

# Nowe zastosowania rezonansu magnetycznego serca w planowaniu zabiegu wszczepienia układu resynchronizującego

Joanna Petryka<sup>1,2</sup>, Artur Oręziak<sup>3</sup>, Andrzej Przybylski<sup>3</sup>, Jolanta Miśko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klinika Choroby Wieńcowej i Strukturalnych Chorób Serca, Instytut Kardiologii w Warszawie

<sup>2</sup>Pracownia Rezonansu Magnetycznego, Instytut Kardiologii w Warszawie

<sup>3</sup>Klinika Zaburzeń Rytmu Serca, Instytut Kardiologii w Warszawie

Postępowanie Kardiologii Inter 2012; 8, 3 (29): 239–243

DOI: 10.5114/pwki.2012.30403

**Słowa kluczowe:** rezonans magnetyczny serca, terapia resynchronizująca, późne wzmocnienie pokontrastowe, prawa komora

## Wstęp

Terapia resynchronizująca (*cardiac resynchronization therapy* – CRT) jest leczeniem o udowodnionej skuteczności u pacjentów z niewydolnością serca, obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory i szerokimi zespołami QRS. Wykazano, że implantacja CRT korzystnie wpływa na przebudowę lewej komory, poprawia rokowanie i jakość życia pacjentów. U około 1/3 pacjentów terapia ta nie przynosi jednak spodziewanych korzyści. W piśmiennictwie opisywano wiele czynników mających wpływ na odpowiedź na leczenie resynchronizujące. Wśród nich wymienia się obecność cech mechanicznej dyssynchronii lewej komory oraz rozległość włóknienia mięśnia sercowego ocenianą w badaniu metodą rezonansu magnetycznego serca (*cardiac magnetic resonance* – CMR) [1]. Ocena dyssynchronii skurczu lewej komory w CMR opiera się na wieloetapowej analizie danych, co czyni tę metodę uciążliwą w praktyce klinicznej. Ocena późnego wzmocnienia pokontrastowego (*delayed enhancement* – DE) odpowiadającego włóknieniu mięśnia sercowego jest natomiast techniką prostą i sprawdzoną. Badanie metodą CMR z oceną włóknienia pomaga zaplanować zabieg wszczepienia elektrody lewokomorowej tak, aby wybrać jej optymalne położenie w oddaleniu od blizny. Ponadto ocena rozległości pozawatowego uszkodzenia lewej komory pozwala ocenić ilość żywego miokardium zdolnego do podjęcia zsynchronizowanej czynności skurczowej lewej komory po wszczepieniu CRT. Wraz z dynamicznym rozwojem techniki obrazowania rezonansu magnetycznego i coraz lepszym rozumieniem jej przy-

datności klinicznej w piśmiennictwie pojawiają się doniesienia o nowych zastosowaniach CMR u pacjentów kwalifikowanych do CRT. Poza powyższe wymienione metody oceny dyssynchronii i rozległości późnego wzmocnienia pokontrastowego coraz większą rolę odgrywać będzie ocena czynności skurczowej prawej komory oraz struktury mięśnia sercowego pod kątem homogenności obszarów włóknienia.

## Ocena prawej komory

W wieloośrodkowych badaniach klinicznych z randomizacją u pacjentów z CRT zainteresowanie badaczy skupiało się przede wszystkim na ocenie czynności skurczowej lewej komory przed zabiegiem i ocenie jej przebudowy jako wyniku leczenia. Dlatego też zalecenia Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego, które powstają na podstawie danych z badań klinicznych, zawierają kryteria dotyczące frakcji wyrzutowej jedynie lewej komory. Dysfunkcja skurczowa prawej komory oraz jej wpływ na odpowiedź resynchronizującą jest dotąd słabiej zbadana.

Obecność dysfunkcji skurczowej prawej komory jest silnym i niezależnym czynnikiem predykcyjnym zgonu u pacjentów z przewlekłą niewydolnością serca [2, 3]. Wyniki badań w mniejszych populacjach chorych wskazują na poprawę parametrów objętościowych i funkcjonalnych prawej komory po wszczepieniu układu resynchronizującego [4, 5], natomiast poprawa czynności skurczowej obu komór prowadzi do poprawy rokowania pacjentów [6, 7]. W ostatnich latach opublikowano prace dokumentujące wpływ wy-

---

### Adres do korespondencji:

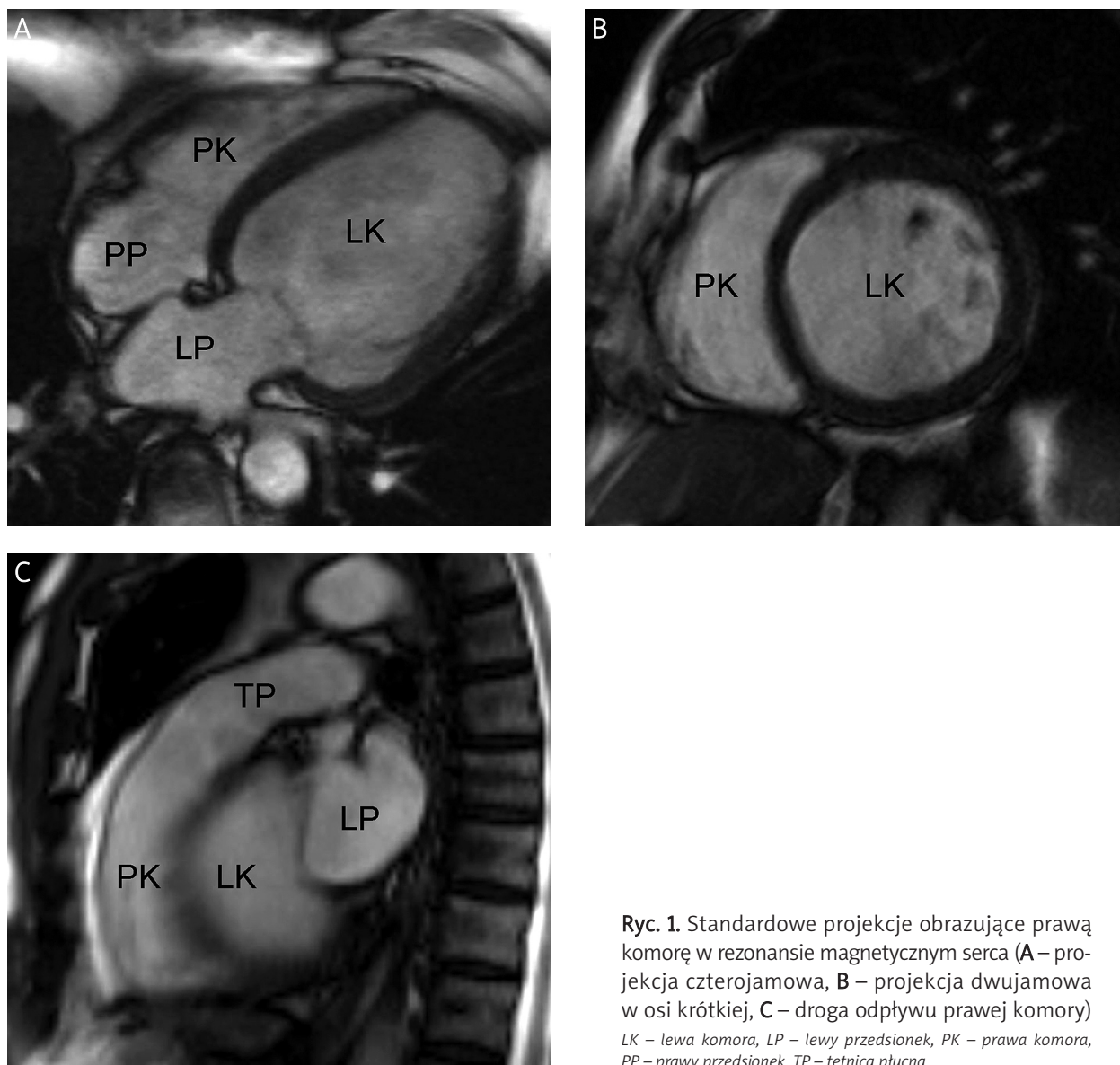
dr n. med. Joanna Petryka, Klinika Choroby Wieńcowej i Strukturalnych Chorób Serca, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, Polska, e-mail: joannapetryka@hotmail.com

Praca wpłynęła: 25.07.2012, przyjęta do druku: 27.07.2012.

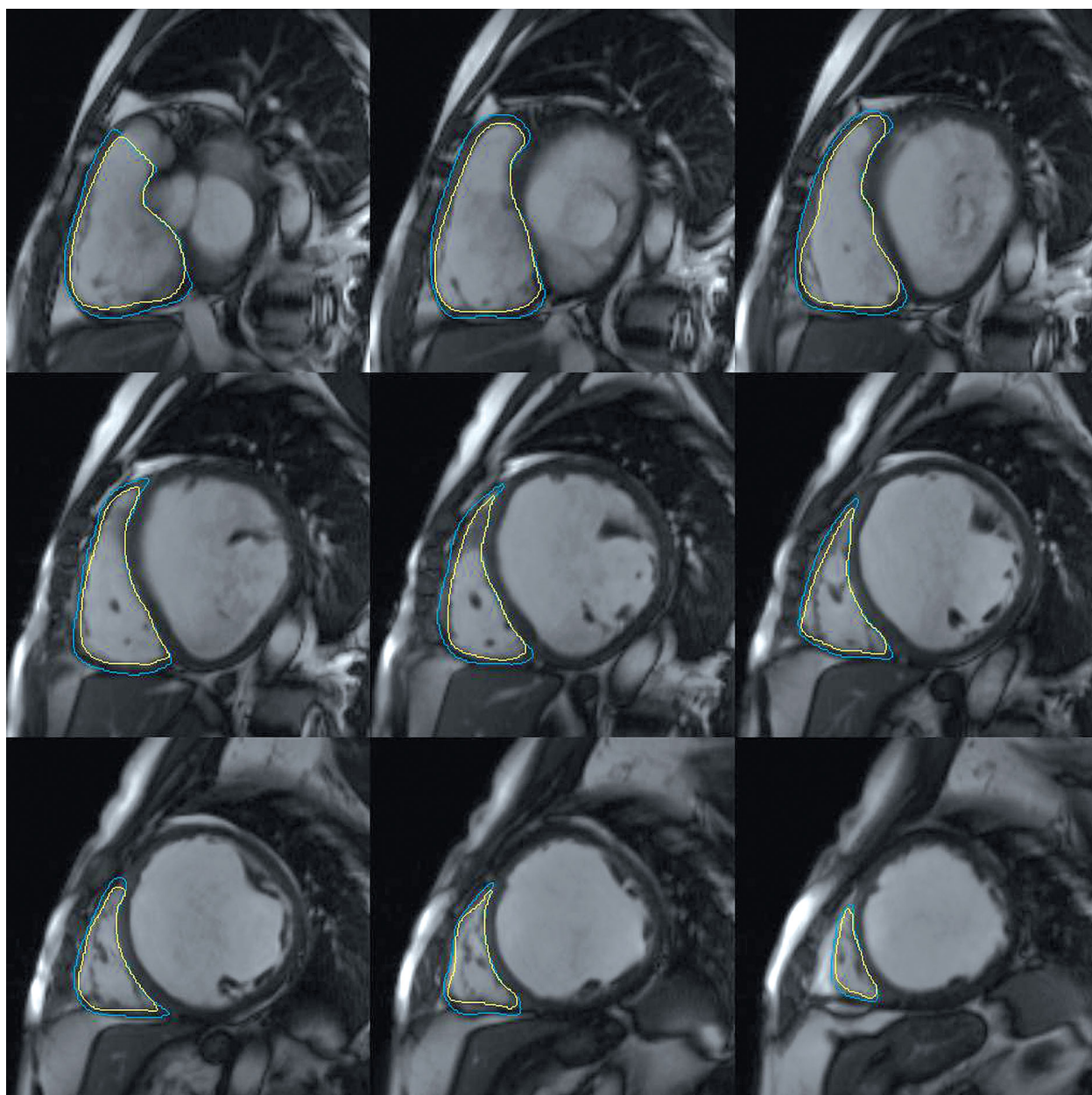
ściowej oceny czynności skurczowej prawej komory na wynik leczenia resynchronizującego [8–10]. Znaczne upośledzenie czynności skurczowej prawej komory może ograniczyć korzystną przebudowę lewej komory w wyniku zastosowanego leczenia. Niemniej współzależność kurczliwości prawej i lewej komory oraz przyczyny, dla których stopień poprawy kurczliwości jest różny dla obu komór u pacjentów z CRT, pozostają nie w pełni udokumentowane.

Z uwagi na położenie anatomiczne i złożoną geometrię metody echokardiograficzne i scyntygraficzne w ocenie prawej komory mają ograniczenia. Rezonans magnetyczny serca pozwala na obrazowanie prawej komory w dowolnie wybranej płaszczyźnie (ryc. 1.) i ocenę jej parametrów objętościowych i czynnościowych w modelu trójwymiarowym (ryc. 2.), co gwarantuje większą dokładność i powtarzalność wyników [11]. W opublikowanej w ubiegłym roku pracy [12] wykazano, że dysfunkcja prawej

komory oceniana w badaniu CMR wiązała się z brakiem odpowiedzi na leczenie resynchronizujące oraz z częstszym występowaniem zdarzeń sercowo-naczyniowych, w tym zgonów i hospitalizacji. Warto zauważyć, że u pacjentów poddawanych zabiegowi wszczepienia CRT występowało duże zróżnicowanie stopnia upośledzenia czynności skurczowej prawej komory przy dość jednolitym stopniu uszkodzenia komory lewej, będącym kryterium kwalifikacji do leczenia. Dlatego też frakcja wyrzutowa prawej komory była niezależnym czynnikiem różnicującym tę populację. Niższa frakcja wyrzutowa prawej komory wiązała się z niższą frakcją wyrzutową lewej komory, wyższym stopniem istotności niedomykalności mitralnej i wyższym średnim ciśnieniem w tętnicy płucnej. Autorzy sugerują, że dysfunkcja prawej komory powstaje w tej populacji w dwóch głównych mechanizmach: albo wskutek obukomorowego uszkodzenia kurczliwości mięśnia sercowego, albo wsku-



**Ryc. 1.** Standardowe projekcje obrazujące prawą komorę w rezonansie magnetycznym serca (**A** – projekcja czterojamowa, **B** – projekcja dwujamowa w osi krótkiej, **C** – droga odpływu prawej komory)  
 LK – lewa komora, LP – lewy przedsionek, PK – prawa komora, PP – prawy przedsionek, TP – tętnica płucna



**Ryc. 2.** Ocena czynności skurczowej prawej komory w modelu trójwymiarowym na podstawie projekcji dwuwymiarowych w osi krótkiej w kolejnych przekrojach od podstawy do koniuszka serca. Granice epikardium i endokardium są wyznaczone półautomatycznie w celu uzyskania następujących parametrów: objętości końcoworozkurczowej, objętości końcowoskurczowej, objętości wyrzutowej, frakcji wyrzutowej i masy mięśnia prawej komory

tek nadciśnienia płucnego wtórnego do podwyższonego ciśnienia napełniania lewej komory i niedomykalności mitralnej. Wśród pacjentów z frakcją wyrzutową prawej komory poniżej 30% odsetek osób spełniających kryteria odpowiedzi na leczenie resynchronizujące wyniósł zaledwie 20%.

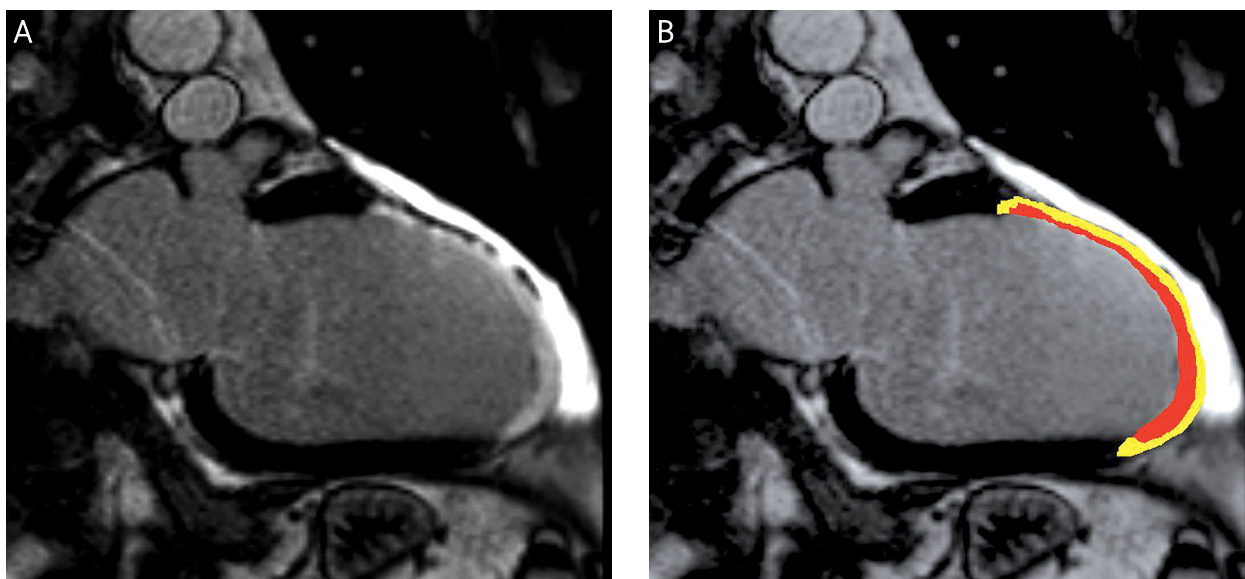
Brak możliwości seryjnej oceny prawej komory u pacjentów z wcześniej wszczepionym urządzeniem resynchronizującym jest niedogodnością metody rezonansu magnetycznego. Niewątpliwie ocena prawej komory w rezo-

nansie magnetycznym powinna się stać stałym elementem kompleksowej oceny pacjentów kwalifikowanych do CRT, obok oceny rozległości włóknienia mięśnia sercowego.

### Zaburzenia rytmu serca a rozległość późnego wzmocnienia pokontrastowego

U większości pacjentów kwalifikowanych do CRT stwierdza się również wskazania do implantacji kardiovertera-defibrylatora (*implantable cardioverter defibrilla-*





**Ryc. 3.** Obrazowanie późnego wzmocnienia pokontrastowego w rezonansie magnetycznym serca (**A** – projekcja dwujamowa w osi długiej, widoczny jest obszar DE odpowiadający zawałowi obejmującemu segmenty środkowe i koniuszkowe ściany przedniej oraz koniuszek lewej komory, **B** – schemat przedstawiający podział blizny na dwa obszary: czerwony – rdzeń zawału o najwyższym sygnale, żółty – obszar pośredni pomiędzy rdzeniem a zdrowym miokardium odpowiadający szarej strefie okołozawałowej)

tor – ICD). Dlatego też znaczny odsetek wszczepianych urządzeń resynchronizujących, tj. 70–80%, ma też funkcję defibrylującą (CRT-D) [13]. Niemniej przewaga CRT-D nad CRT-P pod kątem rokowania pacjentów ze wszczepionym układem resynchronizującym nie jest dobrze udokumentowana. Udowodniono, że implantacja CRT-P prowadzi do ograniczenia komorowych zaburzeń rytmu, zmniejsza ryzyko nagłego zgonu z przyczyn sercowych i poprawia rokowanie [6]. Tym samym liczba adekwatnych interwencji kardiowertera-defibrylatora jest relatywnie mała w tej grupie pacjentów [14]. Ponadto koszty implantacji CRT-D są znacznie wyższe niż CRT-P i wiąże się ona z możliwością wystąpienia dodatkowych powikłań, w tym nieadekwatnych wyładowań ICD. Konieczne jest rozwinięcie algorytmów identyfikujących pacjentów z wysokim ryzykiem nagłego zgonu sercowego, u których korzyści z CRT-D byłyby najwyższe.

Rezonans magnetyczny serca z zastosowaniem techniki późnego wzmocnienia pokontrastowego pozwala na ocenę strukturalną mięśnia sercowego i identyfikację obszarów włóknienia (ryc. 3.). Sugeruje się, że ocena rozległości blizny i jej heterogeniczności w CMR pozwala na stratyfikację ryzyka wystąpienia zaburzeń rytmu u pacjentów po przebytych zawałach mięśnia sercowego [15]. W opublikowanych dotąd pracach wskazuje się na istotną rolę obszarów o pośrednim stopniu włóknienia pomiędzy prawidłowym miokardium a centralną częścią blizny, czyli tzw. szarej strefy okołozawałowej (*grey zone*, *border zone*) [15–18]. Rozległość strefy okołozawałowej w bliźnie wiązała się z gorszym rokowaniem i częstszym występowa-

niem arytmii komorowych u pacjentów z chorobą wieńcową. W ostatnim czasie opublikowano pracę, w której oceniano obecność blizny z jej poszczególnymi komponentami w CMR u pacjentów kwalifikowanych do terapii resynchronizującej [19]. Wykazano w niej, że analiza późnego wzmocnienia pokontrastowego pozwala na identyfikację pacjentów z niskim ryzykiem wystąpienia komorowych zaburzeń rytmu, którzy charakteryzują się mniejszą rozległością strefy okołozawałowej, małym odsetkiem zmienionego miokardium lub całkowitym brakiem blizny w CMR. Ponadto obecność blizny homogennej, czyli mającej mniejszą strefę okołozawałową, wiązała się z rzadszym występowaniem arytmii niż obecność blizny z dużym odsetkiem miokardium o pośrednim stopniu włóknienia. Interesujący wydaje się fakt, że w cytowanej pracy rozległość późnego wzmocnienia pokontrastowego była czynnikiem predyktorynym wystąpienia arytmii komorowej i adekwatnego wyładowania ICD, niezależnie od etiologii niewydolności serca. Jeśli wyniki te potwierdzą się w kolejnych badaniach, w przyszłości analiza rozległości późnego wzmocnienia pokontrastowego i poszczególnych komponentów blizny w CMR pozwoli na identyfikację pacjentów niskiego ryzyka wystąpienia złośliwych arytmii komorowych, u których implantacja ICD wraz z układem resynchronizującym nie wiązałyby się z dodatkowymi korzyściami.

## Podsumowanie

Kluczem do maksymalizowania korzyści z leczenia resynchronizującego jest odpowiedni dobór pacjentów i optymalne przeprowadzenie zabiegu wszczepienia CRT.

Rezonans magnetyczny serca może się okazać przydatnym narzędziem precyzującym optymalną lokalizację elektrody lewokomorowej, określającym grupę pacjentów z wyższym ryzykiem z uwagi na dysfunkcję skurczową prawej komory i wspomagającym decyzję klinicysty o wyborze pomiędzy urządzeniami typu CRT-D a CRT-P.

### Piśmiennictwo

- Petryka J, Miśko J, Przybylski A i wsp. Magnetic resonance imaging assessment of intraventricular dyssynchrony and delayed enhancement as predictors of response to cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure of ischaemic and non-ischaemic etiologies. *Eur J Radiol* 2011 Nov 4.
- de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C i wsp. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 948-954.
- Ghio S, Gavazzi A, Campana C i wsp. Independent and additive prognostic value of right ventricular systolic function and pulmonary artery pressure in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 183-188.
- Bleeker GB, Schalij MJ, Nihoyannopoulos P i wsp. Left ventricular dyssynchrony predicts right ventricular remodeling after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 2264-2269.
- Rajagopalan N, Suffoletto MS, Tanabe M i wsp. Right ventricular function following cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1434-1436.
- Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E i wsp. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med* 2005; 352: 1539-1549.
- Ypenburg C, Van Bommel RJ, Borleffs CJ i wsp. Long-term prognosis after cardiac resynchronization therapy is related to the extent of left ventricular reverse remodeling at midterm follow-up. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 483-490.
- Field ME, Solomon SD, Lewis EF i wsp. Right ventricular dysfunction and adverse outcome in patients with advanced heart failure. *J Card Fail* 2006; 12: 616-620.
- Scuteri L, Rordorf R, Marsan NA i wsp. Relevance of echocardiographic evaluation of right ventricular function in patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *Pacing Clin Electrophysiol* 2009; 32: 1040-1049.
- Tabereaux PB, Doppalapudi H, Kay GN i wsp. Limited response to cardiac resynchronization therapy in patients with concomitant right ventricular dysfunction. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2010; 21: 431-435.
- Hudsmith LE, Petersen SE, Francis JM i wsp. Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson* 2005; 7: 775-782.
- Alpendurada F, Guha K, Sharma R i wsp. Right ventricular dysfunction is a predictor of non-response and clinical outcome following cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011; 13: 68.
- Dickstein K, Bogale N, Priori S i wsp. The European cardiac resynchronization therapy survey. *Eur Heart J* 2009; 30: 2450-2460.
- Saxon LA, Bristow MR, Boehmer J i wsp. Predictors of sudden cardiac death and appropriate shock in the comparison of medical therapy, pacing, and defibrillation in heart failure (COMPANION) trial. *Circulation* 2006; 114: 2766-2772.
- Roes SD, Borleffs CJW, van der Geest RJ i wsp. Infarct tissue heterogeneity assessed with contrast-enhanced MRI predicts spontaneous ventricular arrhythmia in patients with ischemic cardiomyopathy and implantable cardioverter-defibrillator. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 183-190.
- Yan AT, Shayne AJ, Brown KA i wsp. Characterization of the peri-infarct zone by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging is a powerful predictor of post-myocardial infarction mortality. *Circulation* 2006; 114: 32-39.
- Schmidt A, Azevedo CF, Cheng A i wsp. Infarct tissue heterogeneity by magnetic resonance imaging identifies enhanced cardiac arrhythmia susceptibility in patients with left ventricular dysfunction. *Circulation* 2007; 115: 2006-2014.
- Heidary S, Patel H, Chung J i wsp. Quantitative tissue characterization of infarct core and border zone in patients with ischemic cardiomyopathy by magnetic resonance is associated with future cardiovascular events. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 2762-2768.
- Fernández-Armenta J, Berruezo A, Mont L i wsp. Use of myocardial scar characterization to predict ventricular arrhythmia in cardiac resynchronization therapy. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012; 5: 111-121.