

# Przeznaczeniowe wszczepienie zastawki płucnej – wczesne wyniki pierwszych zabiegów w Polsce

## *Transvascular pulmonary valve implantation – early results of the first Polish experience*

Witold Rużyłło<sup>1</sup>, Elżbieta K. Włodarska<sup>2</sup>, Marcin Demkow<sup>1</sup>, Mateusz Śpiewak<sup>1,3</sup>,  
Lars Søndergaard<sup>4</sup>, Mirosław Kowalski<sup>2</sup>, Łukasz A. Małek<sup>1,3</sup>, Joanna Petryka<sup>1,3</sup>,  
Hanna Siudalska<sup>5</sup>, Piotr Wolski<sup>6</sup>, Jolanta Miśko<sup>3</sup>, Piotr Hoffman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> I Klinika Choroby Wieńcowej i Samodzielna Pracownia Hemodynamiki, Instytut Kardiologii, Warszawa

<sup>2</sup> Klinika Wad Wrodzonych Serca, Instytut Kardiologii, Warszawa

<sup>3</sup> Pracownia Rezonansu Magnetycznego, Instytut Kardiologii, Warszawa

<sup>4</sup> Rigshospitalet, Kardiologisk Klinik B, Kopenhaga, Dania

<sup>5</sup> I Klinika Kardiologii, Instytut Kardiologii, Warszawa

<sup>6</sup> Zakład Anestezjologii, Instytut Kardiologii, Warszawa

Post Kardiol Interw 2009; 5, 1 (15): 7-17

### Streszczenie

**Cel:** Ocena wczesnych wyników nieoperacyjnego przeznaczeniowego wszczepienia zastawki płucnej (ang. *pulmonary artery valve transvascular implantation, PAVTI*).

**Metody:** Badaną grupę stanowiło 4 chorych (3 kobiety) w wieku 27–31 lat, z dysfunkcją homografu (zwężenie u wszystkich chorych oraz towarzysząca niedomykalność u 2 osób) wszczepionego wcześniej w czasie korekcji wrodzonej wady serca. Dwoch chorych przeszło korekcję tetralogii Fallota, 2 operację metodą Rossa z powodu wrodzonego zwężenia zastawki aortalnej. Kwalifikacja do zabiegu oparta była na ocenie klinicznej, echokardiograficznej oraz analizie parametrów morfologicznych i czynnościowych prawej komory oraz homografu metodą rezonansu magnetycznego. Zabiegi przeprowadzono w znieczuleniu ogólnym. U wszystkich chorych w pierwszym etapie zabiegu implantowano stent metalowy, a następnie stent z zastawką. Ponowną ocenę echokardiograficzną wykonano w 2. dniu po zabiegu. Miesiąc po zabiegu wykonano badanie echograficzne i rezonans magnetyczny.

**Wyniki:** Czas zabiegu wynosił 60–150 min. U wszystkich chorych wykonano bez powikłań skuteczny zabieg PAVTI. Redukcja gradientu płucnego po zabiegu ocenianego w badaniu echokardiograficznym wynosiła średnio 56% dwa dni po zabiegu oraz 65% miesiąc po zabiegu; nie obserwowano niedomykalności zastawki. W całej grupie chorych obserwowano zmniejszenie objętości końcowoskurczowej oraz końcoworozkurczowej prawej komory z towarzyszącym wzrostem tych parametrów dla komory lewej.

**Wnioski:** Przeznaczeniowe wszczepienie zastawki płucnej jest skuteczną i bezpieczną metodą leczenia dysfunkcji homografu.

**Słowa kluczowe:** zastawka płucna, homograf, dysfunkcja, wszczepienie przeznaczeniowe, wady wrodzone

### Abstract

**Aim:** Assessment of early results of the pulmonary artery valve transvascular implantation (PAVTI).

**Methods:** Study group consisted of 4 patients (3 women), aged 27–31 years, with pulmonary homograft dysfunction (stenosis in all patients and concomitant pulmonary regurgitation in two of them). The reasons for homograft implantation were total repair of tetralogy of Fallot (2 patients) and Ross procedure due to congenital aortic valve stenosis (2 patients). Qualification to PAVTI was based on clinical evaluation, echocardiographic studies and assessment of morphological and functional features of right ventricle and homograft with the use of cardiac magnetic resonance

**Adres do korespondencji/Corresponding author:** dr hab. n. med. Elżbieta K. Włodarska, Klinika Wad Wrodzonych Serca, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, tel. +48 22 815 30 11, e-mail: kwlodarska@ikard.pl

Praca wpłynęła 12.03.2009, przyjęta do druku 14.03.2009.

(CMR). The procedure was performed in general anesthesia and consisted of two consecutive stages. At first a metal stent was implanted in the pulmonary valve position. Thereafter, it was followed by the deployment of a valved stent. Results were evaluated by echocardiography two days after the procedure. About 1 month after PAVTI patients were examined with echocardiography and CMR.

**Results:** Time of the procedure varied 60-150 min. PAVTI was successfully performed in all patients. Average reduction of pulmonary gradient after the procedure assessed by echocardiography was 56% after 2 days and 65% after one month. No pulmonary regurgitation was observed. In all patients end-systolic and end-diastolic volumes of the right ventricle were reduced with concomitant increase of these parameters for the left ventricle.

**Conclusions:** Pulmonary artery valve transvascular implantation is an effective and safe method of non-surgical treatment for patients with homograft dysfunction.

**Key words:** pulmonary valve, homograft, dysfunction, transvascular implantation, congenital heart diseases

## Wstęp

Chorzy po korekcji całkowitej wady serca z użyciem homograftu płucnego stanowią bardzo duży problem kliniczny. Kilka lat po zabiegu dochodzi do zmian degeneracyjnych homograftu płucnego, co powoduje niedomykalność płucną i/lub zwężenie drogi odpływu prawej komory. Po 5 latach od operacji dysfunkcję homograftu stwierdza się w 34%, a po 10 latach w 53–75% przypadków [1, 2]. Chorzy wymagają reoperacji przed wystąpieniem cech dysfunkcji prawej komory, często już po kilku latach od zabiegu, a nieraz kilkakrotnie w ciągu życia. Każdy kolejny zabieg operacyjny oznacza większe ryzyko, wielotygodniowy pobyt w szpitalu i długi okres rehabilitacji, natomiast odstąpienie od kolejnej korekcji wiąże się z wystąpieniem nieodwracalnego uszkodzenia mięśnia prawej komory. Im większe jest uszkodzenie prawej komory, tym mniejsza szansa na poprawę jej funkcji po operacji. Ze względu na ryzyko kolejnego zabiegu operacyjnego i zwykle dobry stan ogólny młodego, aktywnego zawodowo pacjenta, decyzję o reoperacji podejmuje się zbyt późno, w okresie zaawansowanej dysfunkcji prawej komory.

Wielką szansą dla tej grupy chorych jest przeznaczeniowa implantacja zastawki płucnej (ang. *pulmonary artery valve transvascular implantation*, PAVTI). W 2000 r. Philipp Bonhoeffer po raz pierwszy opisał zabieg przeznaczeniowego wszczepienia zastawki w kondukt łączący prawą komorę z tętnicą płucną u 12-letniego chłopca po operacji atrezji płucnej i ubytku przegrody międzykomorowej [3]. Od 2000 do końca 2008 r. wykonano na świecie 750 takich zabiegów [4]. W dniu 18 grudnia 2008 r. przeprowadzono pierwsze w Polsce nieoperacyjne wszczepienie zastawki serca w drogę odpływu prawej komory u 4 chorych z dysfunkcją homograftu płucnego, wszczepionego wcześniej w czasie operacji korekcji wrodzonej wady serca [5].

Celem tego doniesienia jest przedstawienie wczesnych wyników PAVTI z omówieniem metod kwalifikacji chorych i techniki zabiegu.

## Metody

### Chorzy

Do zabiegu zakwalifikowano 4 chorych (3 kobiety) w wieku 27–31 lat, po operacjach korekcji wad serca

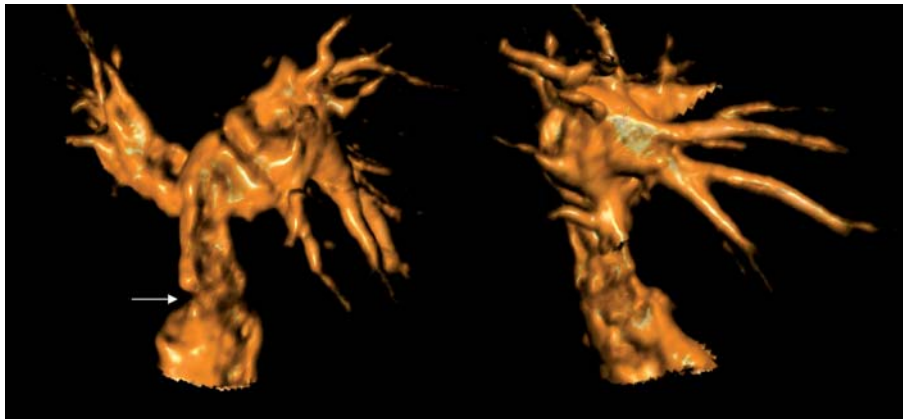
**Tabela 1.** Dane demograficzne, wywiady, rozpoznanie

**Table 1.** Demographic data, history and diagnosis

ID	Wiek [lata]	Wada serca	Interwencje chirurgiczne i przeznaczeniowe	Rok	Dysfunkcja homograftu
1	27	TF	korekcja całkowita TF	1988	SP (80/38), IP (+++)
2	30	TF	korekcja całkowita TF wymiana homograftu 2 razy walwuloplastyka balonowa homograftu	1983 1994, 2001 2002	SP (80/42), IP (+)
3	27	SA	operacja Rossa	1997	SP (78/45)
4	31	SA	walwuloplastyka zastawki aortalnej operacja Rossa walwuloplastyka balonowa homograftu	1988 2000 2001	SP (112/67)

TF – tetralogia Fallota, SP – stenoza płucna, w nawiasie gradient maksymalny/średni (mmHg), IP – niedomykalność płucna, (+++) – duża, (+) – mała, SA – stenoza aortalna

TF – tetralogy of Fallot, SP – pulmonary stenosis max/mean gradient (mmHg), IP – pulmonary regurgitation, (+++) – severe, (+) – small, SA – aortic stenosis



**Ryc. 1.** Rezonans magnetyczny. Trójwymiarowa rekonstrukcja drogi odpływu, pnia płucnego i tętnic płucnych, uwidaczniająca kondukt płucny w dwóch płaszczyznach. Ciasne zwężenie pokazane w jednej z projekcji (strzałka), niewidoczne z innej strony

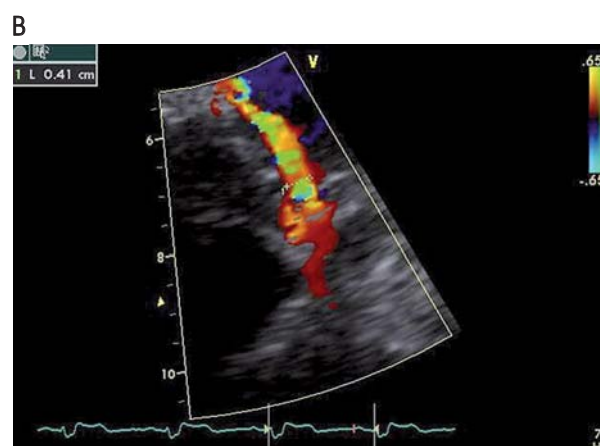
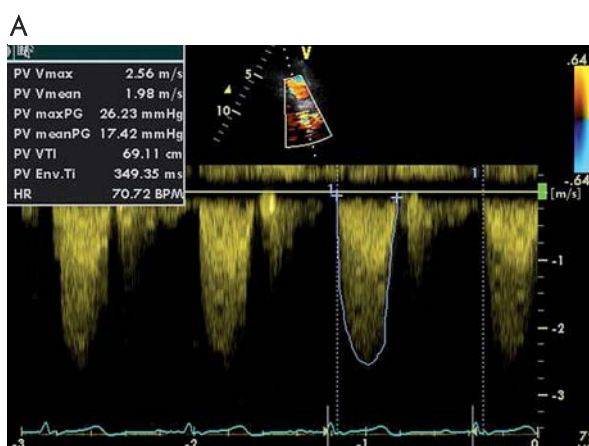
**Fig. 1.** Magnetic resonance. Three-dimensional view of right ventricular outflow tract, main pulmonary artery and its branches showing pulmonary conduit in two planes. Severe stenosis seen in one view (arrow) is not seen in another

z wszczepieniem homografu płucnego (23 i 24 mm) łączącego drogę odpływu prawej komory z tętnicą płucną (tab. 1.). Dwie kobiety przeżyły korekcję tetralogii Fallota. Jedna z nich była operowana 3-krotnie – po 11 i 18 latach od pierwszej operacji, w celu wymiany homografu. Dwoje chorych przeżyło operację Rossa z powodu wrodzonego zwężenia zastawki aorty. Do powstania dysfunkcji zastawki homografu doszło po 7–20 latach od ostatniej operacji wszczepienia homografu. U dwojga chorych wykonano także w przeszłości zabieg przeznaczeniowej walwuloplastyki zastawki homografu płucnego z niezadowalającym efektem.

Zabieg PAVTI został zaakceptowany przez Komisję Bioetyczną przy Instytucie Kardiologii w Warszawie. Każdy z chorych wyraził w pełni świadomą zgodę na zabieg i podpisał formularz zaaprobowany przez Komisję.

#### Kryteria kwalifikacji do zabiegu nieoperacyjnego przeznaczeniowego wszczepienia zastawki płucnej

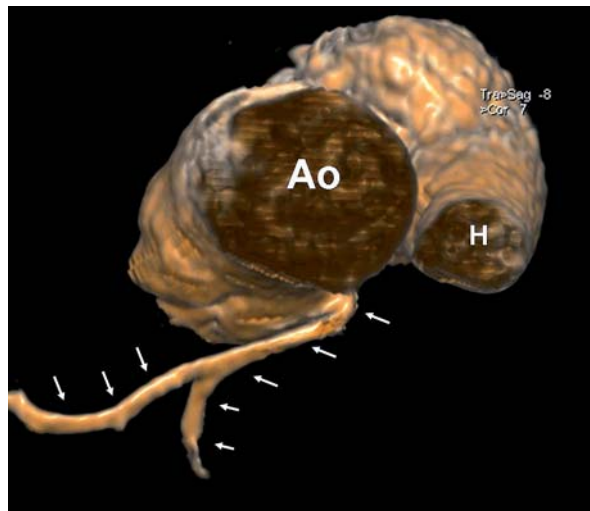
Do zabiegu PAVTI kwalifikowano chorych z dysfunkcją homografu płucnego o rozmiarze nie mniejszym niż 16 mm, istotnym zwężeniem drogi odpływu prawej komory i/lub niedomykalnością zastawki płucnej. Ze względu na rozmiar zastawki Melody szerokość drogi odpływu prawej komory nie mogła przekraczać 22 mm. Morfologię drogi odpływu prawej komory, stopień niedomykalności i zwężenia zastawki płucnej oraz czynność prawej komory oceniano wstępnie przezklatkowym badaniem echokardiograficznym. Następnie u wszystkich wykonano również rezonans magnetyczny serca (CMR) z oceną objętości i czynności prawej komory, wielkości niedomykalności płucnej i z trójwymiarową rekonstrukcją



**Ryc. 2. A** – przykład pomiaru prędkości wypływu płucnego metodą doplera ciągłego – projekcja przymostkowa w osi krótkiej. **B** – przykład pomiaru talii niedomykalności płucnej (4 mm) w badaniu metodą doplera kolorowego u chorego po korekcji całkowitej tetralogii Fallota (projekcja przymostkowa w osi krótkiej)

**Fig. 2. A** – example of a typical continuous wave (CW) Doppler velocity signal of the pulmonary valve outflow. Short axis parasternal view. **B** – measurement of vena contracta (VC – 4 mm) by color Doppler in a patient after Tetralogy of Fallot correction. Short axis parasternal view

cją drogi odpływu prawej komory w celu dokładnej oceny anatomii, wymiarów drogi odpływu komory i homograftu (ryc. 1.).



**Ryc. 3.** Rezonans magnetyczny w sekwencji 3D whole-heart w celu oceny relacji przebiegu tętnic wieńcowych i homograftu płucnego. Chora 2. z anomalią tętnic – brak prawej tętnicy, dominująca gałąź okalająca i przednia zstępująca (strzałki) przebiegają z dala od homograftu

Ao – aorta, H – homograft

**Fig. 3.** Magnetic resonance (3D whole-heart sequence) of a patient 2, with an anomaly of coronary arteries – absent right artery, dominant circumflex artery (arrows) far away from the homograft

Ao – aorta, H – homograft



**Ryc. 4.** Zastawka biologiczna Melody Medtronic  
**Fig. 4.** Melody transcatheter pulmonary valve

## Echokardiografia

U każdego chorego wykonano przezklatkowe badanie echograficzne archiwizowane cyfrowo. Akwizycję danych przeprowadzono z wykorzystaniem aparatu Vivid 7 (GE Vingmed Ultrasound, Horten, Norwegia).

W badaniu, oprócz standardowej oceny morfologii i funkcji lewej komory, dla potrzeb dalszej analizy rejestrowano:

- wielkość jamy prawej komory w projekcji przymostkowej w osi długiej,
- szerokość drogi odpływu prawej komory w skurczu i w rozkurczu w projekcji przymostkowej w osi krótkiej na wysokości zastawki aortalnej,
- pole prawej komory i jego zmianę w zależności od cyklu pracy serca (ang. *fractional area change, FAC*),
- maksymalną i średnią prędkość wypływu płucnego w projekcji przymostkowej w osi krótkiej rejestrowane doplerem fali ciągłej, które szacowano na podstawie uproszczonego równania Bernoulliego, oznaczając maksymalny i średni skurczowy gradient ciśnień (ryc. 2. A),
- szerokość talii niedomykalności zastawki płucnej (VC) w badaniu metodą doplera kolorowego (ryc. 2. B).

## Rezonans magnetyczny

Badanie CMR serca wykonano przy użyciu skanera 1,5 Tesli (Avanto, Siemens). Wykonywano sekwencje *steady-state free precession (SSFP)* – sekwencje kinematograficzne, tzw. *cine* – w standardowych projekcjach oraz obrazowanie *cine* drogi odpływu prawej i lewej komory w dwóch płaszczyznach w osi długiej. W celu dokładnej, trójwymiarowej oceny anatomii drogi odpływu prawej komory, miejsca podziału pnia płucnego oraz prawej i lewej tętnicy płucnej wykonywano angiografię 3D po podaniu kontrastu gadolinowego w dawce 0,1 mmol/kg masy ciała. U części chorych wykonano dodatkowo sekwencje 3D whole-heart w celu oceny początkowego przebiegu tętnic wieńcowych względem homograftu (ryc. 3.).

Ocenę objętości końcoworozkurczowej i końcowoskurczowej lewej i prawej komory wykonywano poprzez ręczne obrysowanie konturów wsierdzia i nasierdzia na przekrojach w osi krótkiej (MASS 6.2.1, Medis). Następnie obliczano objętość wyrzutową oraz frakcję wyrzutową obu komór. Frakcję niedomykalności zastawki pnia płucnego podano jako procentowy udział objętości fali zwrotnej w całkowitej objętości krwi napływającej wyliczonych metodą *phase-contrast* (analiza za pomocą oprogramowania Argus, Siemens).

U chorych po zabiegu PAVTI wykonano badanie kontrolne CMR z oceną morfologii drogi odpływu prawej komory w sekwencjach *turbo spin echo (TSE)*, tzw. sekwencje czarnej krwi – ang. *black blood*).

### Technika zabiegu

Zastawka biologiczna Melody zbudowana jest ze spreparowanej żyły szyjnej wołu wyciętej wraz z własną zastawką, wszytej do wnętrza stentu z irydoplatyny (ryc. 4.). Stent wraz z zastawką jest montowany na specjalnie skonstruowanym systemie dostarczającym, z cewnikiem balonowym typu „balon w balonie” i koszulką pozwalającą osłonić stent zaciśnięty na balonie (*Medtronic Ensemble Transcatheter Delivery System*). Jeden rodzaj zastawki, w zależności od wielkości balonu zastosowanego systemu dostarczającego, można rozprężyć do 18, 20 lub 22 mm.

Zabiegi wykonano w znieczuleniu ogólnym z intubacją dotchawiczą, z dojścia przez nakłucie prawej żyły oraz tętnicy udowej w pachwinie. Przed zabiegiem, po kaniulacji naczyń podawano dożylnie jedną dawkę heparyny niefrakcjonowanej (100 j./kg) oraz antybiotyk (jedna dawka cefalosporyny). Zabieg poprzedzony był cewnikowaniem serca z pomiarem ciśnień i angiografią drogi odpływu prawej komory w projekcji lewobocznej (ryc. 5.). W celu oceny przebiegu tętnic wieńcowych względem homografu płucnego wykonywano również aortografię wstępującą w projekcjach tylnoprzodniej i lewobocznej. W każdym przypadku stwierdzono, że tętnice wieńcowe nie leżą w bezpośrednim sąsiedztwie homografu i w ten sposób wykluczono możliwość uciśnięcia tętnicy przez rozprężony stent.

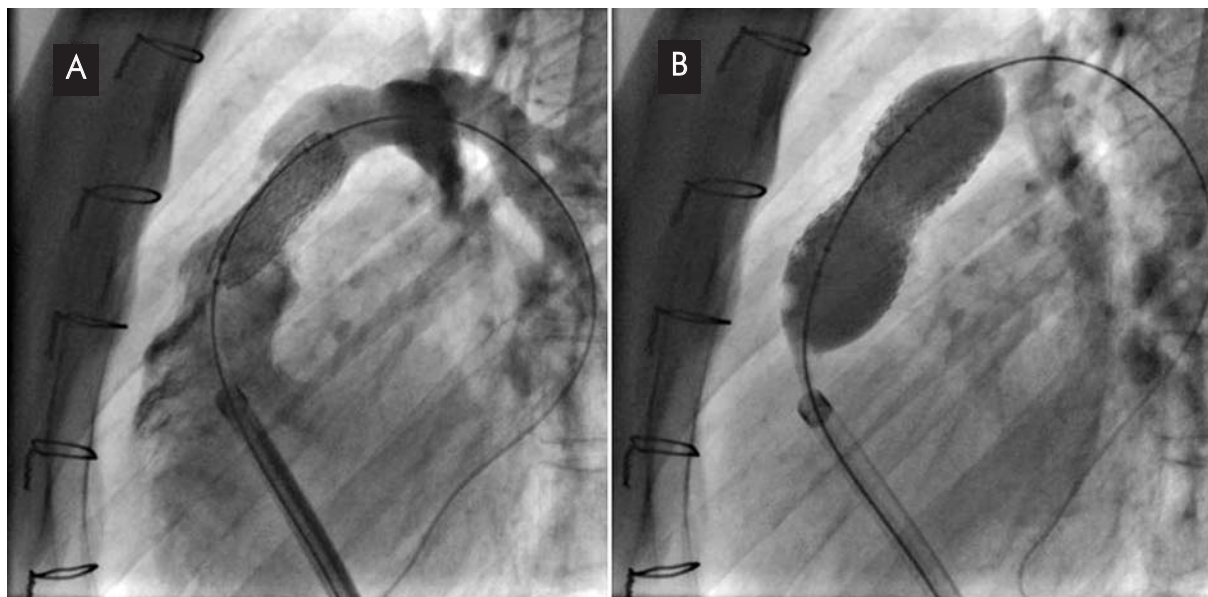
Przez żyłę udową, prawe serce i homograf, za pomocą cewnika wielozadaniowego wprowadzono głęboko do obwodu jednej z tętnic płucnych długi, sztywny przewodnik (Amplatz

Ultra-Stiff wire guide – 0,035 in, 260 cm). Przy użyciu tego przewodnika, z zastosowaniem długiej koszulki dostarczającej (Mullins design, 14 Fr, Cook Medical), przed właściwą implantacją zastawki Melody w miejsce niefunkcjonującej zastawki



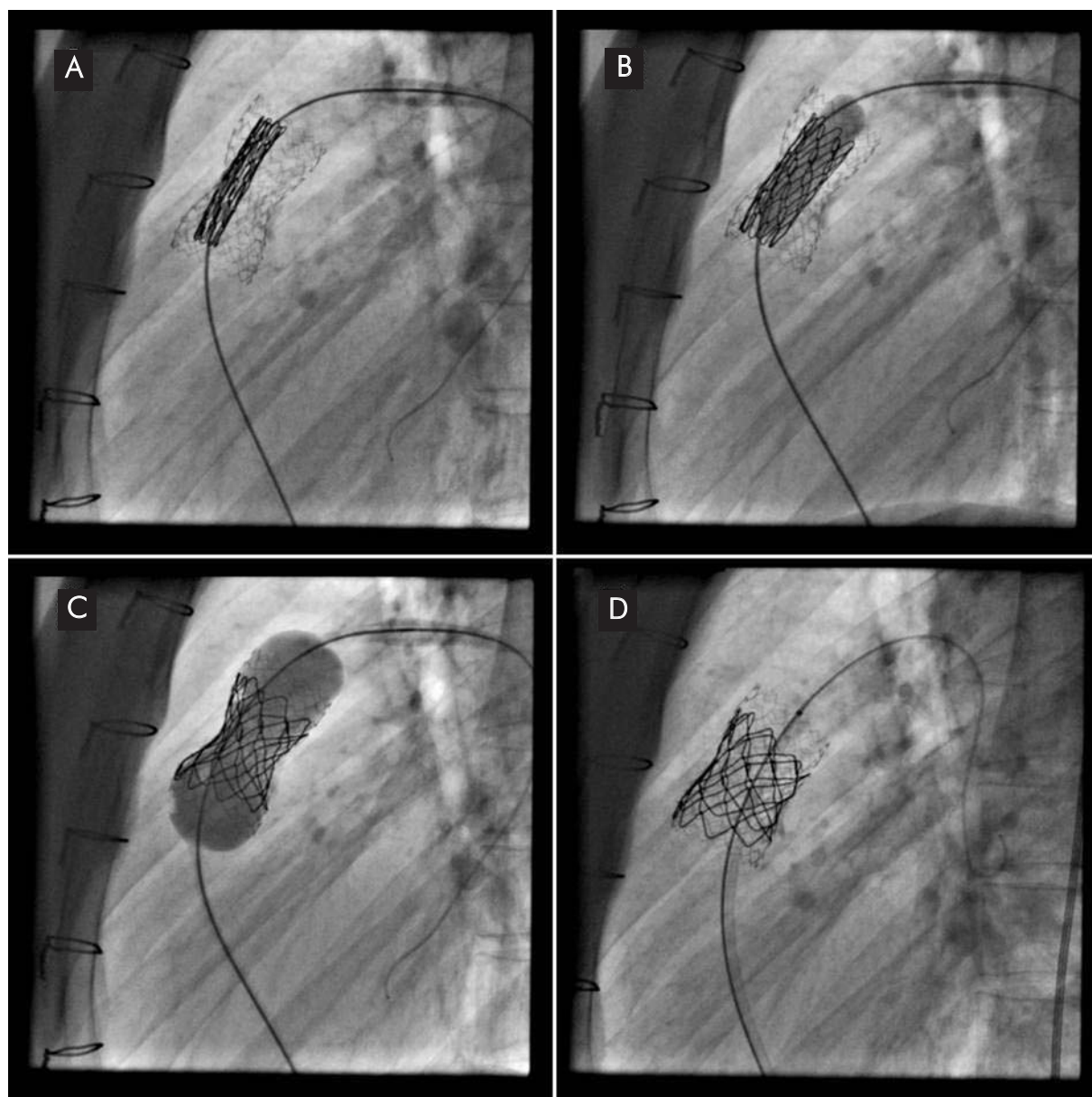
Ryc. 5. Arteriografia płucna w projekcji lewobocznej (kontrast podany powyżej zwężenia) – duża płucna fala zwrotna do prawej komory

Fig. 5. Pulmonary angiogram (left lateral projection). Severe pulmonary valve incompetence (contrast injection above the valve)



Ryc. 6. Dodatkowy stent stalowy wszczepiany na cewniku typu „balon w balonie” w miejsce niefunkcjonującej zastawki homografu przed wszczepieniem zastawki biologicznej Melody: A – rozprężony balon wewnętrzny (kontrolne podanie kontrastu umożliwia ocenę pozycji stentu i jego ewentualną repozycję), B – rozprężony balon zewnętrzny, całkowite rozprężenie stentu

Fig. 6. Implantation of the additional stent (on the ‘balloon-in-balloon’ catheter) into the ‘native’ homograft valve, preceding Melody valve implantation: A – inner balloon inflated (contrast injection allows precise stent positioning), B – outer balloon inflated, the stent fully expanded



**Ryc. 7.** Zastawka Melody rozprężana balonem w homografacie, w miejscu gdzie wcześniej wszczepiony został dodatkowy stent stalowy: **A** – pozycjonowanie zastawki (obszarem odniesienia jest dobrze widoczny wszczepiony wcześniej stent), **B** – rozprężony balon wewnętrzny stentu zastawki (możliwa jest repozycja), **C** – wypel-niony balon zewnętrzny, **D** – zastawka po wszczepieniu i dodatkowym jej doprężeniu balonem wysokociśnieniowym

**Fig. 7.** Melody valve implantation: **A** – valve-stent positioning (the previously implanted stent makes the reference for valve precise placement), **B** – inner balloon inflated (reposition still possible), **C** – outer balloon inflated, **D** – the Melody valve on X-rays after implantation and additional postdilatation with a high pressure balloon

homografu dodatkowo wszczepiano stalowy stent. Stent (IntraStent Max LD, ev3 Inc.) o długości 36 mm rozprężono na cewniku z balonem typu „balon w balonie” (Nu MED. BIB), o średnicy balonu zewnętrznego o 2 mm mniejszej od średnicy, do której rozprężano później stent zastawki płucnej (ryc. 6. A, B). Następnym etapem było przygotowanie zastawki do wszczepienia. Zastawkę biologiczną Melody (Medtronic Melody Transcatheter Pulmonary Valve) zamontowano na sys-

temie dostarczającym (Medtronic Ensemble Transcatheter Delivery System) poprzez jej ręczne zaciśnięcie na balonie systemu. Układ zastawka-balon został pokryty koszulką systemu poprzez nasunięcie jej na zastawkę. Dokładnie odpowietrzony układ wprowadzono następnie przez żyłę udową po przewodniku do tętnicy płucnej. Po osiągnięciu optymalnej pozycji koszulkę ochronną podciągnięto tak, aby odstąpić stent zastawki zaciśnięty na balonie. Kolejno wypełniono płynem



**Ryc. 8.** Arteriografia płucna jak na ryc. 5. po wszczepieniu zastawki. Szeroka droga odpływu z prawej komory, bez fali zwrotnej  
**Fig. 8.** Pulmonary angiogram as on fig. 5, after Melody valve implantation. Right ventricular outflow widely open, no valve regurgitation

balon wewnętrzny, a następnie zewnętrzny, powodując rozprężenie stentu i wszczepienie zastawki w homografit (ryc. 7. A–C). Wszystkie zastawki rozprężono do 22 mm. Po szybkim opróżnieniu obu balonów system dostarczający usunięto, z pozostawieniem przewodnika w tętnicy płucnej. W jednym przypad-

ku bezpośrednio po wszczepieniu stwierdzono utrzymujący się nadal istotny gradient płucny. Zastawkę dopięto dodatkowo balonem wysokociśnieniowym (Nu MED. Mullins-X Ultra High Pressure) o średnicy 22 mm, ciśnieniem 10 atm, uzyskując ustąpienie gradientu. Zabieg kończyła kontrolna arteriografia płucna (ryc. 8.) i pomiar ciśnień w prawym sercu. Hemostazę po zabiegu uzyskiwano przez miejscowy ucisk w pachwinie. Po wybudzeniu chorego byli przewożeni na oddział ogólny.

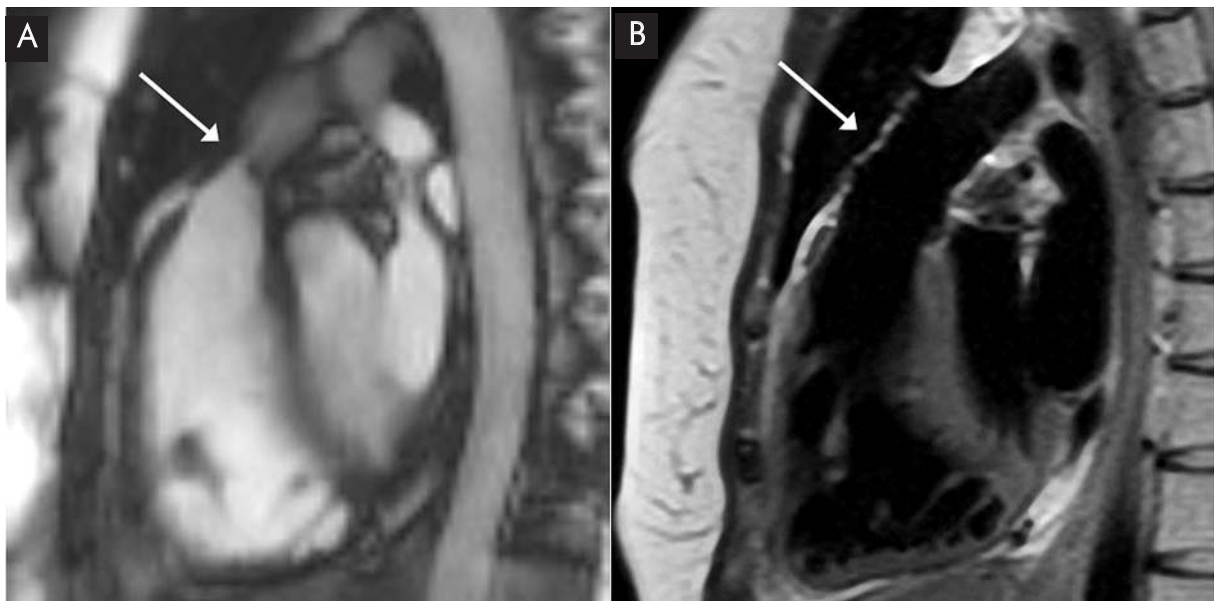
#### Ocena wyników zabiegu

W 2. dobie po zabiegu u wszystkich chorych wykonano badanie echokardiograficzne, a miesiąc później badanie echokardiograficzne i CMR.

#### Wyniki

Wszystkie zastawki rozprężono balonem do 22 mm. Czas zabiegu wynosił 60–150 min, a czas skopii 13,4–27 min. Kontrolna angiografia bezpośrednio po zabiegu wykazała prawidłową czynność nowej zastawki płucnej, bez fali zwrotnej. Wszyscy chorzy zostali uruchomieni następnego dnia po zabiegu. Przez pierwsze 2 doby obserwowano podwyższoną temperaturę (do 38°C) bez innych objawów. Stany podgorączkowe ustąpiły samoistnie. W 4. dobie po zabiegu wszyscy zostali wypisani do domu.

Przezkatkowe badanie echokardiograficzne wykonane w 2. dobie po zabiegu wykazało spadek gradientu płucnego z 80–112 (średnio 87,5) do 27–55 (śred-



**Ryc. 9.** Obraz rezonansu magnetycznego przed (A) i po (B) PAVTI z widocznym zwężeniem homografitu oraz prawidłową szerokością po implantacji zastawki (strzałki)  
**Fig. 9.** Magnetic resonance image before (A) and after (B) PAVTI; homograft stenosis and normal dimension after valve implantation are seen (arrows)

**Tabela 2.** Porównanie gradientu płucnego przed i po zabiegu PAVTI (badanie echokardiograficzne)**Table 2.** Echocardiographic gradient across the right ventricular outflow tract before and after PAVTI

Chory	Gradient płucny maksymalny/średni przed zabiegiem PAVTI [mm Hg]	Gradient płucny maksymalny/średni po zabiegu PAVTI [mm Hg]	Gradient płucny maksymalny/średni miesiąc po zabiegu PAVTI [mm Hg]	Redukcja gradientu płucnego miesiąc po zabiegu PAVTI [%]
1	80/38	27/14	20/16	75
2	80/42	33/18	31/16	61
3	78/45	40/15	25/13	68
4	112/67	55/26	45/22	60
Średnio	87,5/48	38,8/18,3	30,2/16,8	65

nio 38,8) mm Hg, tj. o 56% (tab. 2.). Nie obserwowano niedomykalności płucnej.

Miesiąc po zabiegu wszyscy chorzy zgłaszali wyraźną poprawę samopoczucia i subiektywne zwiększenie tolerancji wysiłku. U wszystkich w badaniu CMR uwidoczniło się szeroko rozprężoną we właściwym miejscu zastawkę płucną (ryc. 9.). Nie stwierdzono niedomykalności płucnej u żadnego z chorych (ryc. 10. A). Wykazano także zmniejszenie wymiarów końcoworozkurczowych oraz końcowoskurczowych prawej komory (z wyjątkiem chorej, u której parametry te pozostały niezmiennione) z zachowaniem lub niewielkim wzrostem frakcji wyrzutowej (ryc. 10. B). Obserwowano wzrost objętości końcoworozkurczowej oraz końcowoskurczowej lewej komory przy niezmiętej istotnie frakcji wyrzutowej (ryc. 11.). W badaniu echokardiograficznym wykazano dalszy spadek gradientu płucnego do 20–45 (średnio 30,1) mm Hg, tzn. o 65% w stosunku do wartości rejestrowanych przed zabiegiem (tab. 2.).

## Dyskusja

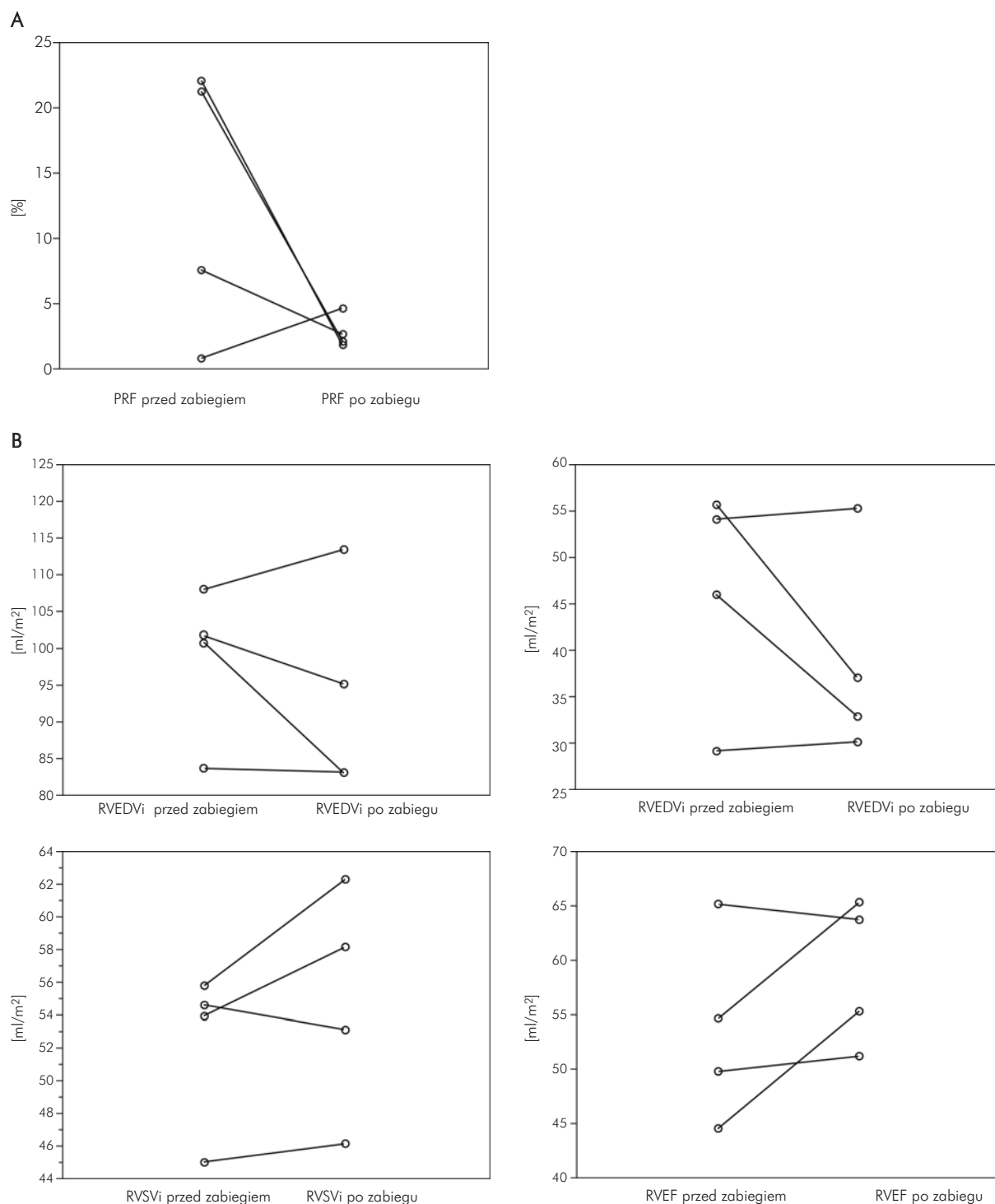
Zabiegi przeznaczeniowego wszczepiania zastawek serca są obecnie najbardziej interesującą i rozwijającą się dziedziną kardiologii interwencyjnej [6]. Dwa lata po pierwszym zabiegu PAVTI ukazało się doniesienie o pierwszym u człowieka przeznaczeniowym wszczepieniu zastawki w pozycję aortalną [3, 7]. O ile przeznaczeniowa implantacja zastawki aortalnej jest szansą dla chorych wysokiego ryzyka, u których wykluczono wykonanie zabiegu operacyjnego, o tyle zabieg przeznaczeniowego wszczepienia zastawki płucnej stwarza możliwości wczesnego leczenia chorych z dysfunkcją homografftu płucnego – są to zwykle młodzi, aktywni zawodowo ludzie, po jednym lub kilku zabiegach operacyjnych wady wrodzonej serca, u których ze względu na ryzyko kolejnej operacji często decyzję o wymianie homografftu podejmuje się zbyt późno. Określenie optymalnego momentu, w którym należy przeprowadzić zabieg operacyjny, jest bardzo

trudne. Zwykle na operację kieruje się chorych, u których występują już objawy niewydolności prawej komory, zaburzenia rytmu serca, postępująca rozstrzeń prawej komory, szczególnie gdy istnieją czynniki dodatkowo zwiększające przeciążenie objętościowe prawej komory, jak rezidualny ubytek przegrody międzykomorowej, zwężenie drogi odpływu lub niedomykalność trójdzielnia. Znacznie lepsze wyniki operacji stwierdza się u tych chorych, u których interwencję podjęto przed wystąpieniem objawów niewydolności prawej komory, kierując się pogorszeniem tolerancji wysiłku w kolejnych testach ergospirometrycznych. Ze względu na ryzyko kolejnego zabiegu operacyjnego i zwykle dobry stan ogólny chorego, decyzję o reoperacji podejmuje się, gdy dochodzi do nieodwracalnego uszkodzenia prawej komory.

Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że nieoperacyjne wszczepienie zastawki płucnej jest metodą skuteczną i bezpieczną. Mniejsze ryzyko groźnych powikłań, krótki czas hospitalizacji, natychmiastowy powrót do normalnej aktywności po zabiegu PAVTI umożliwia podjęcie decyzji o wcześniejszej interwencji. Nie obserwowano zgonów związanych z procedurą. Najczęstszym powikłaniem późnym było pęknięcie stentu zastawki (18%) [8]. W takiej sytuacji możliwe jest wszczepienie następnej zastawki Melody do wnętrza uszkodzonej [9–11]. Częstość tych powikłań wyraźnie zmalała, od kiedy rutynowo implantację zastawki poprzedza się wszczepieniem dodatkowego stentu [12].

Warunkiem osiągnięcia dobrych wyników i bezpieczeństwa zabiegu jest właściwa kwalifikacja chorych. Obecnie zabiegi PAVTI wykonuje się jedynie u osób z pełnym homografftem w drodze odpływu prawej komory, o minimalnym rozmiarze 18 mm [13, 14]. Zasadnicze znaczenie ma precyzyjna ocena morfologii i wymiarów drogi odpływu prawej komory. Szerokość drogi odpływu nie może przekraczać 22 mm. Badanie echokardiograficzne odpowiada na większość pytań dotyczących wielkości gradientu płucnego i stopnia niedomykalności płucnej. Najlepszą ocenę morfologii i czynności drogi odpływu prawej komo-



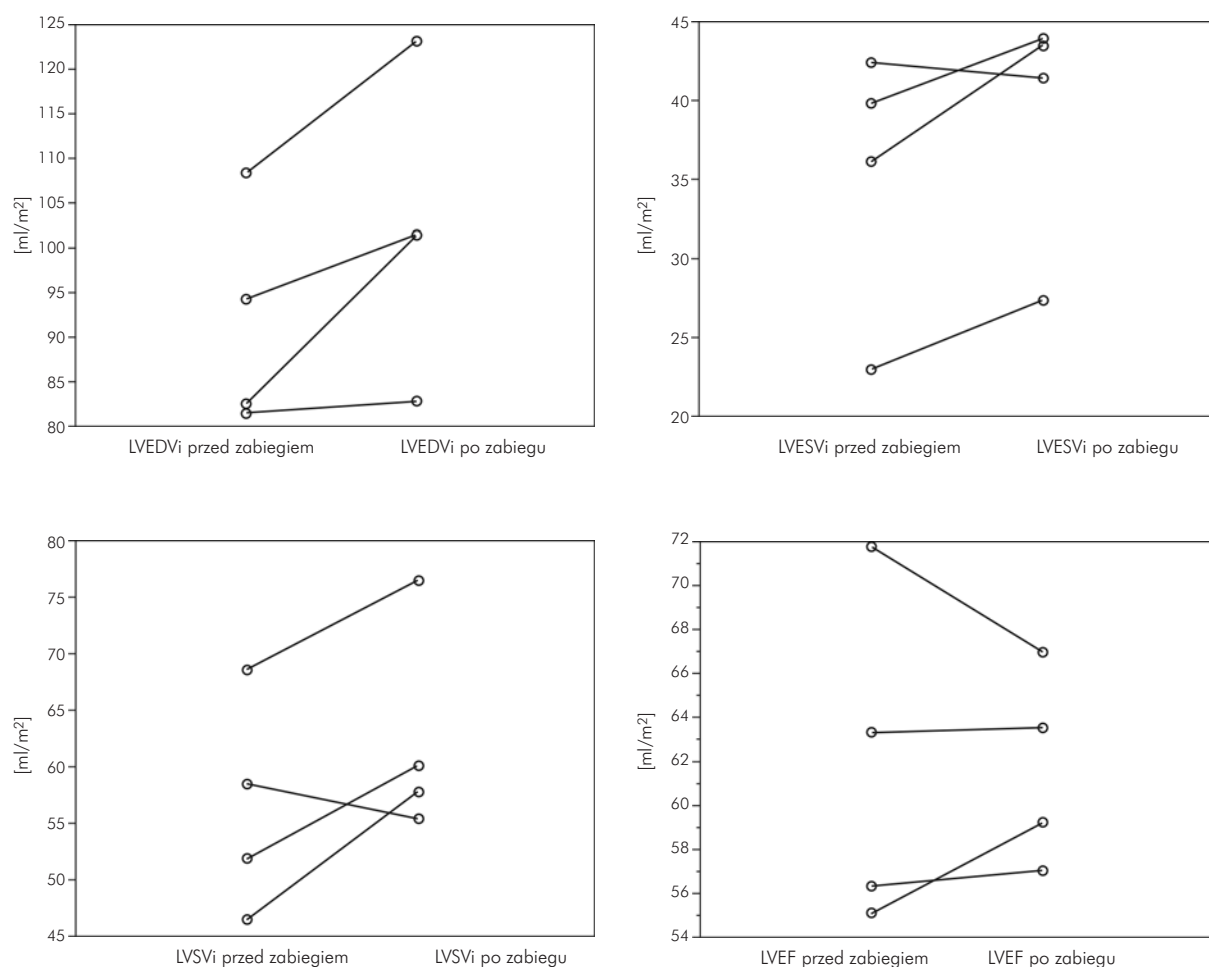


**Ryc. 10. A** – frakcja niedomykalności zastawki pnia płucnego u chorych przed i po zabiegu oceniana metodą CMR. **B** – parametry prawej komory oceniane metodą CMR u chorych przed i po zabiegu przeszukornego wszczepienia zastawki płucnej

PRF – frakcja niedomykalności zastawki płucnej, RVEDVi – indeks objętości końcoworozkurczowej prawej komory, RVESVi – indeks objętości końcowoskurczowej prawej komory, RSVi – indeks objętości wyrzutowej prawej komory, RVEF – frakcja wyrzutowa prawej komory

**Fig. 10. A** – pulmonary regurgitant fraction assessed with the use of magnetic resonance before and after the procedure. **B** – right ventricular parameters assessed with the use of magnetic resonance before and after the procedure

PRF – pulmonary regurgitant fraction, RVEDVi – right ventricular end-diastolic volume index, RVESVi – right ventricular end-systolic volume index, RSVi – right ventricular stroke volume index, RVEF – right ventricular ejection fraction



**Ryc. 11. Parametry lewej komory oceniane metodą CMR u chorych przed i po zabiegu PAVTI**

LVEDVi – indeks objętości końcoworozkurczowej lewej komory, LVESVi – indeks objętości końcowoskurczowej lewej komory, LVSVi – indeks objętości wyrzutowej lewej komory, LVEF – frakcja wyrzutowa lewej komory

**Fig. 11. Left ventricular parameters assessed with the use of magnetic resonance**

LVEDVi – left ventricular end-diastolic volume index, LVESVi – left ventricular end-systolic volume, LVSVi – left ventricular stroke volume, LVEF – left ventricular ejection fraction

ry uzyskuje się jednak za pomocą CMR [15, 16]. Badanie to pozwala na precyzyjną ocenę objętości i czynności prawej komory oraz wielkości niedomykalności płucnej. Szczególnie przydatna jest trójwymiarowa rekonstrukcja drogi odpływu prawej komory uwidaczniająca kondukt we wszystkich płaszczyznach, dzięki czemu uzyskuje się prawdziwą ocenę zwężenia w jego zagięciach i skręceniach. Istotne znaczenie ma również precyzyjna ocena przebiegu tętnic wieńcowych względem homografu w miejscu, gdzie ma zostać wszczepiony stent zastawki, aby wykluczyć możliwość ucisnienia tętnicy. Badanie echokardiograficzne i CMR są również nieodzowne w ocenie wyników zabiegu.

Zabiegi PAVTI wykonano po bardzo szczegółowej kwalifikacji u 4 młodych osób, uzyskując usunięcie istotnej przeszkody w odpływie krwi z prawej komory i prawi-

domą funkcję nowej zastawki biologicznej. W żadnym przypadku nie stwierdzono niedomykalności płucnej bezpośrednio po zabiegu ani miesiąc później (obecna jedynie śladowa niedomykalność w badaniu CMR). Istotne zmniejszenie gradientu płucnego obserwowane w pierwszej dobie po zabiegu było jeszcze wyraźniejsze miesiąc później. W krótkim okresie obserwacji stwierdzono zmniejszenie objętości i poprawę funkcji prawej komory oraz wzrost objętości końcoworozkurczowej i końcowoskurczowej lewej komory ze wzrostem objętości wyrzutowej, co świadczy o poprawie jej napełniania (ustąpienie zjawiska „pustej lewej komory”).

Zabiegi wykonano bez powikłań. Stany podgorączkowe w pierwszej dobie po zabiegu były prawdopodobnie wynikiem reakcji alergicznej na obce białko. Podob-

ne objawy obserwowano po zabiegach PAVTI w innych ośrodkach [17].

Przeznaczeniowa implantacja zastawki płucnej otwiera nowy rozdział kardiologii interwencyjnej, dając szansę młodym ludziom po operacjach wad wrodzonych na uniknięcie kolejnych operacji, powikłań z nimi związanych, długiego pobytu w szpitalu i wielotygodniowej rehabilitacji. Ułatwia podjęcie wcześniejszej decyzji o interwencji, dzięki czemu wyniki leczenia powinny być lepsze.

Istotnym ograniczeniem metody jest możliwość implantacji zastawki Melody jedynie w pełnych homograftach o określonych rozmiarach, podyktowanych wielkością zastawki wykonanej z żyły szyjnej wołu. Trwają prace nad nowym typem zastawki płucnej, którą będzie można zastosować u chorych z większym wymiarem drogi odpływu prawej komory i dużą niedomykalnością płucną, jakie stwierdza się u większości osób po wszczepieniu zastawki typu *monocusp* z konserwowanego osierdzia lub częściowego homograftu aortalnego.

#### Piśmiennictwo

- Oosterhof T, Meijboom FJ, Vliegen HW i wsp. Long-term follow-up of homograft function after pulmonary valve replacement in patients with tetralogy of Fallot. *Eur Heart J* 2006; 27: 1478-1484.
- Boethig D, Goerler H, Westhoff-Bleck M i wsp. Evaluation of 188 consecutive homografts implanted in pulmonary position after 20 years. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 32: 133-142.
- Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saliba Z i wsp. Percutaneous replacement of pulmonary valve in a right ventricle to pulmonary artery prosthetic conduit with valve dysfunction. *Lancet* 2000; 356: 1403-1405.
- Rejestr zabiegów wszczepienia zastawki Melody, Medtronic – kontakt osobisty.
- Demkow M, Rużyłło W, Włodarska EK i wsp. Nieoperacyjne wszczepienie zastawki płucnej – pierwsze doświadczenia. *Kardiol Pol* 2009; 67: 110-114.
- Babalarios V, Black P. State of the art percutaneous intervention for the treatment of valvular heart disease: a review of the current technologies and ongoing research in the field of percutaneous valve replacement and repair. *Cardiology* 2007; 107: 87-96.
- Cribier A, Eltchaninoff H, Bashi A i wsp. Percutaneous transcatheter valve implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 2002; 106: 3006-3008.
- Khambadkone S, Coats L, Taylor A i wsp. Percutaneous pulmonary valve implantation in humans: results in 59 consecutive patients. *Circulation* 2005; 112: 1189-1197.
- Nordmeyer J, Coats L, Bonhoeffer P. Current experience with percutaneous pulmonary valve implantation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 18: 122-125.
- Nordmeyer J, Coats L, Lurz P i wsp. Percutaneous valve-in-valve implantation: a successful treatment concept for early device failure. *Eur Heart J* 2008; 29: 810-815.
- Nordmeyer J, Khambadkone S, Coats L i wsp. Risk stratification and anticipatory management strategies for stent fracture after percutaneous pulmonary valve implantation. *Circulation* 2007; 115: 1392-1397.
- Lurz P, Coats L, Khambadkone S i wsp. Percutaneous pulmonary valve implantation. Impact of evolving technology and learning curve on clinical outcome. *Circulation* 2008; 117: 1964-1972.
- Khambadkone S, Nordmeyer J, Bonhoeffer P. Percutaneous implantation of the pulmonary and aortic valves: indications and limitations. *J Cardiovasc Med* 2007; 8: 57-61.
- Khambadkone S, Bonhoeffer P. Nonsurgical pulmonary valve replacement: why, when, and how? *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; 62: 401-408.
- Schievano S, Coats L, Migliavacca F i wsp. Variations in right ventricular outflow tract morphology following repair of congenital heart disease: implications for percutaneous pulmonary valve implantation. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007; 9: 687-695.
- Schievano S, Migliavacca F, Coats L i wsp. Percutaneous pulmonary valve implantation based on rapid prototyping of right ventricular outflow tract and pulmonary trunk from MR data. *Radiology* 2007; 242: 490-497.
- Lars Søndergaard, Rigshospitalet, Kopenhagen, Dania – kontakt osobisty.