Investigators. Pulmonary-vein isolation for atrial fibrillation in patients with heart failure. *N Engl J Med*, 2008; 359: 1778–1785.
- Oral H, Chugh A, Good E et al. Radiofrequency catheter ablation of chronic atrial fibrillation guided by complex electrograms. *Circulation*, 2007; 115: 2606–2612.
- Willems S, Klemm H, Rostock T et al. Substrate modification combined with pulmonary vein isolation improves outcome of catheter ablation in patients with persistent atrial fibrillation: a prospective randomized comparison. *Eur Heart J*, 2006; 27: 2871–2878.
- Esato M, Hindricks G, Sommer P et al. Color-coded three-dimensional entrainment mapping for analysis and treatment of atrial macroreentrant tachycardia. *Heart Rhythm*, 2009; 6: 349–358.
- Lemke B, Khargi K, Grewe PH et al. Intraoperative cooled-tip radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation undergoing open heart surgery. *Z Kardiol*, 2003; 92: 1008–1017.
- Kojodjojo P, O'Neill MD, Lim PB et al. Pulmonary venous isolation by antral ablation with a large cryoballoon for treatment of paroxysmal and persistent atrial fibrillation: medium-term outcomes and non-randomised comparison with pulmonary venous isolation by radiofrequency ablation. *Heart*, 2010; 96: 1379–1384.
- 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: 32–38.
- Williams JM, Ungerleider RM, Lofland GK, Cox JL. Left atrial isolation: new technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1980; 80: 373–380.
- Suwalski P, Suwalski G, Doll N, Majstrak F, Kurowski A, Suwalski KB. Epicardial beating heart “off-pump” ablation of atrial fibrillation in non-mitral valve patients using new irrigated bipolar radiofrequency technology. *Ann Thorac Surg*, 2006; 82: 1876–1879.

19. Bakir I, Casselman F, Brugada P et al. Current strategies in the surgical treatment of atrial fibrillation: review of the literature and Onze Lieve Vrouw Clinic's Strategy. *Ann Thorac Surg*, 2007; 83: 331–340.
20. Halm U, Gaspar Y, Zachäus M et al. Thermal esophageal lesions after radiofrequency catheter ablation of left atrial arrhythmias. *Am J Gastroenterol*, 2010; 105: 551–556.
21. Piorkowski C, Kottkamp H, Carbucicchio A et al. Surgical strategies for the curative therapy of atrial fibrillation: also for lone AF? *Herzschr Elektrophys*, 2002; 13: 216–224.
22. Doll N, Fabricius A, Gummert JF et al. Surgical treatment of therapy resistant atrial fibrillation. *Z Kardiol*, 2003; 92: 712–720.
23. Ngaage DL, Schaff HV, Mullany CJ et al. Influence of preoperative atrial fibrillation on late results of mitral repair: is concomitant ablation justified? *Ann Thorac Surg*, 2007; 84: 434–442.
24. Mohr F, Fabricius A, Falk V et al. Curative treatment of atrial fibrillation with intraoperative radiofrequency ablation: short-term and midterm results. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002; 123: 919–927.
25. von Oppell UO, Masani N, O'Callaghan P, Wheeler R, Dimitrakakis G, Schiffelers S. Mitral valve surgery plus concomitant atrial fibrillation ablation is superior to mitral valve surgery alone with an intensive rhythm control strategy. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009; 35: 641–650.
26. Rahman NM, Chard RB, Thomas SP. Outcomes for surgical treatment of atrial fibrillation using cryoablation during concomitant cardiac procedures. *Ann Thorac Surg*, 2010; 90: 1523–1527.
27. Speziale G, Bonifazi R, Nasso G et al. Minimally invasive radiofrequency ablation of lone atrial fibrillation by monolateral right minithoracotomy: operative and early follow-up results. *Ann Thorac Surg*, 2010; 90: 161–167.
28. Kottkamp H, Hindricks G, Autschbach R et al. Specific linear left atrial lesions in atrial fibrillation intraoperative radiofrequency ablation using minimally invasive surgical techniques. *J Am Coll Cardiol*, 2002; 40: 475–480.
29. Yilmaz A, Geuzebroek GS, Van Putte BP et al. Completely thoracoscopic pulmonary vein isolation with ganglionic plexus ablation and left atrial appendage amputation for treatment of atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010; 38: 356–360.
30. Castellá M, Pereda D, Mestres CA, Gómez F, Quintana E, Mulet J. Thoracoscopic pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation and failed percutaneous ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010; 140: 633–638.
31. Liu X, Dong J, Mavrakakis HE et al. Mechanisms of arrhythmia recurrence after video-assisted thoracoscopic surgery for the treatment of atrial fibrillation: insights from electrophysiological mapping and ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2009; 20: 1313–1320.
32. Kiser AC, Nifong LW, Raman J, Kasirajan V, Campbell N, Chitwood WR Jr. Evaluation of a novel epicardial atrial fibrillation treatment system. *Ann Thorac Surg*, 2008; 85: 300–303.
33. Kiser AC, Landers M, Horton R, Hume A, Natale A, Gersak B. The convergent procedure: a multidisciplinary atrial fibrillation treatment. *Heart Surg Forum*, 2010; 13: 5.
34. Eitel C, Hindricks G, Sommer P et al. Circumferential pulmonary vein isolation and linear left atrial ablation as a single-catheter technique to achieve bidirectional conduction block: the pace-and-ablate approach. *Heart Rhythm*, 2010; 7: 157–164.
35. Kalarus Z, Zembala M, Kowalski O et al. Minimally invasive, hybrid ablation in a patient with persistent atrial fibrillation: early experience. *Kardiol Pol*, 2009; 67: 1057–1056.
36. Suwalski P, Suwalski G, Wilimski R et al. Minimally invasive off-pump video-assisted endoscopic surgical pulmonary vein isolation using bipolar radiofrequency ablation: preliminary report. *Kardiol Pol*, 2007; 65: 370–374.
37. Majewski J, Bartuś K, Kapelak B, Myć J, Sadowski J, Lelakowski J. Thoracoscopic Ex-Maze III procedure and radiofrequency catheter ablation: a hybrid therapy for permanent atrial fibrillation. A case report. *Kardiol Pol*, 2009; 67: 1044–1047.