

Izolacja żył płucnych w leczeniu pacjentów z migotaniem przedsionków — jak dobrać optymalną technikę dla indywidualnego pacjenta?

Pulmonary vein isolation in the treatment of atrial fibrillation: how to choose the optimal technique for the individual patient?

STRESZCZENIE

W kolejnym odcinku dotyczącym migotania przedsionków przybliżamy techniki ablacji usuwającej najczęstsze czynniki wyzwalające (*trigger*) tą arytmie, jakimi są pobudzenia dodatkowe (pojedyncze lub serie, które odpowiednio długie stają się również czynnikiem podtrzymującym — *driver*) wywodzące się z żył płucnych. Dotychczas zaproponowano wiele technik izolacji żył płucnych (a zatem usunięcia wpływu tych ognisk na czynność elektryczną przedsionków). Każda z nich ma nieco inną charakterystykę, a co za tym idzie inne ograniczenia i korzyści względem alternatywnych metod. Dlatego znaczenia nabiera indywidualny dobór metody ablacji dla konkretnego pacjenta. Obecnie dobór ten ma jeszcze charakter subiektywny i opiera się na doświadczeniu zebranym w ośrodkach autorów niniejszej pracy. Mimo subiektywizmu artykułu, znajomość przedstawionych kryteriów może pozwolić na wysłanie konkretnego pacjenta do ośrodka dysponującego preferowaną dla niego metodą, co może przelożyć się na większe bezpieczeństwo (bezpośrednie i odległe) i wyższą skuteczność tej formy leczenia. Omówiono techniki ablacji punktowej z użyciem systemów elektroanatomicznych (wyróżniając wśród nich techniki z użyciem wysokiej mocy), ablacji za pomocą elektrody okrężnej i technik balonowych. Zagadnienie zilustrowano przykładowymi zabiegami krioablacji balonowych u nieco nietypowych (obecnie) pacjentów, by jeszcze bardziej zwrócić uwagę na indywidualne podejście do każdego pacjenta z migotaniem przedsionków.

Forum Medycyny Rodzinnej 2021, tom 15, nr 6, 223–244

Słowa kluczowe: migotanie przedsionków, izolacja żył płucnych, ablacja RF, krioablacja balonowa, krótkie aplikacje o wysokiej mocy, ablacja pod kontrolą temperatury

Edward Koźluk^{1, 2},
Dariusz Rodkiewicz^{1, 2},
Agnieszka Piątkowska^{3, 1, 2},
Przemysław Kwasiborski²,
Małgorzata Buksińska-Lisik⁴,
Artur Mamcarz⁴

¹I Katedra i Klinika Kardiologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

²Oddział Kardiologii i Chorób Wewnętrznych, Międzyleski Szpital Specjalistyczny w Warszawie

³Katedra i Klinika Medycyny Ratunkowej Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

⁴III Klinika Chorób Wewnętrznych i Kardiologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Adres do korespondencji:

Edward Koźluk
I Katedra i Klinika Kardiologii WUM
ul. Banacha 1a, 02 097 Warszawa
e-mail: elektrofizjologia @wum.edu.pl
elektrofizjologia@mssw.pl
ekoźluk@vp.pl

Copyright © 2021 Via Medica
ISSN 1897–3590
e-ISSN 1897–7839

ABSTRACT

In the current episode on atrial fibrillation, we introduce ablation techniques that eliminate the most common triggers for this arrhythmia, which are atrial extrasystoles (single or series of which are also long enough to become a driver) originating from the pulmonary veins. So far, many techniques of pulmonary veins isolation (and therefore eliminating the influence of these foci on the atrial electrical activity) have been proposed. Each of them has slightly different characteristics and thus different limitations and benefits compared to alternative methods. Hence the importance of individual selection of ablation method for an individual patient. Now, this selection remains still subjective, and we base it on the own experience. Despite the subjectivity of the article, knowledge of the presented criteria allows to send a specific patient to a center where the preferred method is available. This may be translated into higher safety (immediate and long-term) and higher effectiveness of the treatment. We discuss point-by-point ablation techniques with the use of electroanatomical systems (distinguishing among them the high-power short-duration techniques), ablation with the use of a circular catheter and balloon techniques. We illustrate the issue with examples of balloon cryoablation procedures in slightly atypical (as of today) patients, to further draw attention to the individual approach to each patient with atrial fibrillation.

Forum Medycyny Rodzinnej 2021, tom 15, nr 6, 223–244

Key words: atrial fibrillation, pulmonary vein isolation, RF catheter ablation, cryoballoon ablation, high-power short duration ablation, ablation under temperature control

*Nie to piękne, co piękne,
ale to, co się komu podoba.
Jan Andrzej Morsztyn*

WSTĘP

W kolejnym odcinku dotyczącym migotania przedsionków przybliżymy techniki ablacji usuwającej najczęstsze czynniki wyzwalające (*trigger*) migotanie przedsionków, jakimi są pobudzenia dodatkowe [pojedyncze lub serie, które odpowiednio długie stają się czynnikiem podtrzymującym (*driver*)] wywodzące się z żył płucnych [1–5]. Dotychczas zaproponowano wiele technik tej ablacji (część z nich ma jedynie znaczenie historyczne) (ryc. 1 – 7 [6–9]). Brak zdecydowanego lidera [10, 11] wskazuje na pewną niedoskonałość każdej z nich. Dlatego znaczenia nabiera indywidualny dobór metody ablacji dla konkretnego pacjenta [11]. Obecnie dobór ten ma jeszcze charakter subiektywny. Mimo to znajomość tych kryteriów może pozwolić na wysłanie konkretnego

pacjenta do ośrodka dysponującego preferowaną dla niego metodą, co może przełożyć się na większe bezpieczeństwo (bezpośrednie i odległe) i wyższą skuteczność tej formy leczenia.

DLACZEGO IZOLACJA ŻYŁ PŁUCNYCH?

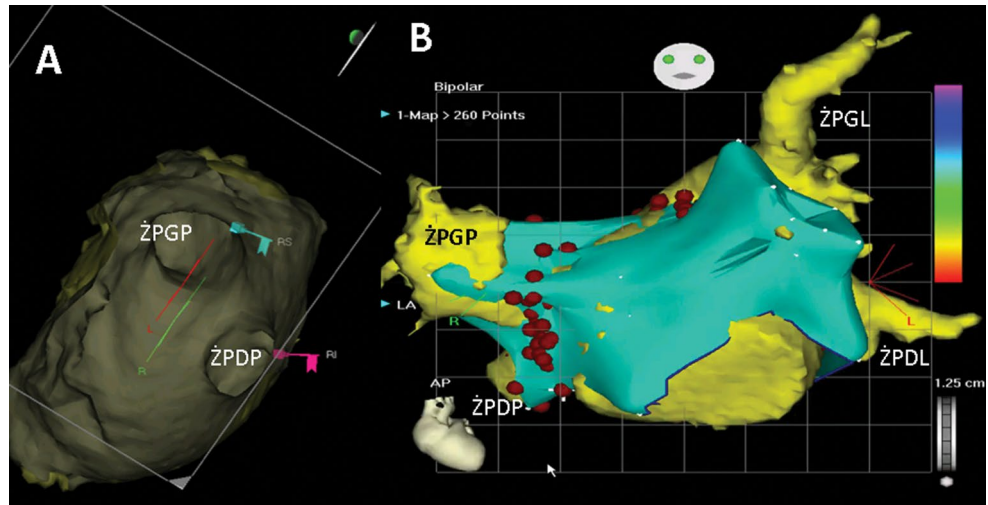
Historia sięga swymi najgłębszymi korzeniami roku 1874, kiedy Brunton i Fayer zaobserwowali u szczurów i kotów samodzielną pulsację żyły płucnej po ustaniu całego ruchu w jamach serca [12]. Kolejna odsłona nastąpiła po 59 latach, kiedy to Takino w pracy o skomplikowanym tytule „Badania porównawcze budowy histologicznej tętnic i żył płucnych, nerwów naczyniowych płuc i nerwów oskrzelowych u różnych gatunków, w szczególności stosunku nerwów naczyń krwionośnych do mięśni gładkich naczyń krwionośnych” [13] opisał

po raz pierwszy (co prawda u gryzoni) wnikanie tkanki mięśniowej lewego przedsionka do żył płucnych. Z pewnością nie zdawał sobie sprawy, jak duże konsekwencje kliniczne przyniesie to odkrycie po upływie kolejnych 60 lat. Spostrzeżenia te potwierdziło kilku badaczy zarówno na zwierzętach, jak i u ludzi [14–16]. Wykazano zgodność budowy strukturalnej tych „języczków mięśniowych” z tkanką mięśniową lewego przedsionka zarówno w mikroskopie świetlnym [17], jak i elektronowym [18]. W latach 70. ubiegłego wieku Spach i wsp. [18] oraz De Almeida i wsp. [19] wykazali (u zwierząt i u ludzi), że mięśniówkę tę można stymulować i aktywacja po stymulacji przewodzi się z żyły do przedsionka lub z przedsionka do żyły. W 1986 roku Masani wykazał w „języczkach mięśniowych” żył płucnych obecność komórek rozrusznikowych, morfologicznie identycznych z występującymi w węzle zatokowym [20, 21]. W 1997 roku Haissaguerre i wsp. [1] wykazali, że tkanka ta może być źródłem ektopii wyzwalającej migotanie przedsionków [1]. Wśród pierwszych 45 pacjentów wykazano 69 ognisk arytmogennych, z których tylko 3 znajdowały się poza żyłami płucnymi [2]. Trzy lata później w Polsce pierwszy zabieg izolacji żył płucnych w migotaniu przedsionków wykonali Walczak i wsp. [4].

METODY HISTORYCZNE — KORZENIE WSPÓŁCZESNEJ ELEKTROFIZJOLOGII

Początkowo ablacji poddawano ogniska arytmogenne w żyłach płucnych [2–4]. Ponieważ ablacja ognisk w żyłach wiąże się z dużym ryzykiem zwężenia żył płucnych [10, 22, 23], rozpoczęto ablację prowadzących do ognisk przepustów mięśniowych w ujściach żył płucnych (tzw. segmentarna izolacja żył płucnych) [24–26]. Polegała ona na tym, że wprowadzano elektrodę okrężną do kolejnych żył płucnych. Określano, gdzie jest na niej najwcześniejsza aktywacja i drugą elektrodą ablacyjną wykonywano tam ablację. Jeżeli potencjał w żyłę ustąpił, kończono „izolację”

żyły, jeżeli zmieniał sekwencję, kontynuowano zabieg aż do skutku. By zmniejszyć ekspozycję radiologiczną zaczęto stosować systemy elektroanatomiczne [27]. Alternatywę dla tej dość żmudnej (ale i oszczędzającej metody) zaproponował Pappone i wsp. [28]. Przy użyciu systemu elektroanatomicznego wykonywał mapę lewego przedsionka, zaznaczał ujścia żył płucnych i wykonywał aplikacje w lewym przedsionku wokół tych żył. Przez lata toczyły się (dość agresywne) debaty, która z metod jest lepsza. Metody ewoluowały ku sobie i na pewnym etapie spór stał się bezsensowny [10]. Według aktualnych wytycznych celem ablacji w migotaniu przedsionków jest izolacja żył płucnych potwierdzona elektrodą okrężną [10]. By zmniejszyć ekspozycję RTG, z założenia wykonuje się ją z użyciem systemów elektroanatomicznych. Metodą referencyjną było wykonanie mapy lewego przedsionka i proksymalnych odcinków żył płucnych za pomocą elektrody ablacyjnej. Następnie elektrodą ablacyjną punkt po punkcie wykonywano ablację wokół ujść żył płucnych [29, 30]. Izolację weryfikowano elektrodą okrężną. W razie utrzymywania się potencjałów poszukiwano przepustów w obrębie linii. Zabieg był bardzo czasochłonny i poszukiwano metod jego skrócenia. Pierwszą było wprowadzenie opcji „merge” (ryc. 1), która po zebraniu kilku kluczowych punktów pozwalała zaadoptować bryłę lewego przedsionka i żył płucnych uzyskaną w CT (*computed tomography*) lub NMR (*nuclear magnetic resonance*) [7]. Ponieważ objętość przedsionka zmienia się przy zmianie rytmu i przy zmianie stopnia nawodnienia pacjenta, a obraz wyjściowy uzyskiwany był w dniach poprzedzających w dalszej ewolucji metody, wprowadzono szybką mapę anatomiczną wykonywaną elektrodą wielopunktową [31], która w większości przypadków wyparła opcję „merge” (ryc. 2–6). Prawdziwą rewolucją stało się jednak wprowadzenie elektrod z kontrolą siły docisku [32]. Dzięki temu możliwe stało się wprowadzenie indeksów opartych na sile



Rycina 1. Ablacja – izolacja żył płucnych przy użyciu systemu CARTO z wykorzystaniem opcji „Merge”. Obecnie rzadko wykorzystywana (głównie, gdy chcemy zaadoptować do systemu obraz z NMR przedstawiający miejsca zwłóknienia). Popularna kiedyś metoda wyparta przez tzw. „szybką mapę anatomiczną”. A – widok od strony lewego przedsionka na ujścia prawych żył płucnych. Projekcja pozwalająca na dokładne zsynchronizowanie „pewnych” punktów mapy z systemem 3D z mapą uzyskaną w CT (punkty zgodne dla obydwu map oznaczone chorągiewkami). Na podstawie Pruszczyk i wsp.. Zmodyfikowane B – nałożenie map elektroanatomicznej (niebieska) z mapą uzyskaną z CT (żółta). Zarys mapy elektroanatomicznej służy wyznaczeniu punktów pewnych krytycznych dla właściwego ułożenia mapy uzyskanej z tomografii komputerowej (lub NMR). Dalsza część zabiegu przeprowadzana jest na podstawie mapy z CT/NMR. Brązowe kropki – miejsca poddane ablacji. ZPDL – żyła płucna dolna lewa; ZPDP – żyła płucna dolna prawa; ZPGL – żyła płucna górna lewa. ZPGP – żyła płucna górna prawa. A na podstawie [6, 7] zmodyfikowane

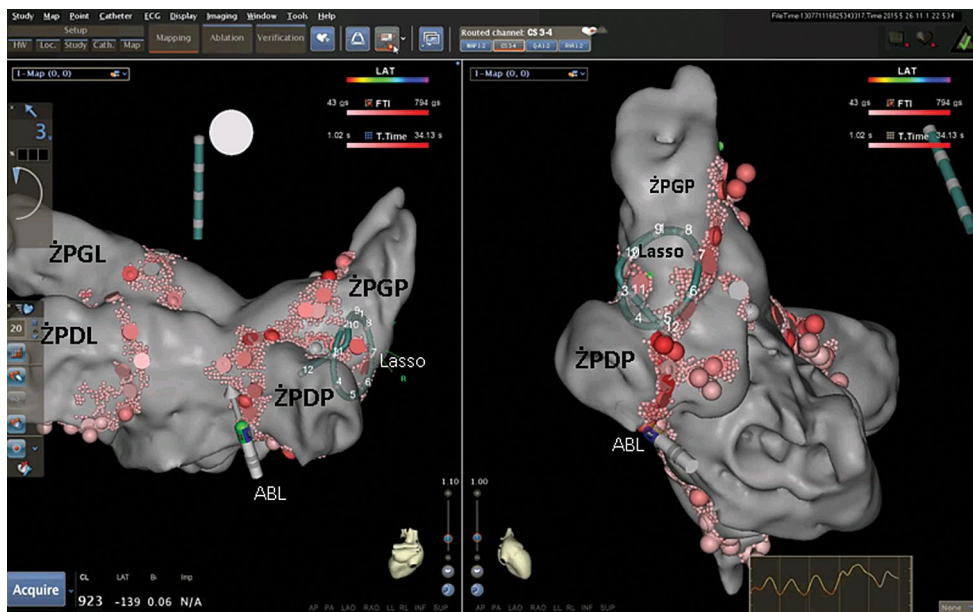
docisku, zastosowanej mocy i czasie aplikacji (ryc. 2–4) [33, 34]. Zoptymalizowało to czas aplikacji i zmniejszyło liczbę aplikacji nieskutecznych, skracając istotnie czas zabiegu i zwiększając jego bezpieczeństwo (zminimalizowano ryzyko „przeżrzenia tkanki”, które prowadzi do zjawiska *steam-pop*, czyli lokalnej eksplozji na granicy elektrody z tkanką, które jest głównym czynnikiem ryzyka tamponady serca) [35].

Od czasu wprowadzenia okrężnej elektrody mapującej Lasso zaczęto marzyć o analogicznej elektrodzie ablującej, która umożliwi wykonywanie ablacji od razu na całym obwodzie wokół żyły [36]. Wiele z proponowanych rozwiązań przeszło do historii, gdyż generowały zbyt wiele powikłań (przykłady na rycinie uzupełniającej w wersji on-line). Początkowo było to spowodowane dostarczaniem zbyt dużej ilości energii, co wiązało się z wykrzepianiem i powikłaniami udarowymi. Zmieniono elektrodę okrężną na „koszyczkową” z możliwością wyboru biegunów, z których wykonywano ablację. Niestety

zbyt sztywna konstrukcja cewnika sprzyjała przebicciu ściany przedsionka i tamponadzie serca. Dużą nadzieję dały okrężne elektrody chłodzone współpracujące z systemem CARTO. Początkowe doświadczenia z tymi elektrodami były obiecujące, zabiegi przebiegały sprawnie [37–40]. Jednak zmasowana duża ilość energii nawet w doświadczonych ośrodkach zwiększyła ilość rzadkiego, ale dramatycznego powikłania, jakim jest przetoka przedsionkowo-przelykowa i z tego powodu elektroda została wycofana [41, 42]. Trochę szkoda, bo w niektórych trudnych układach anatomicznych trudno ją zastąpić. Ale bezpieczeństwo zabiegu jest najważniejsze i należy szukać rozwiązań, które je zapewniają.

JAK WSPÓŁCZEŚNIE IZOLOWAĆ ŻYŁY PŁUCNE?

Najlepszą odpowiedzią na powyższe pytanie byłoby: bezpiecznie i skutecznie. Warto również dodać, że szybko i bez obciążenia radiologicznego. Ciężko uzyskać wszystkie powyższe cele. Dysponujemy licznymi



Rycina 2. Szybka mapa anatomiczna wykonana przy użyciu systemu CARTO 3. Izolacja żył płucnych wykonywana elektrodą z kontrolą siły docisku umożliwiającą użycie algorytmu FT1 (iloczyn siły docisku i czasu aplikacji), który został wyparty przez bardziej precyzyjny algorytm „ablation index”. Algorytm VisiTag pozwala na automatyczne zbieranie punktów przez system (uwzględniający rytm serca i fazę oddechową). Duże punkty – uśrednione położenie elektrody w czasie aplikacji, małe punkciki miejsca aplikacji w czasie rzeczywistym. Kolor punktów zależy od uzyskanych parametrów (granice dla kolorów podane na paskach wskaźnikowych powyżej mapy) Przy końcówce lektrody widoczna strzałka wskazująca kierunek największego docisku. W lewym górnym rogu informacja o aktualnej sile docisku elektrody do tkanki (w tym momencie 3g). Zabarwiona na zielono końcówka elektrody informuje, że elektroda jest w stanie pasywnym, w czasie ablacji zabarwi się na czerwono. Lewy panel – projekcja tylna, lewy zmodyfikowana projekcja boczna prawa. ABL – elektroda ablacyjna SmartTough, Lasso – elektroda LassoNav (umożliwiająca zrobienie mapy elektroanatomicznej i służąca do oceny skuteczności izolacji żył płucnych). W dolnej części prawego wykresu krzywa oddechowa z zaznaczonym na pomarańczowo okresie zbierania punktów na mapie). ZPGL – żyła płucna górna lewa; ZPGP – żyła płucna górna prawa; ZPDL – żyła płucna dolna lewa; ZPDP – żyła płucna dolna prawa

technologiami do izolacji żył płucnych (ryc. 3–7). Nie ma jednak róży bez kolców. Każda z technik posiada wady i zalety, które przedstawiono poniżej, zestawiając najważniejsze z nich w tabeli 1. Decydując o wyborze technologii dla indywidualnego pacjenta, należy uwzględnić, które wady i zalety poszczególnych technik mają dla niego najważniejsze znaczenie kliniczne. Podstawowe parametry zabiegów (czas zabiegu i czas skopii RTG) wykonywanych różnymi technikami w naszych ośrodkach w ostatnim czasie przedstawiono w tabeli 2.

Metoda klasyczna „punktowa” z użyciem systemu elektroanatomicznego

Aktualną metodą referencyjną jest ablacja punktowa z użyciem systemu

elektroanatomicznego za pomocą elektrody z kontrolą siły docisku umożliwiającą wykorzystanie indeksów optymalizujących czas poszczególnych aplikacji (ryc. 2, 3). W przypadku ablacji elektrodą z chłodzoną końcówką kompatybilną z systemem CARTO wykazano, że ciągłość linii wykonywanej z użyciem algorytmu *ablation index* jest zapewniona, jeżeli odległość między punktami nie przekracza 6 mm (tzw. protokół *close*) [43]. W tym zakresie im odległość jest większa, tym mniejsze ryzyko zbyt głębokiej penetracji energii (mniejsze ryzyko powikłań) i tym krótszy czas zabiegów (potrzeba mniejszej ilości aplikacji). W praktyce odległość między punktami zależy od stabilności elektrody, na którą największy wpływ ma współpraca pacjenta w zakresie unikania zbyt głębokiego oddychania



Rycina 3. Mapa potencjalowa na bazie szybkiej mapy anatomicznej prawego (zerowa przezierność) i lewego przedsionka (przezierność 45%) wykonane przy użyciu systemu CARTO. Kolor fioletowy – mięsień zdrowy, kolor czerwony – tkanka niepobudliwa (u tego pacjenta tylko w dystalnych częściach żył). Mapa prawego przedsionka wykonana celem przeprowadzenia elektrod do lewego przedsionka przez PFO bez użycia fluoroskopii. Izolacja żył płucnych wykonana z użyciem algorytmu „ablation index”. Białe punkty ablacyjne z wartością indeksu < 400, indeks 400–550 – punkty zabarwione na różowo, index > 550 – punkty zabarwione na czerwono. Na ścianie tylnej optymalna wartość indeksu to 400–450, na ścianie przedniej około 550. Spośród ablacji punktowych z użyciem systemu CARTO opcja obecnie najbardziej popularna. Lewy panel – projekcja górna, prawy – widok od przodu. LA – lewy przedsionek; LAA – uszko lewego przedsionka; RA – prawy przedsionek; VCI – żyła główna dolna; VCS – żyła główna górna; ZPGL – żyła płucna górna lewa; ZPGP – żyła płucna górna prawa; ZPDL – żyła płucna dolna lewa; ZPDP – żyła płucna dolna prawa

(u pacjentów niewspółpracujących w tym zakresie należy rozważyć zabieg w znieczuleniu ogólnym).

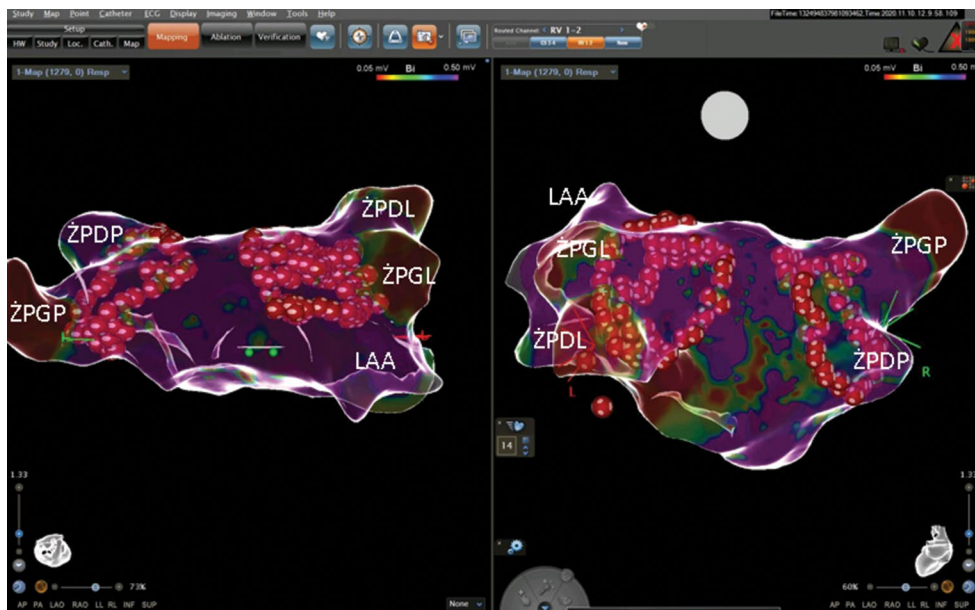
■ Metoda punktowa z użyciem wysokiej energii

Ablacja prądem częstotliwości radiowej (RF, *radiofrequency*) ma dwie fazy. W pierwszej fazie dochodzi do uszkodzenia ciepłem oporowym, którego głębokość jest proporcjonalna do ilości dostarczonej energii i przewidywalna. Po kilku sekundach aplikacji uszkodzenie dokonuje się na drodze konwekcji (przewodzenia ciepła), które jest zależne od wielu czynników i mniej przewidywalne [44]. Stąd zrodził się pomysł znacznego zwiększenia mocy i skrócenia czasu aplikacji. Paradoksalnie zmniejsza się ryzyko przegrzania tkanki, zjawiska *steam-pop* z następową tamponadą serca, zmniejsza się ryzyko uszkodzenia

narządów sąsiednich (np. rzadkiego, ale groźnego powikłania jakim jest przetoka przedsionkowo-przelykowa) [45]. Metoda ta skraca istotnie czas aplikacji, a zatem i czas cewnikowania lewego serca i całego zabiegu. Była ona prezentowana w jednym z poprzednich odcinków [46]. Szczegóły techniczne tych zabiegów przedstawiono ostatnio w innych publikacjach [8, 9].

Ablację o wysokiej energii definiuje jako wykonywaną mocą > 45W (wg niektórych autorów 50W) [47]. Zaliczyć tu można:

1. Ablacje z mocą 50W wykonywane przy użyciu systemu EnSite, gdzie czas aplikacji opiera się na wskaźniku LSI (wyliczanego z mocy, siły docisku i czasu trwania aplikacji) [48].
2. Ablacje z użyciem elektrody diamentowej, gdzie ilość dostarczanej mocy jest uzależniona od uzyskiwanej temperatury (nie ma



Rycina 4. Izolacja żył płucnych przy użyciu systemu CARTO i algorytmu Qdot+ (ablacja bardzo wysoką energią – aplikacje mocą 40W trwające 4 sek.). Miejsca aplikacji zaznaczone brązowymi kropkami (zbierane automatycznie przez system z korekta oddechowają). Mapa potencjalowa na bazie szybkiej mapy anatomicznej wykonanej elektrodą LassoNav. Kolor fioletowy odpowiada zdrowemu mięśniowi przedsionka. Celem lepszego zobrazowania struktur anatomicznych wykorzystano algorytm „glass” obrazujący obryst ścian przedsionka i żył płucnych. Celem lepszego uwidocznienia punktów ablacyjnych ustawiono przezierność mapy na 60%. LAA – uszko lewego przedsionka; ŻPGL – żyła płucna górna lewa; ŻPGP – żyła płucna górna prawa; ŻPDL – żyła płucna dolna lewa; ŻPDP – żyła płucna dolna prawa

tu czujnika siły docisku), a czas trwania aplikacji zależy od ustąpienia lokalnego potencjału na mikroelektrodach umieszczonych na dystalnej elektrodzie (ryc. 6) [9, 49].

3. Ablacje o bardzo wysokiej mocy (90W) i czasie trwania 4 sek. wykonywane pod kontrolą siły docisku i przy użyciu systemu CARTO (ryc. 4). Elektroda przeznaczona do tej metody, podobnie jak poprzednia, posiada mikroelektrody na elektrodzie dystalnej, które pozwalają śledzić zanikanie potencjału [8, 50].

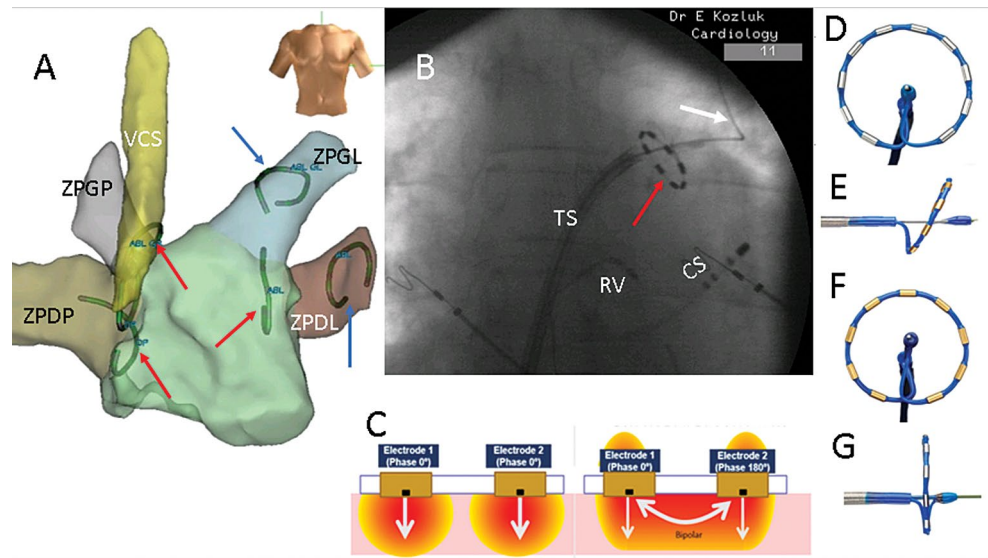
■ Metody ablacji okrężnej — single shot devices

Celem tych technik jest uproszczenie i skrócenie zabiegu dzięki znaczącej redukcji liczby aplikacji. Mieszczą się tu techniki z wykorzystaniem elektrod okrężnych (przy odpowiednio małej średnicy żyły płucnej teoretycznie można ją odizolować pojedynczą aplikacją,

choć w praktyce konieczne jest zwykle wykonanie kilku aplikacji w układzie „rozetki”) (ryc. 5) i techniki balonowe (balon zamyka żyłę płucną, ablacja dokonuje się w miejscu przylegania, czyli w ujściu żyły do przedsionka) (ryc. 7). Ze względu na największe rozpowszechnienie krioablacji balonowej zostanie ona omówiona oddzielnie.

■ Krioablacja balonowa

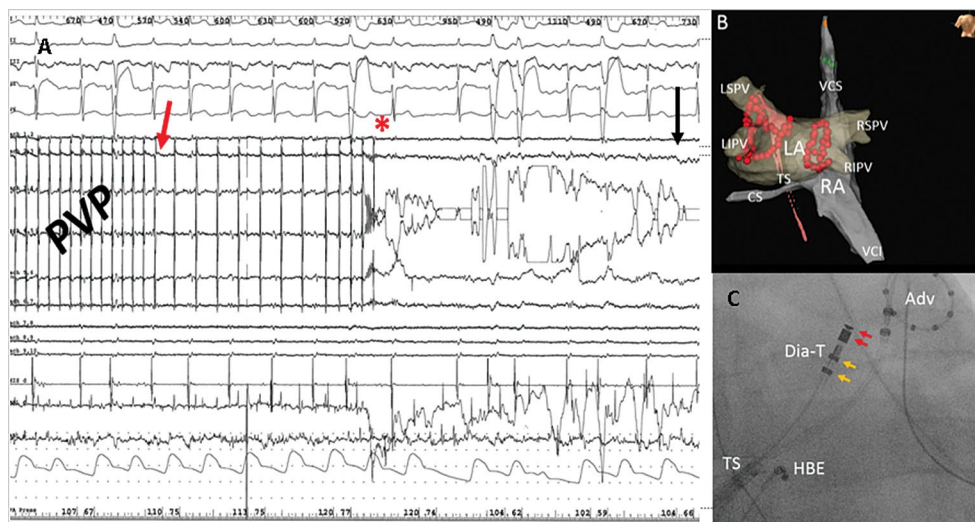
Jest to najprostsza technicznie (z najkrótszą krzywą uczenia) i najbezpieczniejsza z punktu widzenia istotnych powikłań (udar, tamponada serca, przetoka przedsionkowo-przełykowa) metoda izolacji żył płucnych. Czas trwania zabiegu jest przewidywalny i relatywnie krótki (tab. 2) [51–54]. Jej skuteczność jest nie mniejsza niż ablacji z ablacją RF przy użyciu elektrod punktowych [55]. Wynik badania porównującego krioablację do ablacji RF wykazał mniejszy ładunek migotania i związaną z tym poprawę jakości życia



Rycina 5. **A** – szybka mapa anatomiczna okolic żyły głównej górnej oraz lewego przedsionka wykonana elektrodą okrężną PVAC przy użyciu systemu Ensite. Izolacja żył płucnych przy użyciu okrężnej elektrody PVAC. Niebieska strzałka – położenie elektrody PVAC podczas rejestracji potencjałów żylnych (po izolacji w tym samym miejscu weryfikujemy brak tych potencjałów). Czerwone strzałki pokazują cień elektrody podczas przykładowych aplikacji dokonywanych jednocześnie na znacznej części obwodu żyły. Do pełnej izolacji potrzeba zazwyczaj kilki aplikacji. VCS – żyła główna górna; ZPGL – żyła płucna górna lewa; ZPGP – żyła płucna górna prawa; ZPDL – żyła płucna dolna lewa; ZPDP – żyła płucna dolna prawa. **B** – obraz RTG elektrody PVAC umieszczonej na zewnątrz ujścia żyły płucnej górnej lewej. Elektroda przemieszczana jest za miękkim liderem (zwiększa to bezpieczeństwo zabiegu, eliminując ryzyko przebicia ściany serca) oznaczonym białą strzałką. CS – czteropunktowa elektroda wprowadzona do zatoki wieńcowej; RV – elektroda wprowadzona do prawej komory; TS – koszulka transeptalna, przez którą wprowadzono elektrodę PVAC do lewego przedsionka. **C** – mechanizm łączenia ablacji jednobiegunowej i dwubiegunowej przy użyciu prądu wielofazowego. W przypadku zgodności faz aplikowanego prądu obserwujemy efekt ablacji jednobiegunowej (głębsza penetracja energii i głębsze uszkodzenie, dotyczy ono jednak obszaru nieco szerszego w rejonie kontaktu elektrody z tkanką (w środku pomiędzy elektrodami pozostaje obszar niedostatecznie uszkodzony, który może być przyczyną nawrotu przewodzenia żyłno-przedstonkowego). Przesunięcie faz powoduje, że część prądu przepływa pomiędzy elektrodami (składowa ablacji dwubiegunowej), powodując pełne uszkodzenie obszaru pomiędzy elektrodami. Ablacja dwubiegunowa jest płytsza od jednobiegunowej. Stąd połączenie tych efektów pozwala na optymalną głębokość uszkodzenia i zachowanie ciągłości linii. **D–G** – prezentacja elektrod PVAC pierwszej (**D**, **E**) i drugiej generacji (**F**, **G**). Elektrody pierwszej generacji były platynowe, składały się z 9 pierścieni, nachylenie katowe (20 stopni) miało za zadanie informować o sile docisku, była możliwość aplikacji pomiędzy elektrodą 1 a 9 (nierazko było to przyczyną przepięcia). Elektrody drugiej generacji są wykonane ze złota – zmniejszyło to ryzyko wykrępowania i powstawania niemych ognisk niedokrwiennych w mózgu, zwiększono liczbę pierścieni do 10 rezygnując z aplikacji pomiędzy elektrodą pierwszą i ostatnią (zmniejszając tym ryzyko zwarcia i związanych z tym powikłań zakrzepowo-zatorowych). Celem uzyskania bardziej równomiernego kontaktu zrezygnowano z nachylenia elektrody. O sile docisku informują parametry fizyczne podczas ablacji. **B** na podstawie [8], **C–G** materiały pozyskane od firmy Medtronic

u pacjentów poddanych krioablacji (badanie to nie uwzględniało jednak najnowszych technik ablacji RF) [56]. W porównaniu z technikami opartymi na prądzie RF metoda ta jest mniej bolesna [57]. Z powyższych powodów w wielu ośrodkach preferuje się ją u pacjentów poddawanych pierwszorazowemu (czasem również powtórnemu) zabiegowi izolacji żył płucnych [58]. Ograniczeniem metody jest rozmiar balonów, które muszą pasować do średnicy żył płucnych pacjenta

(zbyt szerokie żyły nie dają się zamknąć na całym obwodzie, co powoduje brak możliwości skutecznej ich izolacji). Zabieg nie dostarcza informacji o uszkodzeniu przedsionka ani nie ma możliwości jednoczesnej ablacji ognisk arytmogennych poza żyłami płucnymi. Jest to również metoda najbardziej obciążająca radiologicznie pacjenta i personel (nie jest zatem optymalna u pacjentów z podwyższonym ryzykiem onkologicznym) oraz wiąże się z koniecznością podawania kontrastu (nie jest



Rycina 6. Izolacja żył płucnych wykonywana diamentową elektrodą chłodzoną (DiamondTemp – Medtronic) przy użyciu wysokiej mocy (nominalnie 50W) z mocą aplikacji dostosowaną do uzyskanej temperatury (pod kontrolą temperatury). A – EKG i elektrogramy podczas przykładowej aplikacji: I-III, V1, V6 – odprowadzenia klasycznego EKG, Ach 1–2...9–10 zapisy z okężnej elektrody diagnostycznej Advisor (Abbott) umieszczonej w żyły płucnej. His – elektrogram z elektrody komorowej; Abl – elektrogramy z dystalnych i proksymalnych pierścieni elektrody ablacynnej. Na początku aplikacji obserwujemy potencjały żyłne (PVP) o dużej częstotliwości, które w czasie kilku sekund zwalniają (od czerwonej strzałki), by całkowicie ustąpić (czerwona gwiazdka – moment pełnej izolacji żyły). Czarna strzałka wskazuje koniec aplikacji w kilka sekund po ustąpieniu potencjałów żylnych (dodatkowe 3–6 sek. potrzebne do uzyskania trwałego efektu). B – szybka mapa anatomiczna prawego i lewego przedsionka wykonana przy użyciu systemu EnSite (Abbott) – projekcja tylna. Mapa prawego przedsionka umożliwiła zidentyfikowanie PFO, dzięki czemu można było wykonać zabieg bez użycia fluoroskopii (analogicznie jak u pacjenta na ryc. 4). Na podstawie mapy lewego przedsionka wykonano izolację żył płucnych (czerwone kropki – punkty ablacynne). Odległość pomiędzy punktami < 6 mm. CS – zatoka wieńcowa; LA – lewy przedsionek; LIPV – żyła płucna dolna lewa; LSPV – żyła płucna górna lewa; RA – prawy przedsionek; RIPV – żyła płucna dolna prawa; RSPV – żyła płucna górna prawa; VCI – żyła główna dolna; VCS – żyła główna górna. C – obraz RTG podczas izolacji żyły płucnej górnej lewej. Adv – okężna elektroda diagnostyczna Advisor rejestrująca potencjały z żyły płucnej górnej lewej; Dia-T – elektroda ablacynna DiamondTemp; HBE – elektroda w okolicach pęczka Hisa; TS – koszulka transeptalna. Za [9], zmodyfikowano

zatem optymalna dla pacjentów z chorobami tarczycy i niewydolnością nerek i jest przeciwwskazana u pacjentów z uczuleniem na kontrast). Ponieważ nie dostarcza ona również informacji o stopniu uszkodzenia przedsionka, nie pozwala identyfikować i poddawać ablacyn ognisk poza żyłami płucnymi. Autorzy niniejszej pracy w swoim ośrodku staramy się jej unikać podczas ponownej ablacyn u pacjentów z nawrotem migotania przedsionków.

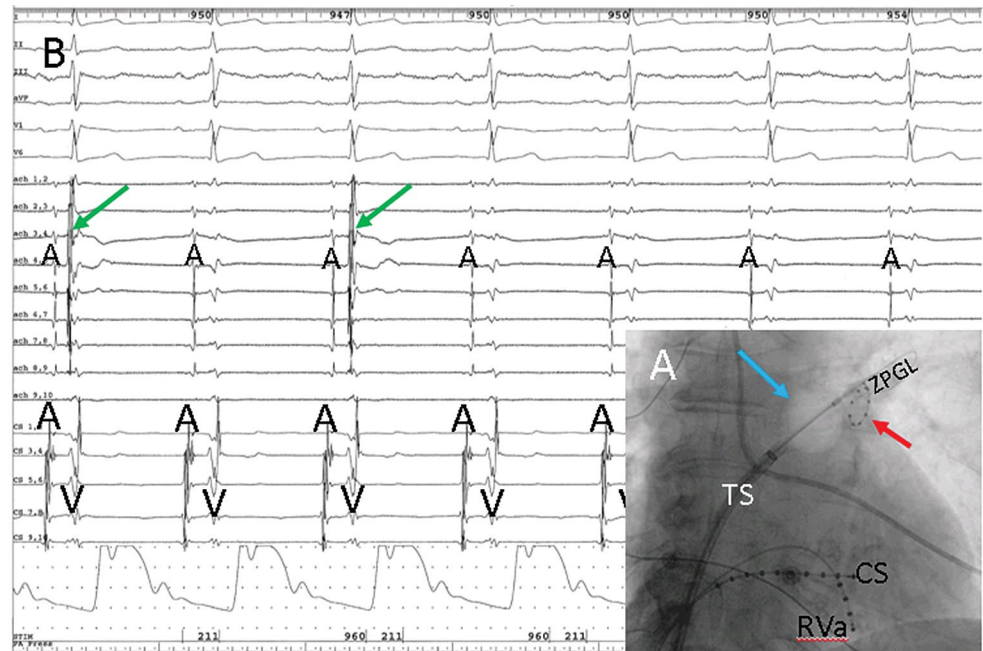
■ **Inne techniki balonowe (balony laserowe, balony RF, balony mikrofalowe)**

Są to technologie obecnie wdrażane (rycina uzupełniająca w wersji on-line). Głównym ograniczeniem jest tu również rozmiar balonu i jego relacja do średnicy żył płucnych. Brakuje dużych badań z randomizacją odnoszących

bezpieczeństwo tych zabiegów względem krioablacyn balonowej. Ze względu na dużo krótszy czas oddziaływania powodującego trwałą martwicę teoretycznie ryzyko powikłań może (choć nie musi) być podwyższone (szczególną ostrożność należy zachować by nie uszkodzić prawego nerwu przeponowego). Jest to kierunek godny uwagi ze względu na szanse znacznego skrócenia zabiegu. W części technologii można zrezygnować z podawania kontrastu (ocena przylegania dokonywana jest np. optycznie z wykorzystaniem światła ledowego i światłowodu).

■ **Elektrody okężne**

W tej grupie cewników próbę czasu przetrwała elektroda PVAC, która poprzez zastosowanie wielofazowego prądu RF pozwala na łączenie



Rycina 7. Izolacja żyły płucnej górnej lewej za pomocą krioablacji balonowej u opisywanej pacjentki. A – obraz z monitora RTG. Balon Arctic Front Advance (Medtronic) (niebieska strzałka) na całym obwodzie przylega do ujścia żyły (widoczne zaleganie kontrastu w żyłe). Skuteczność izolacji weryfikowana elektrodą okrężną wprowadzoną przez balon do żyły płucnej (czerwona strzałka). CS – dziesięciopunktowa elektroda umieszczona w zatoce wieńcowej; RVa – czteropunktowa elektroda umieszczona w okolicach wierzchołka prawej komory; TS – koszulka transeptalna; ZPGL – żyła płucna górna lewa. B – zapis EKG i elektrogramów wewnątrzsercowych podczas izolacji żyły. I–III, aVF, V1, V6 – odprowadzenia klasycznego EKG, ach 1–2...9–10 – elektrogramy dwubiegunowe z elektrody okrężnej w żyłe płucnej, CS 1–2...9–10 – elektrogramy z kolejnych par elektrod cewnika dziesięciopunktowego wprowadzonego do zatoki wieńcowej (1–2 – bieguny dystalne, położone najbardziej na lewo, 9–10 – bieguny proksymalne położone najbliższej ujścia zatoki wieńcowej). Poniżej krzywa ciśnieniowa z tętnicy promieniowej (warto zwrócić uwagę na fizjologiczne opóźnienie czynności mechanicznej względem czynności elektrycznej). Zielona strzałka pokazuje ustępujący potencjał żylny (w tej fazie krioaplikacji w początkowej części zapisu widoczne zwolnione przewodzenie przedsionkowo-żylne w co drugim pobudzeniu przedsionkowym, następnie całkowite ustąpienie potencjału w żyłe płucnej – obecne same załamki A). A – lokalna aktywacja przedsionkowa; V – lokalna aktywacja komorowa

w wybranych proporcjach ablacji jedno i dwubiegunowej (ryc. 5) [36, 40, 59, 60]. Elektroda wykonuje się kilka aplikacji „na rozetkę”, uzyskując ciągłą linię wokół żyły. Pojedyncza aplikacja ze względu na niską moc trwa do 60 sekund [36, 40, 59, 60]. Pozwala to znacznie skrócić zabieg, a w przypadku wykorzystania systemu 3D (nie jest to element obligatoryjny) również zmniejszyć obciążenie radiologiczne i obciążenie kontrastem (ryc. 5A) [40, 59]. Przy użyciu tej elektrody można również poddać ablacji ogniska poza żyłami płucnymi [60]. Ablacja przy użyciu tej technologii ma bardzo wysoką skuteczność przy umiarkowanym ryzyku powikłań [59, 60]. Wymaga ona większych dawek heparyny niż inne techniki

ablacji. Jest również bardziej bolesna dla pacjenta i wymaga podawania większych dawek leków przeciwbólowych [57] (alternatywą jest wykonywanie zabiegu w znieczuleniu ogólnym).

SPOJRZENIE W PRZYSZŁOŚĆ — ELEKTROPORACJA

Duże nadzieje wiąże się z wprowadzaną ostatnio metodą – elektroporacją [61]. Jej zasady przybliżono w jednym z ostatnich artykułów [46]. Pozwala ona wybiórczo uszkadzać tkankę mięśniową bez naruszania innych tkanek. Aplikacje nie wymagają bezpośredniego kontaktu z tkanką i trwają bardzo krótko. Powinno się to przekładać na wyższe bezpieczeństwo

Tabela 1. Wady i zalety współczesnych metod izolacji żył płucnych

Zalety	Wady
Ablacja punktowa z użyciem systemu 3D	
Znaczna redukcja fluoroskopii (nawet do zera) Ocena stopnia zwłóknienia przedsionka i położenia obszarów zwłókniałych Możliwość mapowania/ablacji ognisk pozażylnych i podłoża innych arytmii	Długi czas zabiegu Ryzyko steam-pop Zabieg trudny technicznie (długa krzywa uczenia operatora) Potrzebne dwa nakłucia transseptalne
Ablacja punktowa z użyciem wysokiej energii	
Znaczna redukcja fluoroskopii (nawet do zera) Ocena stopnia zwłóknienia przedsionka i położenia obszarów zwłókniałych Możliwość mapowania ognisk pozażylnych i podłoża innych arytmii	Umiarkowany czas zabiegu Niewielkie ryzyko steam-pop Zabieg trudny technicznie Potrzebne dwa nakłucia transseptalne
Ablacja elektrodą okrężną	
Znaczna redukcja fluoroskopii (nawet do zera) Możliwość mapowania/ablacji ognisk pozażylnych (nie wszystkich) Wystarczy jedno nakłucie transseptalne Krótki czas zabiegu	Ryzyko uszkodzenia n.przeponowego Niepewna ocena uszkodzenia lewego przedsionka Większa bolesność zabiegu Brak możliwości ablacji innych arytmii
Krioablacja balonowa	
Zwiększenie bezpieczeństwa zabiegu Duża prostota i powtarzalność zabiegu (krótka krzywa uczenia) Wystarczy jedno nakłucie transseptalne Krótki czas zabiegu Mała trombogenna obszar poddanego ablacji Mała bolesność aplikacji	Potrzebna optymalna anatomia Konieczność podawania kontrastu Duże obciążenie radiologiczne Duża średnica koszulki transseptalnej Brak możliwości ablacji ognisk pozażylnych i innych arytmii
Ablacja innymi balonami (RF, laser, HIFU)	
Krótki czas zabiegu Duża prostota i powtarzalność zabiegu Wystarczy jedno nakłucie transseptalne	Potrzebna optymalna anatomia Ryzyko uszkodzenia n.przeponowego Brak możliwości ablacji ognisk pozażylnych i innych arytmii

HIFU — high intensity focused ultrasound; RF — radiofrequency

i istotnie krótszy czas zabiegu. Ciężko przewidzieć, jak wpłynie to na skuteczność odległą. Wstępne dane wyglądają optymistycznie [61].

Opis przypadku 1

Pacjentka, lat 82, z uporczywie nawracającym migotaniem przedsionków, z objawami ocenianymi na 4 punkty w zmodyfikowanej skali *European Heart Rhythm Association* [10, 62]. W wywiadach ponadto występowało nadciśnienie tętnicze od wielu lat, dobrze kontrolowane farmakologicznie, dna moczynowa, niedoczynność tarczycy leczona substytucyjnie. Echo serca w granicach normy.

Prawidłowa funkcja nerek [eGFR (*estimated glomerular filtration rate*) 64 ml/min/1,73 m²]. Ze względu na wiek pacjentka zakwalifikowana wstępnie do krioablacji balonowej. Przed zabiegiem wykonano echo przezprzelykowe, wykluczając materiał zakrzepowo-zatorowy w obrębie lewego przedsionka. Na początku zabiegu stwierdzono rytm zatokowy. Znormalizowany współczynnik międzynarodowy (INR, *international normalized ratio*) wynosił 1,08 (pacjentka podczas leczenia apiksabaniem, ostatnia dawka podana 24 godziny przed zabiegiem). Zabieg wykonywano w osłonie heparyny pod kontrolą czasu krzepnięcia po

Tabela 2. Parametry zabiegowe (uzyskane w ostatnim czasie) dla różnych technologii służących do izolacji żył płucnych w ośrodkach autorów pracy

Rodzaj technologii	Czas zabiegu (min)	Czas skopii RTG (min)
Ablacja punktowa z klasyczną mocą	150 ± 36 (102–237)	6,7 ± 5,8 (0,0–24,37)
Ablacja punktowa z mocą do 50W pod kontrolą temperatury	186 ± 36 (135–263)	4,7 ± 5,3 (0,0–17,47)
Ablacja z bardzo wysoką mocą (90W)	132 ± 25 (87–202)	2,6 ± 2,2 (0,0–9,07)
Ablacja elektrodą okrężną z użyciem systemu 3D	104 ± 18 (75–140)	15,4 ± 6,6 (8,18–29,12)
Krioablacja balonowa (balony ArcticFrontAdv)	95 ± 28 (45–175)	15,2 ± 7,1 (4,4–29,35)
Krioablacja baonowa (balony PolarX)	94 ± 23 (45–150)	12,5 ± 4,4 (4,5–20,62)

aktywacji (docelowa wartość > 300 s). Do prawej żyły udowej wprowadzono 3 koszulki naczyniowe, następnie elektrody diagnostyczne do prawej komory i zatoki wieńcowej. Wyjściowe pomiary elektrofizjologiczne: P 164 ms, PR 221 ms, QRS 85 ms, CL 1061 ms. PAHbe 50 ms, AH 93 ms, HV 78 ms. PAcsd 73 ms. W badaniu elektrofizjologicznym nie stwierdzono przewodzenia wstecznego. Punkt Wenckebacha (maksymalne przewodzenie 1:1) 410 ms (146/min), okres refrakcji węzła przedsionkowo-komorowego 300 ms. Pod kontrolą ciśnienia w igle wykonano nakłucie transseptalne, przez które wprowadzono koszulkę transseptalną do lewego przedsionka. Wykonano angiografię żył płucnych, na podstawie której ostatecznie zakwalifikowano pacjentkę do krioablacji balonowej. Wymieniono koszulkę transseptalną na sterowalną. Wykonano zabieg krioablacji balonowej 4 żył płucnych (balon Arctic Front Advance PRO — Medtronic) (ryc. 7 i materiały uzupełniające). Szczelność przylegania balonu do żył płucnych weryfikowana kontrastem. Monitorowanie potencjałów żylnych i ich ustępowania wykonywano elektrodą Hachieve 20 mm (Hagmed). Podczas krioaplikacji w ujściu żyły płucnych prawych stosowano stymulację nerwu przeponowego (profilaktyka jego uszkodzenia). Ze względu

na późne ustępowanie PV w żyłach lewych wykonano ponowną ich ocenę i aplikację uzupełniającą w ZPGL. Stymulacyjnie potwierdzono blok wyjścia. Sumarycznie wykonano w ujściu żyły płucnej górnej lewej 2 krioaplikacje o czasie trwania 300 s i 240 s (temperatura minimalna –49, –43°C); potencjały żyłne ustąpiły w 100 s pierwszej krioaplikacji przy temperaturze –41°C (ryc. 7). W żyłę płucnej dolnej lewej wykonano 3 krioaplikacje trwające 300 s, 180 s i 300 s (temperatura minimalna za każdym razem –39°C). W 156 s pierwszej krioaplikacji (przy temperaturze –37°C) obserwowano czasowe ustąpienie potencjałów żylnych. Trwałe ustąpienie wystąpiło w 18 s (temperatura –31°C) trzeciej krioaplikacji. W żyłę płucnej dolnej prawej wykonano 2 krioaplikacje po 240 s (temperatura minimalna –47, –48°C) uzyskując trwałe ustąpienie potencjałów żylnych (potwierdzone dopiero po zakończeniu krioaplikacji). W ujściu żyły płucnej górnej prawej wykonano jedną krioaplikację trwającą 240 s (temperatura minimalna –49°C) uzyskując ustąpienie potencjałów żylnych w 71 s (–39°C), bezpośrednio po manewrze *pull down*. Wecho serca nie stwierdzono patologicznej ilości płynu w worku osierdziowym. W czasie zabiegu podano: Heparynę w dawce 13600 IU, Iomepron 38 ml, 300 ml 0,9%NaCl, 100 ml PWE, Paracetamol 1,0. Czas zabiegu wyniósł 85 minut, czas fluoroskopii 13 min 56 sek (dawka emitowana

Tabela 3. Dobór metody do pacjenta

Pacjent	Preferowane metody	Zabieg nieoptymalny
Pierwszy zabieg izolacji żył płucnych	Krioablacja balonowa	–
Pacjent starszy	Krioablacja balonowa	–
Pacjent z podwyższonym ryzykiem onkologicznym	Ablacja z użyciem systemu 3D (punktowa lub z elektrodą okrężną)	Krioablacja balonowa
Pacjent z niewydolnością nerek	Ablacja punktowa z wykorzystaniem wysokiej energii lub elektroda okrężna	Krioablacja balonowa
Pacjent z chorobami tarczycy	Ablacja z użyciem systemu 3D (punktowa lub z elektrodą okrężną)	Krioablacja balonowa
Ponowny zabieg w migotaniu przedsionków	Ablacja z użyciem systemu 3D i elektrody punktowej	Krioablacja balonowa
Zapinka w uszku lewego przedsionka	Okrężna elektroda wielopunktowa	Krioablacja balonowa
Zapinka w obrębie przegrody międzyprzedsionkowej	Okrężna elektroda wielopunktowa lub krioablacja balonowa	Ablacja z użyciem elektrody punktowej
Sztuczna zastawka mitralna	Krioablacja balonowa	–
Złożone arytmie przedsionkowe (bez i po wcześniejszej izolacji żył płucnych)	Ablacja z użyciem systemu 3D i elektrody punktowej	Krioablacja balonowa
Duża wrażliwość bólowa lub ograniczona współpraca pacjenta	Krioablacja balonowa lub zabieg w znieczuleniu ogólnym	Okrężna elektroda wielopunktowa
Pacjent z podwyższonym ryzykiem wykrzepiania lub echogenną krwią	Krioablacja balonowa	Okrężna elektroda wielopunktowa
Nietypowa anatomia	Ablacja z użyciem systemu 3D (punktowa lub z elektrodą okrężną)	Krioablacja balonowa
Nieskuteczne zabiegi ablacji metodami klasycznymi	Zabieg hybrydowy (endo-/epikardialny)	
Ablacja chirurgiczna	Krioablacja balonowa	
Operacja serca (szczególnie rekonstrukcji zastawki mitralnej, pomostowania tętnic wieńcowych) u pacjenta z migotaniem przedsionków	Chirurgiczna izolacja żył płucnych	
Udokumentowane ogniska poza żyłami płucnymi lub obszary zwłóknień przedsionka w diagnostyce obrazowej	Ablacja punktowa z użyciem systemu 3D	Krioablacja balonowa

Zielone tło oznacza technologie o najkorzystniejszym profilu parametru dla danej metody, czerwone — najmniej korzystne

206,31 mGy), sumaryczny czas 8 krioapliacji 34 min 30 sek. Po zabiegu utrzymywał się rytm zatokowy 60/min. RR 140/65 mm Hg. Następnego dnia utrzymywał się rytm zatokowy. W echo serca nie było patologicznej ilości płynu w worku osierdziowym. Miejsca wkłuć goiły się prawidłowo, nie stwierdzono w ich okolicy szmerów patologicznych. Pacjentka w stanie ogólnym dobrym została wypisana do domu. Utrzymano

leczenie apiksabanem 2 x 2,5 mg, indapamidem 1 x 1,5 mg, walsartanem 2 x 80 mg, metoprololem 1 x 25 mg, omeprazolem 1 x 20 mg, allopurinolem 1 x 300 mg, Euthyroxem 1 x 75 ug. Zalecono wykonanie monitorowania EKG metodą Holtera po 3, 6, 9 i 12 miesiącach po zabiegu oraz wykonanie zapisu EKG w przypadku wystąpienia kołatania serca. W czasie 2 miesięcy obserwacji pacjentka jest wolna od arytmii.

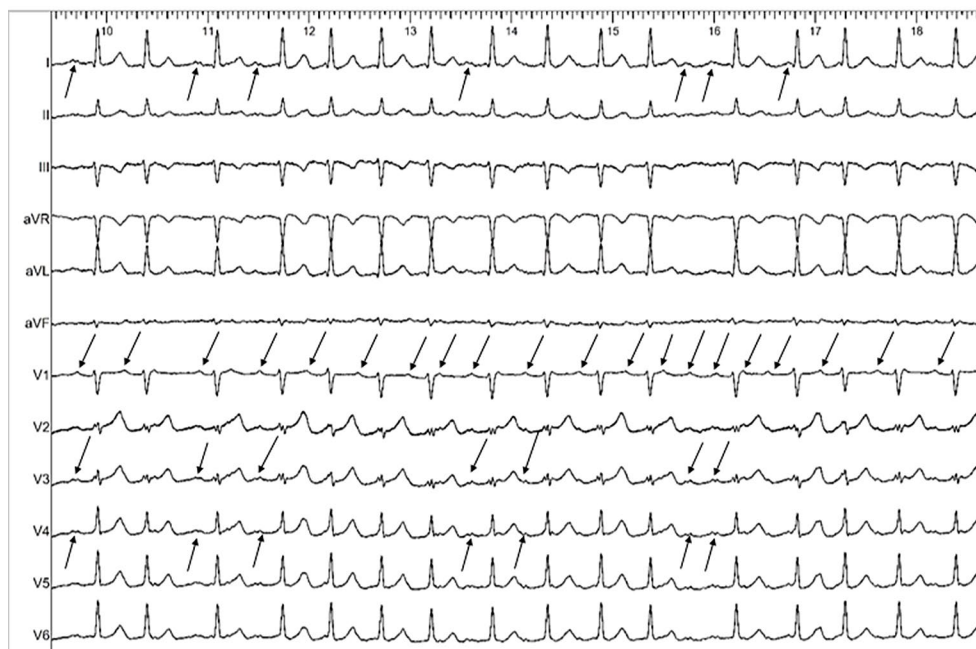
■ Przypadek kliniczny 2

Pacjent, lat 61, z ustawicznym migotaniem, trzepotaniem przedsionków i częstoskurczem przedsionkowym powodującymi duszność wysiłkową. W monitorowaniu EKG metodą Holtera stwierdzono dominujące migotanie i trzepotanie przedsionków z częstością rytmu komór 46–145/min, średnio 83/min ze wstawkami rytmu zatokowego z tendencją do bradykardii. W czasie wstawek rytmu zatokowego liczna ekstrasystolia przedsionkowa z szybkim nawrotem migotania przedsionków (tzw. ogniskowe migotanie przedsionków). W echo serca nie stwierdzono istotnych odchyleń od stanu prawidłowego. Pacjent obciążony otyłością [wskaźnik masy ciała (BMI, *body mass index*) 40], nadciśnieniem tętniczym nie w pełni kontrolowanym farmakologicznie, cukrzycą typu 2 leczoną doustnie samaglutynem w zastrzykach podskórnych, hipercholesterolemią. W skali CHA₂DS₂-VASc pacjent uzyskał 2 punkty, co oznacza roczne ryzyko udaru na poziomie 2,2% i wszystkich powikłań zakrzepowo-zatorowych 2,9%. Z tego względu zgodnie z aktualnymi wytycznymi pacjent ma wskazania do antykoagulacji. Pacjent leczony warfaryną. Pacjent został zakwalifikowany do ablacji — izolacji żył płucnych. W dniu zabiegu INR 1,9 — zabieg wykonywano bez odstawiania antykoagulacji. Wykonano echo przezprzełykowe, w którym wykluczono materiał zakrzepowo-zatorowy w lewym przedsionku oraz cechy przetrwały otwór owalny (PFO, *patent foramen ovale*). Na początku zabiegu stwierdzono ustawiczny, szybki częstoskurcz przedsionkowy o zmiennym cyklu przewodzony do komór ze zmiennym stopniem bloku (ryc. 8), z okresowymi wstawkami RS (ryc. 9). Po wprowadzeniu elektrody do zatoki wieńcowej, na podstawie elektrogramów wewnątrzsercowych potwierdzono powyższe rozpoznanie (ryc. 10 i uzup.). Przez PFO wprowadzono koszulkę transseptalną, przez którą wykonano angiografię lewego przedsionka i żył płucnych kwalifikując pacjenta do krioablacji balonowej. Wymieniono koszulkę

na sterowalną, przez którą wprowadzono balon Polarx z elektrodą mapującą PolarMap (Boston Scientific). Wykonano krioablację balonową żyły płucnej górnej lewej. Przyleganie balonu zweryfikowano kontrastem. Skuteczność krioaplikacji weryfikowano elektrodą PolarMap wprowadzoną poprzez balon do żyły płucnej. Od początku krioaplikacji obserwowano stopniowe zwalnianie arytmii, następnie stabilne jej ustąpienie (ryc. 11). Krioaplikację zakończono w 180 s z powodu osiągnięcia minimalnej temperatury –69C. Po zakończeniu krioablacji utrzymywał się stabilny rytm zatokowy 85/min. Podano 12 i 18 mg adenozyliny nie ujawniając ektopii przedsionkowej. Wykonano badanie elektrofizjologiczne serca. Nie stwierdzono cech przewodzenia wstecznego. Stymulacją stopniowaną (mat. uzup.), programowaną i szybką od zatoki wieńcowej nie wyzwalano przedsionkowych zaburzeń rytmu. Wobec potwierzonego wybitnie ogniskowego charakteru arytmii wywodzącej się z żyły płucnej górnej lewej zakończono zabieg na tym etapie. Nie bez znaczenia w tej decyzji było BMI pacjenta, z którym wiąże się wysoka ekspozycja na promieniowanie jonizujące. W kontrolnym echo serca nie stwierdzono patologicznej ilości płynu w worku osierdziowym. Ze względu na długi czas ACT podano 100 mg siarczanu protaminy. Czas zabiegu wyniósł 45 min, czas fluoroskopii 4 min 27 s. Pacjentowi zalecono redukcję masy ciała, zintensyfikowano leczenie hipotensyjne. W dniu następnym utrzymywał się rytm zatokowy (ryc. 12). Pacjent w stanie ogólnym dobrym został wypisany do domu. W czasie dwumiesięcznej obserwacji pacjent jest wolny od istotnej arytmii przedsionkowej.

■ Omówienie

Obecne wytyczne zaznaczają, że wiek nie może być kryterium decydującym o kwalifikacji do ablacji [10]. Oczywiście, wraz z wiekiem rośnie liczba innych obciążeń, które sprawiają, że zabieg jest rzadko wykonywany u pacjentów po 80. roku życia. Wykazano, że podeszły



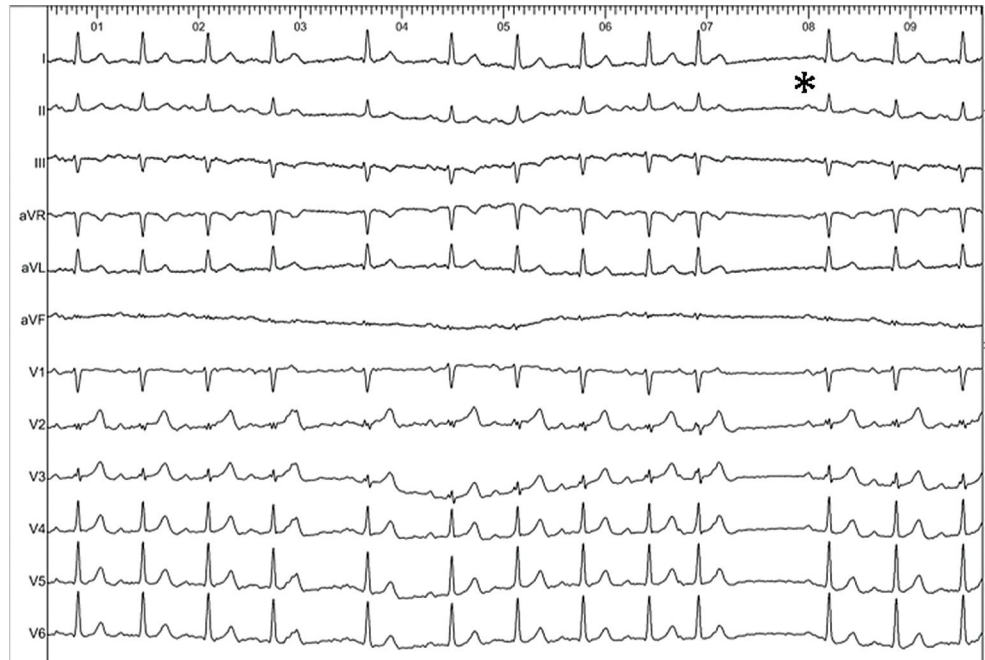
Rycina 8. Wyjściowe EKG drugiego pacjenta. Pacjent kierowany z rozpoznaniem przetrwałego migotania przedsionków. Przy dokładnej analizie widoczne są załamki P (przykładowe zaznaczone strzałkami) o cyklu 258 ms (232/min) pozwalające w tym zapisie rozpoznać częstoskurcz przedsionkowy ze zmiennym blokiem przewodzenia (nie wyklucza to wyzwalanych tym częstoskurczem epizodów migotania przedsionków). W okresach przyspieszonego rytmu komór załamki P są ukryte w zespołach QRS i załawkach T, co sprzyja rozpoznaniu migotania przedsionków. Również długotrwały zapis EKG z jednego lub trzech odprowadzeń może sugerować napady migotania przedsionków. Z drugiej strony pacjenci z arytmia ogniskową z żyły płucnej mogą prezentować pełne spektrum od licznych pobudzeń dodatkowych, przez ich serie, częstoskurcz przedsionkowy, atypowe trzepotanie przedsionków i migotanie przedsionków. Wobec powyższych wątpliwości rozpoznanie ogniskowego migotania przedsionków i konsekwentne leczenie przeciwkrzepliwie nie jest błędem

wiek koreluje z większym ryzykiem powikłań i mniejszą skutecznością zabiegu [63]. Opisywana pacjentka była w dobrym stanie biologicznym i miała niewiele obciążeń. W skali CHA₂DS₂-VasC miała co prawda 4 pkt, ale 2 z nich wynikały z wieku, a 1 z płci. Ze względu na wiek i związane z tym wyższe ryzyko powikłań preferowaliśmy u naszej pacjentki krioablację balonową. Warunki anatomiczne na to pozwoliły i udało się z dobrym skutkiem wykonać zaplanowany zabieg.

Drugi pacjent należy do rodzyneków z jednoogniskowym migotaniem przedsionków. Jest to grupa bardzo nieliczna, w której bardzo silna aktywność jednego ogniska daje obraz kliniczny złożonych arytmii przedsionkowych. Usunięcie tego ogniska lub lepiej, jego pełna izolacja eliminuje uporczywe arytmie przedsionkowe. Po wykluczeniu innych ognisk za pomocą stymulacji

i prowokacji farmakologicznej zakończyliśmy zabieg. Ponieważ arytmia wiązała się z bardzo ograniczoną tolerancją wysiłkowa, sprzyjała ona rozwojowi otyłości i mocno utrudniała redukcję masy ciała, do której pacjent zobowiązał się po ablacji. Otyłość należy do odwracalnych czynników zwiększających ryzyko nawrotu migotania przedsionków po ablacji i wytyczne nakazują namawianie pacjentów do normalizacji masy ciała [10]. Również obciążenie radiologiczne podczas zabiegu u pacjentów otyłych jest dużo większe [10]. Niestety, w polskiej populacji pacjentów z migotaniem przedsionków obserwujemy istotny wzrost odsetka pacjentów z otyłością. Walka z otyłością wydaje się kluczowym wyzwaniem w tej grupie chorych.

Prezentujemy zabiegi krioablacji balonowej wykonanej z użyciem różnych balonów. Balony Arctic Front w związku ze zwiększonym



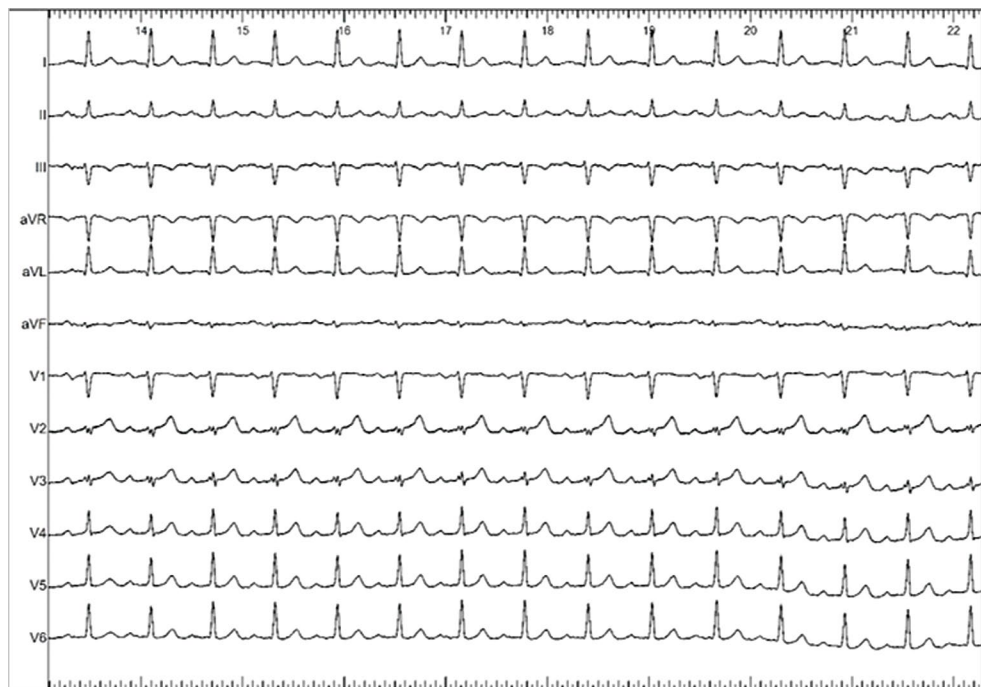
Rycina 9. Niespodzianka w ciągłym zapisie EKG – okresowe ustępowanie arytmii ze wstawkami rytmu zatokowego. W prezentowanym zapisie (oznaczone gwiazdką) pojedyncze pobudzenie zatokowe (zmiana rozpoznania arytmii z przetrwałej na ustawiczną, tj. taką, która stanowi > 50% rytmu dobowego). Pozostała część zapisu analogiczna do prezentowanej na rycinie 8



Rycina 10. Zapis EKG (I, V1, V6) i elektrogramów (CS – zatoka wieńcowa, RV – wierzchołek prawej komory, PolarMap 1–2...7–8 elektrogramu z okężnej elektrody mapującej umieszczonej w żyły płucnej górnej lewej, na dole – zapis ciśnienia mierzonego w tętnicy promieniowej). Przy dłuższym zapisie widać zmienność rytmu częstoskurczu. W środkowej części zapisu ustąpienie częstoskurczu (gwiazdka). Następnie dwa pobudzenia zatokowe (pierwsze należy różnicować z pobudzeniem przedsionkowym wzbudzonym wstecznym przewodzeniem pobudzenia komorowego, jednak brak przewodzenia wstecznego po ablacji pozwala rozpoznać pobudzenie zatokowe). Następnie ponowny nawrót częstoskurczu. (dwie gwiazdki). W zapisie widoczne 3 pobudzenia komorowe z szerokimi zespolami QRS (oznaczone strzałkami). Jest to ekstrasystolia komorowa wzbudzona mechanicznie elektrodą wprowadzoną do wierzchołka prawej komory



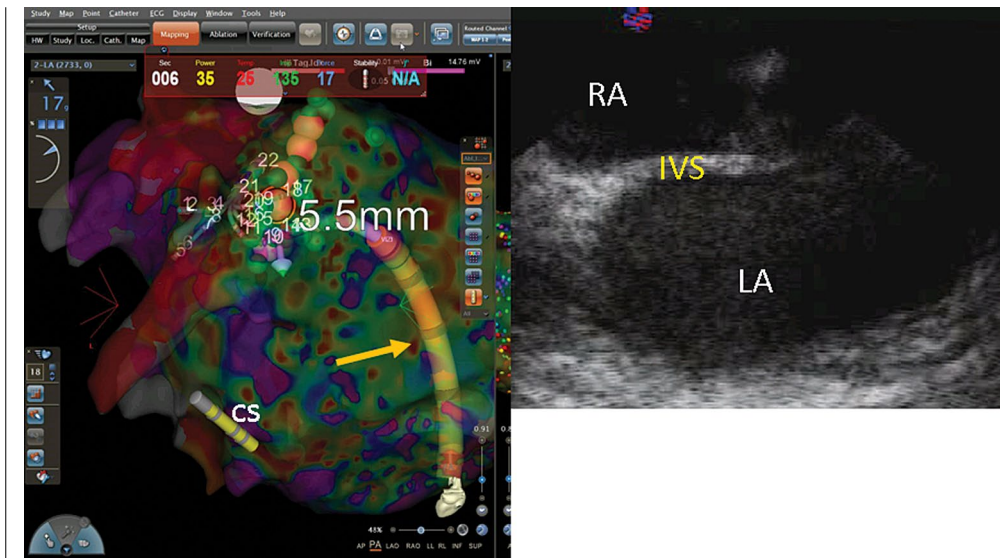
Rycina 11. Zapis EKG i elektrogramów podczas krioablacji w ujściu żyły płucnej górnej lewej. Strzałką oznaczono powrót stabilnego rytmu zatokowego. Izolacja żyły spowodowała trwałe ustąpienie arytmii przedsionkowej



Rycina 12. EKG po zabiegu ablacji. Stabilny rytm zatokowy 80/min

przepływem gazu podczas krioablacji zwiększają swoją objętość. Z jednej strony powoduje to doszczelnienie przylegania balonu, z drugiej sprzyja jego wypadaniu z niektórych żył (efekt zależy od morfologii ujścia żyły).

Balony PolarX nie wykazują tego efektu, co w zależności od sytuacji może być zarówno zaletą, jak i wadą. W obydwu technologiach pomiar temperatury dokonywany jest nieco inaczej i informacje te są nieporównywalne.



Rycina 13. Dodatkowe technologie pozwalające na dalszą redukcję fluoroskopii lub pozwalające zwiększyć odsetek zabiegów bez użycia fluoroskopii. A –koszulka transseptalna Visigo widoczna w systemie CARTO (pomarańczowa strzałka). Widoczne różowe punkty ablacyjne informujące o wartości współczynnika ablation index (na ścianie tylnej wartość współczynnika wynosi około 400–450). Zabieg wykonywany z użyciem popularnego obecnie protokołu close (odstęp pomiędzy punktami < 6 mm gwarantujący ciągłość linii). Końcówka elektrody ablacyjnej wysuniętej nieco z koszulki przysłonięta informacją o jej odległości od ostatniego punktu. W żyłę płucną widoczna 20-punktowa elektroda mapująca PentaRay (posiadająca 5 ramion, na każdym z nich 4 pierścienie – dokładniej opisana w jednym z poprzednich artykułów [...]). CS – diagnostyczna elektroda czteropunktowa w zatoce wieńcowej (marker anatomiczny dolnego bieguna zastawki mitralnej). B – nakłucie transseptalne wykonywane pod kontrolą echokardiografii wewnątrzsercowej. Widoczny „namiot” z przegrody międzyprzedsionkowej spowodowany dociskiem igły transseptalnej. IVS – przegroda międzyprzedsionkowa; LA – lewy przedsionek; RA – prawy przedsionek

Generalnie pomiar temperatury informuje nas głównie o okluzji balonu a nie o rzeczywistej temperaturze w miejscu kontaktu balonu z tkanką. W tych samych warunkach pomiary w balonie PolarX są mniej więcej o 10 stopni Celsjusza niższe niż w balonach ArcticFront. Kluczowe dla izolacji jest ustępowanie potencjałów żylnych w czasie krioabłacji (im wcześniejsze tym lepiej). Ze względu na późne ustępowanie tych potencjałów u pierwszej pacjentki wykonywano tam dodatkowe krioaplikacje.

PODSUMOWANIE

Istnieje wiele narzędzi do wykonania izolacji żył płucnych. Wybór optymalnego sposobu dla indywidualnego pacjenta wymaga poznania anatomii oraz uwzględnienia chorób towarzyszących (sugestie dotyczące poszczególnych technologii u różnych pacjentów zestawiono w tab. 3). Warto rozważyć technologie dodatkowo redukujące obciążenie radiologiczne

pacjenta (przykłady na ryc. 13) [64]. Należy do nich echokardiografia wewnątrzsercowa [65–70] (jej głównym ograniczeniem w Polsce jest brak refundacji, a znacznie podnosi ona koszt zabiegu) czy w przypadku planowania izolacji obszarów zwłóknienia w lewym przedsionku wcześniejsze wykonanie NMR i wykorzystanie opcji MERGE w systemie. Ideałem byłoby wykonywanie NMR u każdego pacjenta. Pozwoliłoby to na wcześniejszą ocenę anatomii i stopnia uszkodzenia lewego przedsionka (co przekłada się na skuteczność zabiegu) [71], jednak kosztochłonność i dostępność tego badania sprawiają, że wykonywane jest u chorych, gdzie ocena zwłóknienia ma znaczenie kluczowe (pacjenci starsi, z długotrwałym przetrwałym migotaniem przedsionków, z licznymi obciążeniami) [72]. Warto tu również wspomnieć o koszulce transseptalnej widocznej w systemie 3D o której pisaliśmy we wcześniejszych artykułach [73, 74].

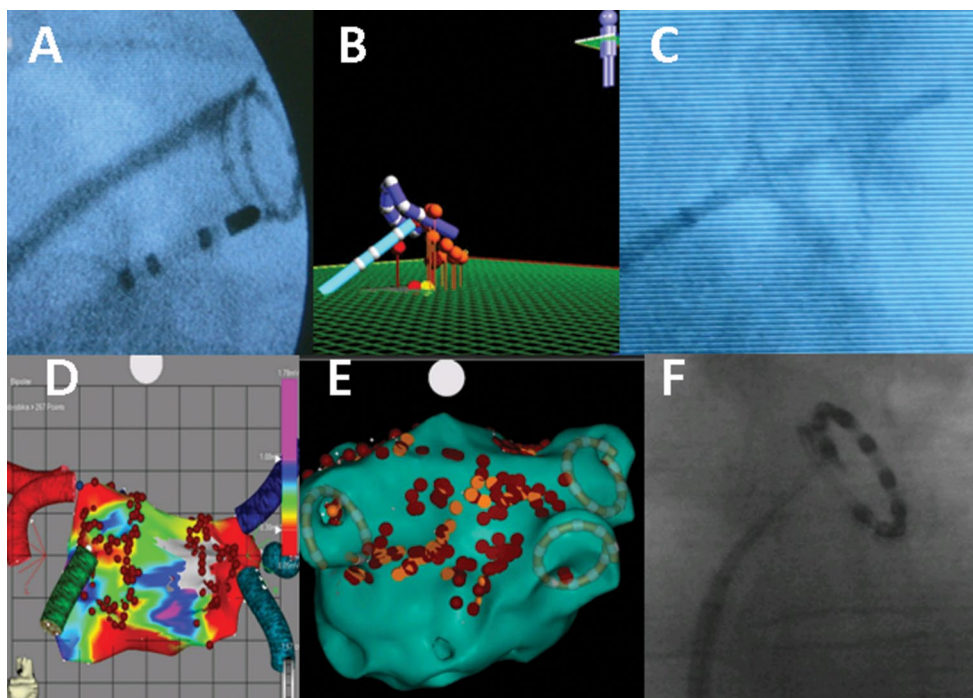
PIŚMIENNICTWO

4. Haïssaguerre M, Jais P, Shah D, Lavergne T, Takahashi A, Barold S, Clememy J: Predominant origin of atrial arrhythmia triggers in the pulmonary veins: A distinct electrophysiologic entity. *PACE* 1997;20 part II:1065.
5. Jais P, Haïssaguerre M, Shah DC, et al. A focal source of atrial fibrillation treated by discrete radiofrequency ablation. *Circulation*. 1997; 95(3): 572–576, doi: [10.1161/01.cir.95.3.572](https://doi.org/10.1161/01.cir.95.3.572), indexed in Pubmed: [9024141](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9024141/).
6. Haïssaguerre 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(10): 659–666, doi: [10.1056/NEJM199809033391003](https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003), indexed in Pubmed: [9725923](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9725923/).
7. Walczak F, Szuffladowicz E, Baranowski R, et al. Żyła płucna punktem wyjścia migotania przedsionków. *Kardiologia Pol.* 2000; 52: 475–478.
8. Koźluk E, Łodziński P, Piątkowska A, et al. Ogniskowe migotanie przedsionków – gaszenie ognisk prądem o częstotliwości radiowej. *Kardiologia po Dyplomie*. 2003; 2: 72–77.
9. Koźluk E, Opolski G. Migotanie przedsionków. In: Pruszczyk P, Opolski G, Hryniewiecki T, Drożdż J. ed. *Wielka Interna. Kardiologia z elementami angiologii*. Cz. II. *Medical Tribune Polska* 2010: 118–142.
10. Koźluk E, Kowalska M, Kiliśzek M, et al. Opcja MERGE – parę słów o integracji obrazu. *Kardiologia po Dyplomie*. 2009; 8(8): 28–33.
11. Koźluk E, Piątkowska A, Rodkiewicz D, et al. High-power and short-duration ablation with the Qdot+ algorithm for pulmonary vein isolation and the right superior ganglion plexus ablation without fluoroscopy. *European Journal of Translational and Clinical Medicine*. 2021; 4(2): 10–17, doi: [10.31373/ejtc/137485](https://doi.org/10.31373/ejtc/137485).
12. Koźluk E, Piątkowska A, Rodkiewicz D, et al. Irrigated DiamondTemp catheter and return to ablation under temperature control. First Polish experience with DiamondTemp catheter in pulmonary vein isolation. *European Journal of Translational and Clinical Medicine*. 2021; 4(2): 44–51, doi: [10.31373/ejtc/136234](https://doi.org/10.31373/ejtc/136234).
13. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26(9): 4701, doi: [10.15829/1560-4071-2021-4701](https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4701).
14. Koźluk E, Zyśko D, Piątkowska A, et al. Effectiveness comparison of various atrial fibrillation ablation methods in patients with common venous trunk. *Adv Clin Exp Med*. 2019; 28(4): 461–467, doi: [10.17219/acem/78157](https://doi.org/10.17219/acem/78157), indexed in Pubmed: [30088700](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30088700/).
15. Brunton TS, Fayrer J. Note on independent pulsation of the pulmonary veins and vena cava. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1874; B25: 174-176.
16. Takino M. Vergleichende Studien über die histologische Struktur der Arterae und Venae pulmonales, die Blutgefässnerven der Lunge und die Nerven der Bronchien bei verschiedenen Tierarten, besonders über die Beziehung der Blutgefässnerven zu den glatten Muskeln der Blutgefäße. *Acta Scholae medicinalis Universitatis in Kioto*. 1933; 15: 321–354.
17. Mukai T. Beitrage zur Kenntnis der Morfologie des Venensystems. *Keijo Journal of Medicine*. 1941; 11: 177–200.
18. Kramer AW, Marks LS. The occurrence of cardiac muscle in the pulmonary veins of Rodenita. *J Morphol*. 1965; 117(2): 135–149, doi: [10.1002/jmor.1051170202](https://doi.org/10.1002/jmor.1051170202), indexed in Pubmed: [5893610](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5893610/).
19. Nathan H, Gloobe H. Myocardial atrio-venous junctions and extensions (sleeves) over the pulmonary and caval veins. Anatomical observations in various mammals. *Thorax*. 1970; 25(3): 317–324, doi: [10.1136/thx.25.3.317](https://doi.org/10.1136/thx.25.3.317), indexed in Pubmed: [5452285](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5452285/).
20. Karrer HE. The striated musculature of blood vessels. I. General cell morphology. *J Biophys Biochem Cytol*. 1959; 6: 383–392, doi: [10.1083/jcb.6.3.383](https://doi.org/10.1083/jcb.6.3.383), indexed in Pubmed: [14404587](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14404587/).
21. Policar A, Collet A, Pregermain S. La gaine myocarique des veines intrapulmonaires etudiee chez la rat au microscope electronique. *Bulletin de microscopie appliquee*. 1959; 9: 5–9.
22. Spach M, Barr R, Jewett P. Spread of excitation from the atrium into thoracic veins in human beings and dogs. *The American Journal of Cardiology*. 1972; 30(8): 844–854, doi: [10.1016/0002-9149\(72\)90009-4](https://doi.org/10.1016/0002-9149(72)90009-4).
23. Paes de Almeida O, Bohm CM, de Paula Carvalho M, et al. The cardiac muscle in the pulmonary vein of the rat: a morphological and electrophysiological study. *J Morphol*. 1975; 145(4): 409–433, doi: [10.1002/jmor.1051450403](https://doi.org/10.1002/jmor.1051450403), indexed in Pubmed: [1127702](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1127702/).
24. Masani F. Node-like cells in the myocardial layers of the pulmonary vein of rats: an ultrastructural study. *J Anat*. 1986; 145: 133–142.
25. Robbins IM, Colvin EV, Doyle TP, et al. Pulmonary vein stenosis after catheter ablation of atrial fibrillation. *Circulation*. 1998; 98(17): 1769–1775, doi: [10.1161/01.cir.98.17.1769](https://doi.org/10.1161/01.cir.98.17.1769), indexed in Pubmed: [9788832](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9788832/).
26. Shah DC, Haïssaguerre M, Jais P. Catheter ablation of pulmonary vein foci for atrial fibrillation: PV foci ablation for atrial fibrillation. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1999; 47 Suppl 3: 352–356, doi: [10.1055/s-2007-1013198](https://doi.org/10.1055/s-2007-1013198), indexed in Pubmed: [10520767](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10520767/).
27. Haïssaguerre M, Jais P, Shah DC, et al. Catheter ablation of chronic atrial fibrillation targeting the reinitiating triggers. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2000; 11(1): 2–10, doi: [10.1111/j.1540-8167.2000.tb00727.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2000.tb00727.x), indexed in Pubmed: [10695453](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10695453/).
28. Haïssaguerre M, Jais P, Shah DC, et al. Electrophysiological end point for catheter ablation of atrial fibrillation initiated from multiple pulmonary venous foci. *Circulation*. 2000; 101(12): 1409–1417, doi: [10.1161/01.cir.101.12.1409](https://doi.org/10.1161/01.cir.101.12.1409), indexed in Pubmed: [10736285](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10736285/).
29. Verdino RJ. The evolution of atrial fibrillation ablation from triggers to substrate. *J Electrocardiol*. 2006; 39(4 Suppl): S184–S187, doi: [10.1016/j.jelectrocard.2006.05.010](https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2006.05.010), indexed in Pubmed: [16934824](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16934824/).
30. Koźluk E, Gawrysiak M, Łodziński P, et al. The Localisa system as the key to shortening the procedure duration and fluoroscopy time during ablation of atrial fibrillation. *Kardiologia Pol.* 2008; 66(6): 624–9; discussion 630, indexed in Pubmed: [18626831](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18626831/).

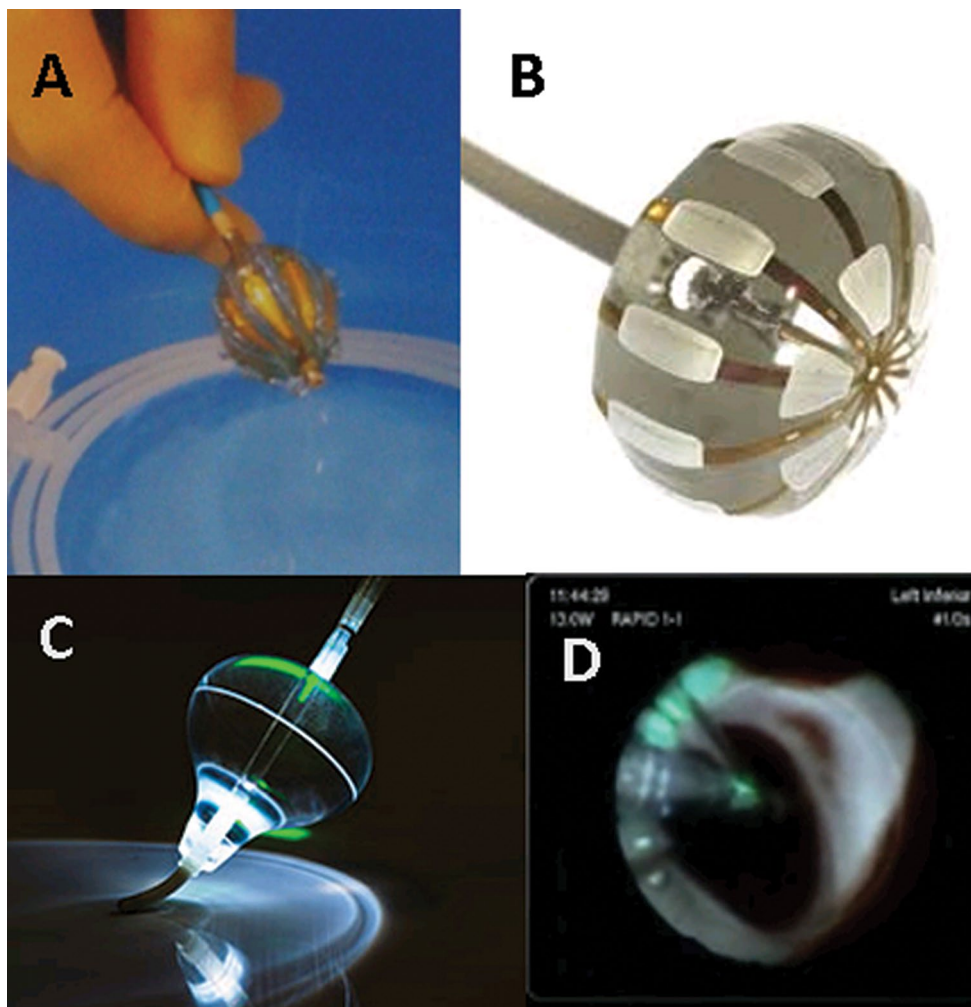
31. Pappone C, Rosanio S, Oreto G, et al. Circumferential radiofrequency ablation of pulmonary vein ostia: A new anatomic approach for curing atrial fibrillation. *Circulation*. 2000; 102(21): 2619–2628, doi: [10.1161/01.cir.102.21.2619](https://doi.org/10.1161/01.cir.102.21.2619), indexed in Pubmed: [11085966](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11085966/).
32. Koźluk E, Lodziński P, Kiliszek M, et al. Izolacja żył płucnych z wykorzystaniem elektroanatomicznego systemu CARTO – czyli do czego mogą się przydać kolorowe obrazki. *Kardiologia po Dyplomie*. 2004; 3: 56–62.
33. Wnuk-Wojnar AM, Trusz-Gluza M, Czerwiński C, et al. Circumferential pulmonary vein RF ablation in the treatment of atrial fibrillation: 3-year experience of one centre. *Kardiol Pol*. 2005; 63(4): 362–70; discussion 371, indexed in Pubmed: [16273473](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16273473/).
34. Okumura Y, Watanabe I, Kofune M, et al. Effect of catheter tip-tissue surface contact on three-dimensional left atrial and pulmonary vein geometries: potential anatomic distortion of 3D ultrasound, fast anatomical mapping, and merged 3D CT-derived images. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013; 24(3): 259–266, doi: [10.1111/jce.12062](https://doi.org/10.1111/jce.12062), indexed in Pubmed: [23279593](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23279593/).
35. Yokoyama K, Nakagawa H, Shah DC, et al. Novel contact force sensor incorporated in irrigated radiofrequency ablation catheter predicts lesion size and incidence of steam pop and thrombus. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2008; 1(5): 354–362, doi: [10.1161/CIRCEP.108.803650](https://doi.org/10.1161/CIRCEP.108.803650), indexed in Pubmed: [19808430](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19808430/).
36. Ullah W, Hunter RJ, Finlay MC, et al. Ablation Index and Surround Flow Catheter Irrigation: Impedance-Based Appraisal in Clinical Ablation. *JACC Clin Electrophysiol*. 2017; 3(10): 1080–1088, doi: [10.1016/j.jacep.2017.03.011](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.03.011), indexed in Pubmed: [29759489](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29759489/).
37. Calzolari V, De Mattia L, Indiani S, et al. In Vitro Validation of the Lesion Size Index to Predict Lesion Width and Depth After Irrigated Radiofrequency Ablation in a Porcine Model. *JACC Clin Electrophysiol*. 2017; 3(10): 1126–1135, doi: [10.1016/j.jacep.2017.08.016](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.08.016), indexed in Pubmed: [29759495](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29759495/).
38. Di Biase L, Natale A, Barrett C, et al. Relationship between catheter forces, lesion characteristics, “popping,” and char formation: experience with robotic navigation system. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2009; 20(4): 436–440, doi: [10.1111/j.1540-8167.2008.01355.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2008.01355.x), indexed in Pubmed: [19017335](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19017335/).
39. Koźluk E, Lodziński P, Kiliszek M, et al. Spełnione marzenie elektrofizjologów: jedna elektroda typu lasso do mapowania i ablacji okrężającej ujścia żył płucnych. *Kardiologia po Dyplomie*. 2009; 8(12): 69–74.
40. Deneke T, Schade A, Müller P, et al. Acute safety and efficacy of a novel multipolar irrigated radiofrequency ablation catheter for pulmonary vein isolation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2014; 25(4): 339–345, doi: [10.1111/jce.12316](https://doi.org/10.1111/jce.12316), indexed in Pubmed: [24237612](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24237612/).
41. Shin DI, Kirmanoglou K, Eickholt C, et al. Initial results of using a novel irrigated multielectrode mapping and ablation catheter for pulmonary vein isolation. *Heart Rhythm*. 2014; 11(3): 375–383, doi: [10.1016/j.hrthm.2013.12.008](https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.12.008), indexed in Pubmed: [24321239](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24321239/).
42. Zellerhoff S, Daly M, Lim HS, et al. Pulmonary vein isolation using a circular, open irrigated mapping and ablation catheter (nMARQ): a report on feasibility and efficacy. *Europace*. 2014; 16(9): 1296–1303, doi: [10.1093/europace/euu133](https://doi.org/10.1093/europace/euu133), indexed in Pubmed: [24942401](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24942401/).
43. Koźluk E, Piątkowska A, Rodkiewicz D, et al. Direct results of a prospective randomized study comparing ablation with the nMARQ catheter and the PVAC catheter used with and without a 3D system (MAPER 3D Study). *Arch Med Sci*. 2019; 15(1): 78–85, doi: [10.5114/aoms.2017.68054](https://doi.org/10.5114/aoms.2017.68054), indexed in Pubmed: [30697256](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30697256/).
44. Mahida S, Hooks DA, Nentwich K, et al. nMARQ Ablation for Atrial Fibrillation: Results from a Multicenter Study. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2015; 26(7): 724–729, doi: [10.1111/jce.12698](https://doi.org/10.1111/jce.12698), indexed in Pubmed: [25916682](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25916682/).
45. Li KaHC, Dong M, Gong M, et al. International Health Informatics Study (IHIS) Network. Atrial Fibrillation Recurrence and Peri-Procedural Complication Rates in nMARQ vs. Conventional Ablation Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2018; 9: 544, doi: [10.3389/fphys.2018.00544](https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00544), indexed in Pubmed: [29892228](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29892228/).
46. Philips 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(F1_3): f419–f427, doi: [10.1093/europace/eux376](https://doi.org/10.1093/europace/eux376), indexed in Pubmed: [29315411](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29315411/).
47. Leshem E, Zilberman I, Tschabrunn CM, et al. High-Power and Short-Duration Ablation for Pulmonary Vein Isolation: Biophysical Characterization. *JACC Clin Electrophysiol*. 2018; 4(4): 467–479, doi: [10.1016/j.jacep.2017.11.018](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.11.018), indexed in Pubmed: [30067486](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30067486/).
48. Barkagan M, Contreras-Valdes FM, Leshem E, et al. High-power and short-duration ablation for pulmonary vein isolation: Safety, efficacy, and long-term durability. *Cardiovasc Electrophysiol*. 2018; 29(9): 1287–1296, doi: [10.1111/jce.13651](https://doi.org/10.1111/jce.13651).
49. Koźluk E, Piątkowska A, Rodkiewicz D, et al. Metody leczenia migotania przedsionków. Jak się poruszać po tym labiryncie? *Forum Medycyny Rodzinnej*. 2021; 15(4).
50. Kewcharoen J, Techorueangwiwat C, Kanitsoraphan C, et al. High-power short duration and low-power long duration in atrial fibrillation ablation: A meta-analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2021; 32(1): 71–82, doi: [10.1111/jce.14806](https://doi.org/10.1111/jce.14806), indexed in Pubmed: [33155303](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33155303/).
51. Winkle RA, Moskovitz R, Hardwin Mead R, et al. Atrial fibrillation ablation using very short duration 50 W ablations and contact force sensing catheters. *J Interv Card Electrophysiol*. 2018; 52(1): 1–8, doi: [10.1007/s10840-018-0322-6](https://doi.org/10.1007/s10840-018-0322-6), indexed in Pubmed: [29460232](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29460232/).
52. Kautzner J, Albenque JP, Natale A, et al. A Novel Temperature-Controlled Radiofrequency Catheter Ablation System Used to Treat Patients With Paroxysmal Atrial Fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol*. 2021; 7(3): 352–363, doi: [10.1016/j.jacep.2020.11.009](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2020.11.009), indexed in Pubmed: [33516712](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33516712/).
53. Reddy VY, Grimaldi M, De Potter T, et al. Pulmonary Vein Isolation With Very High Power, Short Duration,

- Temperature-Controlled Lesions: The QDOT-FAST Trial. *JACC Clin Electrophysiol.* 2019; 5(7): 778–786, doi: [10.1016/j.jacep.2019.04.009](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2019.04.009), indexed in Pubmed: 31320006.
54. Klein G, Oswald H, Gardiwal A, et al. Efficacy of pulmonary vein isolation by cryoballoon ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2008; 5(6): 802–806, doi: [10.1016/j.hrthm.2008.02.014](https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2008.02.014), indexed in Pubmed: 18534363.
55. Koźluk E, Neuzil P, Lodziński P, et al. Krioablacja balonowa w ujściach żył płucnych jako metoda leczenia migotania przedsionków. *Kardiologia po Dyplomie.* 2008; 7(5): 34–41.
56. Malmborg H, Lönnholm S, Blomström-Lundqvist C. Acute and clinical effects of cryoballoon pulmonary vein isolation in patients with symptomatic paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Europace.* 2008; 10(11): 1277–1280, doi: [10.1093/europace/eun286](https://doi.org/10.1093/europace/eun286), indexed in Pubmed: 18955410.
57. Koźluk E, Gaj S, Piątkowska A, et al. Evaluation of safety and the success rate of cryoballoon ablation of the pulmonary vein ostia in patients with atrial fibrillation—a preliminary report. *Kardiol Pol.* 2010; 68(2): 175–180, indexed in Pubmed: 20301026.
58. Kuck KH, Brugada J, Fünkrantz A, et al. FIRE AND ICE Investigators. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med.* 2016; 374(23): 2235–2245, doi: [10.1056/NEJMoa1602014](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1602014), indexed in Pubmed: 27042964.
59. Kuck KH, Fünkrantz A, Chun KRJ, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: reintervention, rehospitalization, and quality-of-life outcomes in the FIRE AND ICE trial. *Eur Heart J.* 2016 Oct 7;37(38):2858–2865. doi: [10.1093/eurheartj/ehw285](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw285).
60. Koźluk E, Rzechorzek W, Piątkowska A, et al. Difference in demand for analgesic and sedative medication according to the type of catheter ablation for atrial fibrillation. *European Journal of Translational and Clinical Medicine.* 2021; 4(1): 35–42, doi: [10.31373/ejtc/134678](https://doi.org/10.31373/ejtc/134678).
61. Glowniak A, Tarkowski A, Fic P, et al. Second-generation cryoballoon ablation for recurrent atrial fibrillation after an index procedure with radiofrequency versus cryo: Different pulmonary vein reconnection patterns but similar long-term outcome—Results of a multicenter analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2019; 30(7): 1005–1012, doi: [10.1111/jce.13938](https://doi.org/10.1111/jce.13938), indexed in Pubmed: 30938917.
62. Boersma L, Koźluk E, Maglia G, et al. Paroxysmal and persistent atrial fibrillation ablation outcomes with the pulmonary vein ablation catheter GOLD duty-cycled phased radiofrequency ablation catheter: quality of life and 12-month efficacy results from the GOLD Atrial Fibrillation Registry. *Europace.* 2020; 22(6): 888–896, doi: [10.1093/europace/euaa042](https://doi.org/10.1093/europace/euaa042), indexed in Pubmed: 32219388.
63. Koźluk E, Balsam P, Peller M, et al. Efficacy of multi-electrode duty-cycled radiofrequency ablation in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Cardiol J.* 2013; 20(6): 618–625, doi: [10.5603/CJ.2013.0162](https://doi.org/10.5603/CJ.2013.0162), indexed in Pubmed: 24338539.
64. Reddy VY, Koruth J, Jais P, et al. Ablation of Atrial Fibrillation With Pulsed Electric Fields: An Ultra-Rapid, Tissue-Selective Modality for Cardiac Ablation. *JACC Clin Electrophysiol.* 2018; 4(8): 987–995, doi: [10.1016/j.jacep.2018.04.005](https://doi.org/10.1016/j.jacep.2018.04.005), indexed in Pubmed: 30139499.
65. Koźluk E, Piątkowska A, Rodkiewicz D, et al. Migotanie przedsionków ma więcej twarzy od Greya. Wiadomości wprowadzające w to złożone zagadnienie. *Forum Medycyny Rodzinnej.* 2021; 15(3): 103–123.
66. Deshmukh A, Patel NJ, Pant S, et al. In-hospital complications associated with catheter ablation of atrial fibrillation in the United States between 2000 and 2010: analysis of 93 801 procedures. *Circulation.* 2013; 128(19): 2104–2112, doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.113.003862](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.003862), indexed in Pubmed: 24061087.
67. Hirshfeld JW, Ferrari VA, Bengel FM, et al. Writing Committee Members, ACC Task Force On Expert Consensus Decision Pathways. 2018 ACC/HRS/NASCI/SCAI/SCCT Expert Consensus Document on Optimal Use of Ionizing Radiation in Cardiovascular Imaging: Best Practices for Safety and Effectiveness. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018; 92(2): E35–E97, doi: [10.1002/ccd.27659](https://doi.org/10.1002/ccd.27659), indexed in Pubmed: 30160063.
68. Reddy VY, Morales G, Ahmed H, et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without the use of fluoroscopy. *Heart Rhythm.* 2010; 7(11): 1644–1653, doi: [10.1016/j.hrthm.2010.07.011](https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2010.07.011), indexed in Pubmed: 20637313.
69. Bulava A, Hanis J, Eisenberger M. Catheter Ablation of Atrial Fibrillation Using Zero-Fluoroscopy Technique: A Randomized Trial. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2015; 38(7): 797–806, doi: [10.1111/pace.12634](https://doi.org/10.1111/pace.12634), indexed in Pubmed: 25790320.
70. Romero J, Patel K, Briceno D, et al. Fluoroless Atrial Fibrillation Catheter Ablation: Technique and Clinical Outcomes. *Card Electrophysiol Clin.* 2020; 12(2): 233–245, doi: [10.1016/j.ccep.2020.01.001](https://doi.org/10.1016/j.ccep.2020.01.001), indexed in Pubmed: 32451107.
71. Žižek D, Antolič B, Kalinšek TP, et al. Intracardiac echocardiography-guided transseptal puncture for fluoroless catheter ablation of left-sided tachycardias. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology.* 2020; 61(3): 595–602, doi: [10.1007/s10840-020-00858-z](https://doi.org/10.1007/s10840-020-00858-z).
72. Zhang G, Cheng L, Liang Z, et al. Zero-fluoroscopy transseptal puncture guided by right atrial electroanatomical mapping combined with intracardiac echocardiography: A single-center experience. *Clin Cardiol.* 2020; 43(9): 1009–1016, doi: [10.1002/clc.23401](https://doi.org/10.1002/clc.23401), indexed in Pubmed: 32506504.
73. O'Brien B, Balmforth DC, Hunter RJ, et al. Fluoroscopy-free AF ablation using transesophageal echocardiography and electroanatomical mapping technology. *J Interv Card Electrophysiol.* 2017; 50(3): 235–244, doi: [10.1007/s10840-017-0288-9](https://doi.org/10.1007/s10840-017-0288-9), indexed in Pubmed: 29134434.
74. Akoum N, Daccarett M, McGann C, et al. Atrial fibrosis helps select the appropriate patient and strategy in catheter ablation of atrial fibrillation: a DE-MRI guided approach. *J Cardiovasc Elec-*

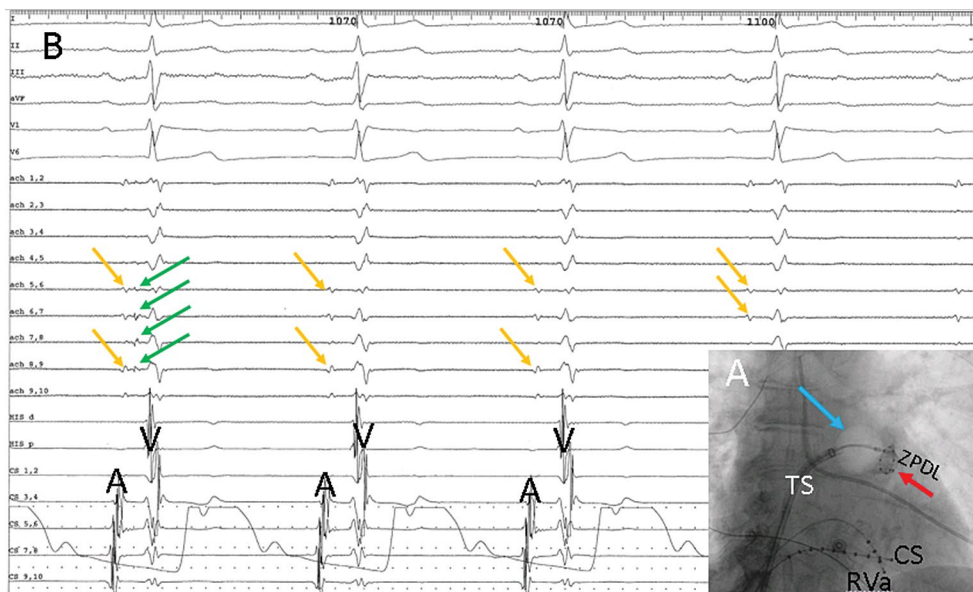
- trophysiol. 2011; 22(1): 16–22, doi: [10.1111/j.1540-8167.2010.01876.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2010.01876.x), indexed in Pubmed: [20807271](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20807271/).
75. Gaj S, Koźluk E, Piotrowska-Kownacka D, et al. Rola rezonansu magnetycznego w ocenie zwłóknienia przed i po ablacji podłoża migotania przedsionków. *Polski Przegląd Kardiologiczny*. 2011; 13(2): 105–107.
76. Koźluk E, Łojewska K, Hiczkiewicz J. First experience with left atrial arrhythmia ablation using a bi-directional steerable transseptal sheath (Vizigo) visible in the CARTO system as a method to reduce fluoroscopy. *European Journal of Translational and Clinical Medicine*. 2020; 3(2): 18–21, doi: [10.31373/ejtc/131049](https://doi.org/10.31373/ejtc/131049).
77. Koźluk E, Łojewska K, Hiczkiewicz J. Izolacja żył płucnych w migotaniu przedsionków — serce w sercu na walentynki *Forum Medycyny Rodzinnej*. 2021; 15(1): 1–5.



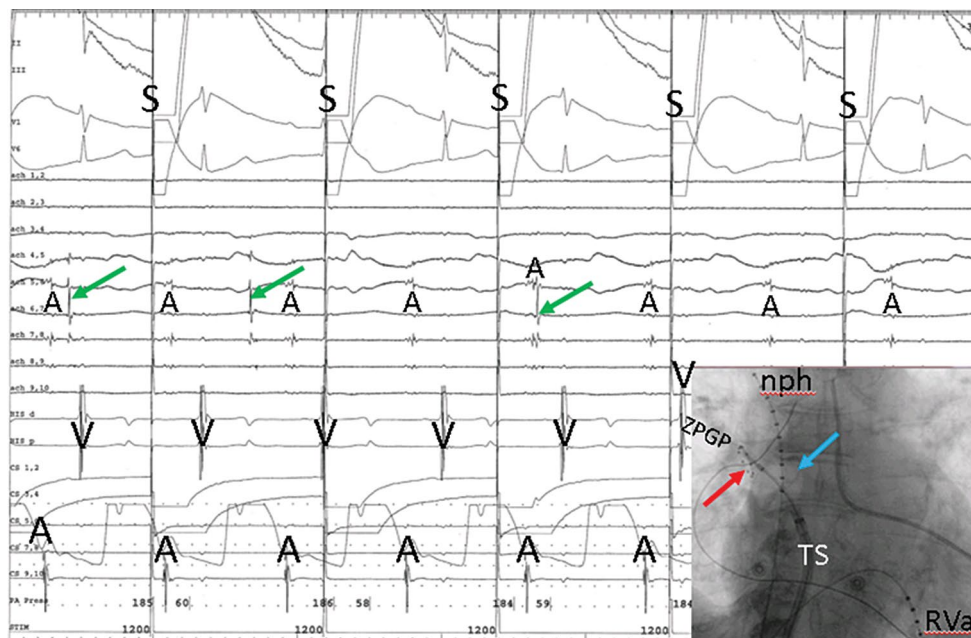
Rycina uzupełniająca. Przykładowe, historyczne metody izolacji żył płucnych w leczeniu migotania przedsionków. A – segmentarna izolacja żył płucnych (metodą Haissaguerre) przy użyciu okrężnej elektrody mapującej Lasso o zmiennej średnicy) i elektrody ablacynnej (wtedy jeszcze niechłodzonej z końcówką 4mm). Metoda w tej postaci zarzucona z powodu postępu technologicznego i dostępności metod skuteczniejszych i bezpieczniejszych. B – Analogiczny zabieg wykonywany z użyciem systemu nawigacyjnego Localisa (pozwalającego na istotną redukcję obciążenia radiologicznego). System został wyparty przez bardziej rozbudowane systemy elektroanatomiczne używane w chwili obecnej. Stał się on podstawą opracowania systemu EnSite-NavX. C – elektroda koszykowa z siecią małych elektrod ablacynnych (Meshablator) pozwalająca na segmentarną izolację żyły płucnej pojedynczą aplikacją. Elektroda manewrowana bez lidera, ze względu na sztywną końcówkę sprzyjała tamponadzie serca (z tego powodu wycofana). D – izolacja żył płucnych przy użyciu systemu CARTO. W tej wersji systemu przebieg żył płucnych wyznaczany był orientacyjnie a punkty ablacynne wybierane były subiektywnie przez osobę obsługującą system. Zabieg weryfikowany był nie ustąpieniem potencjałów żylnych a brakiem aktywności elektrycznej w odizolowanej, okołozylnej części lewego przedsionka. E – szybka mapa anatomiczna wykonana elektrodą okrężną (technika aktualna obecnie), w tym wypadku ablacynną elektrodą okrężną nMarq. Była to elektroda chłodzona pozwalająca na wykonywanie ablacji jednobiegunowej (klasycznie) lub dwubiegunowej. Brażowe kropki oznaczają miejsce ablacji jednobiegunowej, pomarańczowe – dwubiegunowej. Na mapie widoczny cień elektrody w miejscu diagnostycznej rejestracji potencjałów żylnych. Elektroda wycofana z użycia ze względu na nieco podwyższone ryzyko przetoki przedsionkowo-przetykowej. F – obraz radiologiczny elektrody nMarq umieszczonej na zewnątrz ujścia żyły płucnej górnej lewej. A, B na podstawie: Koźluk E, Piątkowska A. Badanie elektrofizjologiczne i ablacja. In: Pruszczyk P, Hryniewiecki T, Drożdż J. Wielka Interna. Kardiologia z elementami angiologii. Cz. I. Medical Tribune Polska 2010: 103–136, zmodyfikowane. C, D na podstawie: Koźluk E, Opolski G. Migotanie przedsionków. In: Pruszczyk P, Hryniewiecki T, Drożdż J. Wielka Interna. Kardiologia z elementami angiologii. Cz. II. Medical Tribune Polska 2010: 118–142, zmodyfikowane. E, F na podstawie: Koźluk E, Piątkowska A, Kiliszek M, Łodziński P, Balsam P, Rodkiewicz D, Scisto P, Kochanowski J, Żukowska M, Opolski G. Ablacje podłoża migotania przedsionków z użyciem systemu 3D i przepływowej wielopunktowej okrężnej elektrody ablacynnej - doniesienie wstępne. Polski Przegląd Kardiologiczny; 2014; 16(2): 69–74, zmodyfikowane



Rycina uzupełniająca – heliostar (Johnson&Johnson) – 10 elektrod ablacyjnych chłodzonych obiegem zewnętrznym umieszczonych na balonie o średnicy 28mm. Balon i elektrody wizualizowane przez system CARTO. Możliwe jest wykonanie szybkiej mapy anatomicznej przy użyciu balonu. Światło w cewniku umożliwia wprowadzenie przez balon do żyły płucnej (podobnie jak w przypadku kriobalonu) elektrody typu „lasso” (średnica cewnika 3F, czyli 1 mm; do wyboru cewniki o trzech średnicach pętli: 15, 20 i 25 mm), która weryfikuje skuteczność aplikacji. B – balon LUMINIZE (Boston Scientific) – średnica balonu 28mm, 2 okręgi elektrod ablacyjnych (12 przy równiku, 6 przy dystalnym biegunie), z możliwością ablacji z dowolnych elektrod. Mikroelektrody w dystalnym kręgu pozwalają na rejestrację potencjałów w żyłę płucnej i stymulację weryfikującą blok wyjścia. Dzięki temu nie ma konieczności wprowadzania elektrody typu „lasso”. Mikrokamera i źródło światła LED pozwalają optycznie weryfikować docisk i efekt ablacji (podobnie jak się to dzieje w balonach laserowych); C – Excalibur balloon – balon laserowy firmy Cardio Focus. D – obraz widoczny z wnętrza balonu z panelu C, pozwalający wzrokiem kontrolować przyleganie balonu i kontrolować efekt ablacji. Zielone światło – miejsce poddawane ablacji. Widoczna biała blizna poablacyjna na części obwodu (odpowiadającej godzinie 12 > 4). Źródło: Johnson&Johnson, Boston Scientific, Cardio Focus



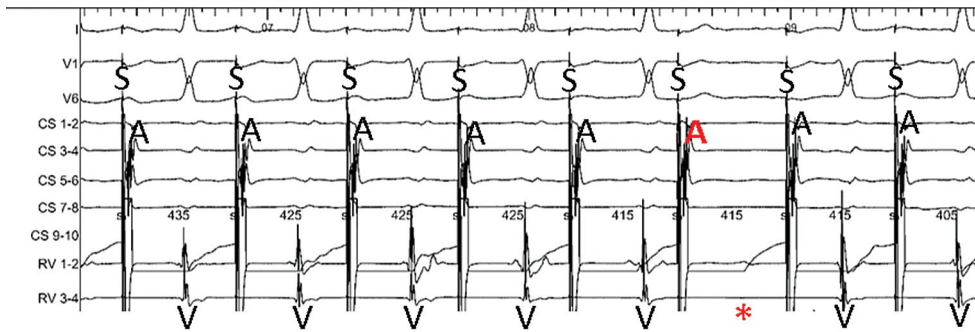
Rycina uzupełniająca. Izolacja żyły płucnej dolnej lewej u opisywanej pacjentki. A – obraz z monitora RTG. Balon (niebieska strzałka) na całym obwodzie przylega do ujścia żyły (widoczne zaleganie kontrastu w żyły). Skuteczność izolacji weryfikowana elektrodą okrężną wprowadzoną przez balon do żyły płucnej (czerwona strzałka). CS – dziesięciopunktowa elektroda umieszczona w zatoce wieńcowej; RVa – czteropunktowa elektroda umieszczona w okolicach wierzchołka prawej komory; TS- koszulka transseptalna; ŻPDL – żyła płucna dolna lewa. B – zapis EKG i elektrogramów wewnątrzsercowych podczas izolacji żyły. I–III, aVF, V1, V6 – odprowadzenia klasycznego EKG, ach 1–2..9–10 elektrogramy dwubiegunowe z elektrody okrężnej w żyły płucnej, CS 1–2..9–10 – elektrogramy z kolejnych par elektrod cewnika dziesięciopunktowego wprowadzonego do zatoki wieńcowej (1–2 – bieguny dystalne, położone najbardziej na lewo, 9–10 – bieguny proksymalne położone najbliżej ujścia zatoki wieńcowej). W dolnej części zapisu, jako tło, widoczna krzywa ciśnieniowa z tętnicy promieniowej. Zielona strzałka pokazuje ustępujący potencjał żylny (pokazany jest ostatni potencjał żylny, następnie jego ustąpienie jako marker izolacji żyły podczas krioplikacji). Żółta strzałka pokazuje lokalną aktywację przedsionkową, która wyjściowo była powiązana z potencjałami żylnymi (od drugiego pobudzenia już nie występują). A – lokalna aktywacja przedsionkowa, V – lokalna aktywacja komorowa



Rycina uzupełniająca. Izolacja żyły płucnej górnej prawej u opisywanej pacjentki. A – obraz z monitora RTG. Balon (niebieska strzałka) na całym obwodzie przylega do ujścia żyły (widoczne zaleganie kontrastu w żyłe). Skuteczność izolacji weryfikowana elektrodą okrężną wprowadzoną przez balon do żyły płucnej (czerwona strzałka). nph – miejsce stymulacji n.przeponowego (w przypadku braku odpowiedzi przepony na stymulację nerwu krioaplikacja przerywana jest natychmiast by zapobiec uszkodzeniu nerwu), RVa – czteropunktowa elektroda umieszczona w okolicach wierzchołka prawej komory, TS- koszulka transeptalna, ŻPGO – żyła płucna górna prawa. Ryc.B – zapis EKG i elektrogramów wewnątrzsercowych podczas izolacji żyły. I-III, aVF, V1,V6 – odprowadzenia klasycznego EKG, ach 1-2...9-10 elektrogramy dwubiegunowe z elektrody okrężnej w żyłe płucnej, CS 1-2...9-10 – elektrogramy z kolejnych par elektrod cewnika dziesięciopunktowego wprowadzonego do żyły głównej górnej celem stymulacji nerwu przeponowego. W dolnej części zapisu, jako tło, widoczna krzywa ciśnieniowa z tętnicy promieniowej. Zielona strzałka pokazuje ustępujący potencjał żylny (pierwszy potencjał żylny przewodzony z przedsionka z blokiem I stopnia,, następnie dwa potencjały izolowane (niezależne od aktywacji przedsionkowej), następnie jego całkowite ustąpienie). A – lokalna aktywacja przedsionkowa, V – lokalna aktywacja komorowa.



Rycina uzupełniająca. Zapis wewnątrzsercowy potwierdzający rozpoznanie częstoskurczu przedsionkowego. I, V1, V6 – odprowadzenia klasycznego EKG, CS 1-2...9-10 elektrogram z elektrody w zatoce wieńcowej, RV 1,2 i 3-4 – elektrogram z wierzchołka prawej komory. Na elektrodzie w zatoce wieńcowej widoczny miarowy częstoskurcz przedsionkowy o cyklu 258ms (częstotliwość 232/min) ze zmiennym stopniem bloku (niemiarowy rytm komór)



Rycina uzupełniająca. Stymulacja stopniowana z zatoki wieńcowej. Punkt Wenckebacha (maksymalne przewodzenie 1:1) 415 ms. Gwiazdką zaznaczono brakujące pobudzenie komorowe (po załamku A zaznaczonym kolorem czerwonym). I, V1, V6 – odprowadzenia klasycznego EKG), A – lokalna aktywacja przedsionkowa, CS – elektrogramy z zatoki wieńcowej, RV – elektrogramy z prawej komory, S – szpilka stymulacji (tutaj przedsionkowej), V – lokalna aktywacja komorowa